ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้วิธีคอลโลเคชัน

A STEADY-STATE SALINITY MEASUREMENT MODEL IN CHAO PHRAYA RIVER FOR WATER SUPPLY SYSTEM USING A COLLOCATION METHOD

ณุมอัต ชุมชวด
ฐิติมา ไตรภาค
สลิลดา กิตติชัยกุลกิจ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STEADY-STATE SALINITY MEASUREMENT MODEL IN CHAO PHRAYA RIVER FOR WATER SUPPLY SYSTEM USING A COLLOCATION METHOD

YUMAT CHUMCHUAD
THITIMA TRIPAK
SALINDA KITTICHAIKULKIT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED MATHEMATICS)
DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้วิธีคอลโลเคชัน A Steady-State Salinity Measurement Model in Chao Phraya River for Water Supply System using a Collocation Method
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณุมอัต ชุมชวด รหัสนักศึกษา 58050046 นางสาวฐิติมา ไตรภาค รหัสนักศึกษา 58050048 นางสาวสลิลดา กิตติชัยกุลกิจ รหัสนักศึกษา 58050164
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.วรรณพร สรรประเสริฐ อ.จินดา ไชยช่วย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.พุทธพร วานิชกร ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ์ กรรมการ	
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.วรรณพร สรรประเสริฐ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้วิธีคอลโลเคชัน

ชื่อนักศึกษา นางสาวณุมอัต ชุมชวด รหัสนักศึกษา 58050046
นางสาวฐิติมา ไตรภาค รหัสนักศึกษา 58050048
นางสาวสลิลดา กิตติชัยกุลกิจ รหัสนักศึกษา 58050164

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)

ภาควิชา คณิตศาสตร์

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.วรรณพร สรรประเสริฐ
อ.จินดา ไชยช่วย

บทคัดย่อ

ปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำประปานครหลวงบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล งานวิจัยนี้นำเสนอตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดน้ำเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้วิธีคอลโลเคชัน เพื่อประมาณระดับความเค็มของน้ำตั้งแต่สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้จนถึงสถานีวัดไผ่ล้อม ผลการแบบจำลองพบว่าวิธีคอลโลเคชันมีความเหมาะสม ผลการคำนวณเป็นที่น่าพอใจ สามารถใช้ประมาณระดับความเค็มบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแลได้

คำสำคัญ : ความเค็ม น้ำประปา แม่น้ำเจ้าพระยา วิธีคอลโลเคชัน สภาวะเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Steady-State Salinity Measurement Model in Chao Phraya River for Water Supply System using a Collocation Method
Students	Miss Yumat Chumchuad Student ID 58050046
	Miss Thitima Tripak Student ID 58050048
	Miss Salinda Kittichaikulkit Student ID 58050164
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)
Department	Mathematics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Asst.Prof.Dr. Nopparat Pochai
Co-advisor	Dr. Wannaporn Sanprasert
	Mr. Chinda Chaichuay

Abstract

Salinity intrusion problem a rise frequently in Chao Phraya river in dry season. The affect gives the problem to the Bangkok water supply production. In this research a steady-state salinity measurement model in Chao Phraya river for water supply system using a collocation method is introduced. The Chao Phraya river segment is focused on Pranakorn-Tai station to Wat-Pailom station. The collocation method gives good agreement approximated solutions. It can be used to predict averaged water salinity concentration levels at Sam-Lae water supply pumping plant.

Keywords : Chao Phraya River, Collocation Method, Salinity, Steady-State, Water Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับการจัดทำปัญหาพิเศษเรื่องตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปาโดยวิธีคอลโลเคชัน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย ดร.วรรณพร สรรประเสริฐ และอาจารย์จินดา ไชยช่วย เป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำปรึกษา แนะแนวทางการดำเนินงาน และให้ข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษนี้ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานเกิดความถูกต้องครบถ้วน

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ดร.พุทธพร วานิชกร และผศ.ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ์ ที่ให้ความกรุณาและสละเวลามาเป็นประธานกรรมการและกรรมการในปัญหาพิเศษนี้ รวมถึงให้ความรู้และคำแนะนำเพื่อให้ปัญหาพิเศษนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์และเพื่อนนักศึกษาสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ช่วยให้ความรู้และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ที่ช่วยให้ความสะดวกในการใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ในการทำปัญหาพิเศษนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ณุมอัต ชุมชวด
ฐิติมา ไตรภาค
สลิลดา กิตติชัยกุลกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา 3

2.1.1 ความเป็นมาของแม่น้ำเจ้าพระยา 3

2.2.2 ความสำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา 3

2.2 ปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม 5

2.2.1 มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำเค็ม 11

2.3 ปัญหามลพิษทางน้ำ 12

2.3.1 ความหมายของมลพิษทางน้ำ 12

2.3.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ 13

2.3.3 ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ 15

2.3.3.1 ประโยชน์ของดัชนีคุณภาพน้ำ 20

2.4 การแพร่และการพา 21

2.4.1 การแพร่ 21

2.4.2 การพา 21

2.5 ปฏิกิริยาเคมี 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 ปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อกระบวนการทำน้ำประปา 22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 24
3.1 การกระจายตัวในรูปแบบที่สม่ำเสมอ 24
3.2 วิธีคอลโลเคชัน (COLLOCATION METHOD) 24
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 27
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 50
เอกสารอ้างอิง 51
ภาคผนวก 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สถิติแผน-ผลการปลูกพืชและการใช้น้ำ ในฤดูแล้งของลุ่มน้ำเจ้าพระยา 10
2.2 การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำเมื่อเทียบกับคะแนนของ WQI 19
2.3 การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน 19
3.1 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณที่ u(0)=1 และ u(1)=0.01 29
3.2 แสดงค่าประมาณผลเฉลยที่เงื่อนไขขอบซ้ายที่เพิ่มขึ้นและเงื่อนไขขอบขวาคงที่ u(1)=0.01 30
3.3 แสดงค่าประมาณผลเฉลยที่เงื่อนไขขอบซ้ายคงที่ u(0) = 0.5 และเงื่อนไขขอบขวาที่เพิ่มขึ้น 30
3.4 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณจากการพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ 33
3.5 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณที่เพิ่มขึ้นของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ 33
3.6 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณที่ติดลบของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ 34
3.7 แสดงผลเฉลยโดยประมาณที่พิจารณาจุด u(0.7) = 0.9959 36
3.8 แสดงผลเฉลยโดยประมาณของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน 38
3.9 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.01 38
3.10 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.005 39
3.11 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.0025 39
4.1 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 1-7 มีนาคม 2560 43
4.2 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่ไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ 45
4.3 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ 47
4.4 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 จุดสำรวจตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา 6
2.2 ค่าความเค็มรายวันในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ.2557 ในแม่น้ำเจ้าพระยา 7
2.3 ค่าความเค็มรายชั่วโมง เดือนกุมภาพันธ์พ.ศ.2557 ที่สถานีสูบน้ำประปาสำแล 8
2.4 การแพร่กระจายความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา 8
2.5 การแพร่กระจายความเค็มในหน้าตัดลำน้ำที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล 9
2.6 ปริมาณน้ำไหลผ่านท้ายเขื่อนเจ้าพระยา และอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 10
2.7 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนมกราคม- กุมภาพันธ์ 11
2.8 กราฟแสดงค่าความเค็มบริเวณโรงสูบน้ำประปา(สำแล) จ.ปทุมธานี 12
2.9 การแพร่และการพา 21
3.1 แสดงค่าประมาณผลเฉลยเงื่อนไขขอบซ้ายที่เพิ่มขึ้นและเงื่อนไขขอบขวาเพิ่มขึ้น 30
3.2 แสดงค่าประมาณผลเฉลยเงื่อนไขขอบซ้ายคงที่ u(0) = 0.5 และเงื่อนไขขอบขวาเพิ่มขึ้น 31
3.3 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่ให้ค่าเป็นบวกและติดลบ 34
3.4 กราฟแสดงผลเฉลยที่ k=0.1 และ Q=0.01, 0.005 และ Q=0.0025 ตามลำดับ 40
4.1 แผนที่แสดงระยะทางระหว่างสถานีต่าง ๆ ของคลองประปาตะวันออก 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของภาคกลาง มีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของทุกชีวิต เป็นแหล่งน้ำใช้อุปโภคบริโภค การเกษตร และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในปัจจุบันแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็ม ถ้าการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำมีความรุนแรงมาก ปริมาณน้ำเค็มก็จะถูกดันเข้าไปในแม่น้ำได้มาก ทำให้ค่าความเค็มสูงกว่ามาตรฐาน เกิดผลกระทบต่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร รวมทั้งส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำประปา นอกจากนี้สาเหตุการเกิดสภาวะน้ำทะเลหนุนสูงแล้ว ยังมีสาเหตุอีกหลายประการที่มีผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็ม เช่น การนำน้ำจืดจากต้นน้ำไปใช้ในการเกษตรมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง ทำให้น้ำจืดที่ใช้ผลักดันน้ำเค็มมีน้อยลง จึงทำให้เกิดการลุกล้ำของน้ำเค็มมากขึ้น ทำให้ค่าความเค็มเกินมาตรฐานค่อนข้างมาก จึงส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่องในการใช้น้ำด้านการเกษตรและการผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภค จากปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีผลต่อระบบการผลิตน้ำประปาที่ใช้ในชีวิตประจำวันดังกล่าว ทำให้เรามีแนวคิดวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาด้วยวิธีเชิงตัวเลขที่เหมาะสมกับการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้วิธีคอลโลเคชัน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) วัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง
2) นำเสนอตัวแบบในสภาวะคงตัวเพื่อการวัดความเค็มเฉลี่ยตามฤดูกาล
3) นำเสนอเชิงตัวเลขที่เหมาะสมกับตัวแบบ
4) นำเสนอแนวทางแก้ปัญหา
5) นำเสนอสถานการณ์และปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง
2) ตัวแบบการวัดความเค็มในสภาวะเสถียร
3) ความเร็วของกระแสน้ำคงที่ตลอดลำน้ำ
4) ไม่มีแหล่งกำเนิดความเค็มภายในลำน้ำ
5) อธิบายลักษณะของลำน้ำแบบหนึ่งมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้ในการหาระดับความเค็มจากตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา
2) สามารถเรียนรู้วิธีการเชิงตัวเลขที่เหมาะสมกับการประมาณค่าผลเฉลยได้
3) สามารถนำความรู้ที่ได้ไปอ้างอิงกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา

2.1.1 ความเป็นมาของแม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแม่น้ำสายหลักสายหนึ่งของประเทศไทย เกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำสายหลัก 2 สายจากภาคเหนือ คือแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ที่ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นไหลลงไปทางทิศใต้ ผ่านจังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพมหานคร ก่อนออกสู่อ่าวไทยที่ปากน้ำ ซึ่งอยู่ระหว่างเขตตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ มีความยาวประมาณ 370 กิโลเมตร แม่น้ำเจ้าพระยาสายปัจจุบันนั้นบางช่วงคือ คลองที่ขุดลัดแม่น้ำเจ้าพระยาสายเก่า เนื่องจากสายน้ำไหลคดเคี้ยวมากจึงต้องขุดคลองลัดขึ้นมา เพื่อทำให้เดินทางสะดวกรวดเร็วขึ้น การขุดลัดแม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณกรุงเทพมหานคร ทั้ง 3 ครั้งในสมัยอยุธยา ได้แก่

ครั้งแรก คลองลัดบางกอก พ.ศ. 2065 รัชสมัยสมเด็จพระไชยราชาธิราช ขุดตั้งแต่คลองบางกอกน้อยบริเวณหน้าสถานีรถไฟบางกอกน้อย ไปถึง คลองบางกอกใหญ่ บริเวณหน้าวัดอรุณราชวราราม เพื่อความสะดวกในการค้าขายซึ่งสมัยนั้นจะติดต่อกับโปรตุเกส และจีน

ครั้งที่สอง คลองลัดบางกรวย พ.ศ. 2081 รัชสมัยสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ ขุดคลองบางกอกน้อยเชื่อมสายใน ระหว่างคลองบางกอกน้อย ส่วนที่เป็น แม่น้ำเจ้าพระยาเดิมตรงวัดสุวรรณคีรีกับคลองบางกรวยตรงวัดชลอ

ครั้งที่สาม คลองลัดนนทบุรี พ.ศ. 2179 รัชสมัยสมเด็จพระเจ้าปราสาททอง ขุดจากวัดเฉลิมพระเกียรติมาเชื่อมกับปากคลองบางกรวยในปัจจุบัน (แม่น้ำเจ้าพระยาเดิม)

ล่าสุดมีการขุดลอกคลองลัดโพธิ์ บริเวณตำบลทรงคะนอง อำเภอพระประแดง เพื่อช่วยในการระบายน้ำและผลิตกระแสไฟฟ้า

แม่น้ำและลำคลองน้อยใหญ่ล้วนมีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของทุกชีวิต เป็นแหล่งน้ำใช้อุปโภคบริโภคและการเกษตร ในอดีตใช้เป็นเส้นทางคมนาคม และยังเป็นจุดยุทธศาสตร์ที่สำคัญกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของไทยในปัจจุบันมีคลองหลายแห่งที่ขุดขึ้นเพราะเหตุผลนี้ จำนวนคลองที่มากมายนั้นทำให้เราได้รับการขนานนามว่าเป็น “เวนิสตะวันออก” ซึ่งลำคลองเหล่านี้ล้วนมีแหล่งกำเนิดมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา

2.2.2 ความสำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา

เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย จึงมีบทบาทสำคัญในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร การคมนาคม การอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอุปโภคบริโภค เพราะน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต ทำให้แม่น้ำเจ้าพระยาได้ถูกใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตน้ำประปาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 โดยมีการจัดสร้างคลองลำเลียงน้ำ จากจุดรับน้ำเหนือวัดสำแล แขวงเมืองปทุมธานี เป็นระยะทาง 30.6 กิโลเมตร เพื่อลำเลียงน้ำสำหรับผลิตน้ำประปาที่โรงงานผลิตน้ำสามเสนเป็นแห่งแรก คลองลำเลียงน้ำนี้ ต่อมาเรียกว่า "คลองประปาฝั่งตะวันออก" ในปัจจุบัน คลองประปาฝั่งตะวันออกทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาไปผลิตน้ำที่โรงงานผลิตน้ำสามเสน โรงงานผลิตน้ำบางเขน และโรงงานผลิตน้ำธนบุรี

การขยายเมืองและการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจในปัจจุบันมีอัตราสูงขึ้น ทำให้ความต้องการใช้น้ำประปาเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย จนทำให้มีคาดการณ์ว่า ปริมาณน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ใช้เป็นแหล่งน้ำหลักในการผลิตน้ำประปาจะเกิดการขาดแคลนในอนาคต โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและปริมณฑลทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา มีอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้มาก เพื่อเป็นการแก้ปัญหาระยะยาว การประปานครหลวงจึงก่อสร้างคลองลำเลียงน้ำสายใหม่ โดยมีความยาวรวม 107 กิโลเมตร จากเขื่อนแม่กลอง ที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ผ่านอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ไปจนถึงตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ โดยเรียกคลองลำเลียงน้ำนี้ว่า "คลองประปาฝั่งตะวันตก"

ในอดีตก่อนที่จะมาเป็นคลองประปาฝั่งตะวันตก ชาวกรุงเทพมหานครและปริมณฑลใช้น้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำสามเสนและโรงงานผลิตน้ำธนบุรี เมื่อความต้องการใช้น้ำประปาเพิ่มมากขึ้น จึงมีการขยายกำลังการผลิตที่โรงงานผลิตน้ำสามเสนเป็นวันละ 540,000 ลูกบาศก์เมตร และโรงงานผลิตน้ำธนบุรีเป็นวันละ 190,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำประปา จึงจำเป็นต้องสร้างโรงงานผลิตน้ำเพิ่มขึ้น และด้วยข้อจำกัดในเรื่องแหล่งน้ำที่นำมาผลิตน้ำประปาจากแม่น้ำเจ้าพระยา การประปานครหลวงจึงก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำบางเขนติดคลองประปา มีกำลังการผลิตน้ำสูงสุดถึงวันละ 4,800,000 ลูกบาศก์เมตร โดยวางแผนขยายการผลิตให้ทันต่อความต้องการใช้น้ำสูงสุด และมีผลตอบแทนการลงทุน เพื่อสร้างเสถียรภาพด้านการเงิน นอกจากนี้เพื่อเพิ่มเสถียรภาพด้านการบริการน้ำประปาให้แก่ประชาชน การประปานครหลวงจึงลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ โดยขุดคลองประปาใหม่รับน้ำดิบจากเขื่อนแม่กลอง ด้วยกำลังการผลิตน้ำสูงสุดวันละ 3,200,000 ลูกบาศก์เมตร และเรียกคลองประปาแห่งนี้ว่า "คลองประปาฝั่งตะวันตก" มาจนถึงทุกวันนี้ ส่วนโรงงานผลิตน้ำบางเขนและโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์เป็นโรงงานสำคัญในการผลิตน้ำประปา สำหรับบริการชาวกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การที่มีโรงงานผลิตน้ำขนาดใหญ่ 2 แห่ง ช่วยลดความเสี่ยงในกรณีที่โรงงานผลิตน้ำแห่งใดแห่งหนึ่งขัดข้อง ไม่สามารถผลิตน้ำประปาได้ ก็ยังมีโรงงานผลิตน้ำอีกแห่งหนึ่ง ช่วยบรรเทาความเดือดร้อนจากการขาดแคลนน้ำประปาได้อีกด้วย

ดังนั้นสรุปได้ว่า การที่มีคลองประปาฝั่งตะวันออก และคลองประปาฝั่งตะวันตกถือเป็นรากฐานสำคัญในการจัดหาแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาอย่างเพียงพอและยั่งยืน เพื่อใช้ผลิตน้ำประปาบริการประชาชน จากการที่มีคลองประปา 2 คลองรับน้ำจากแหล่งน้ำ 2 แหล่งนั้นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ในการรองรับความเสี่ยงในกรณีที่แหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่งมีปัญหา ไม่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้ ก็ยังมีแหล่งน้ำอีกแหล่งหนึ่งผลิตน้ำประปา

2.2 ปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของภาคกลาง ที่มีความสำคัญต่อการอุปโภค-บริโภค การรักษาระบบนิเวศน์การเกษตร อุตสาหกรรมและอื่น ๆ ของประชาชนที่ใช้น้ำอยู่ตลอดสองฝั่งแม่น้ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งของทุกปีแม่น้ำเจ้าพระยาจะได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา เข้ามาได้ไกลถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำให้ค่าความเค็มในบางช่วงเวลาสูง เกิดผลกระทบต่อการอุปโภคบริโภค การประปา การเกษตร และการประมง ซึ่งกรมชลประทานได้ดำเนินการวางแผนและจัดสรรน้ำโดยมี การจัดลำดับความสำคัญ กล่าวคือ เพื่อการอุปโภค-บริโภค การรักษาระบบนิเวศน์การเกษตรและการอุตสาหกรรม ดังนี้มาอย่างต่อเนื่องเพื่อความสมดุล ทั่วถึงและเป็นธรรม ตลอดจนการควบคุมคุณภาพน้ำด้านความเค็มให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในปีพ.ศ. 2535 กรมชลประทานได้เริ่มทำการตรวจวัดค่าความเค็มของแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง ในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน โดยกำหนดจุดเฝ้าระวังค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพานพระพุทธยอดฟ้า กรุงเทพมหานคร แม่น้ำท่าจีน ที่หน้าที่ว่าการอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม แม่น้ำแม่กลองที่ปากคลองดำเนินสะดวก อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรีโดยกำหนดค่าความเค็มที่จุดเฝ้าระวังไม่ให้เกิน 2.00 กรัมต่อลิตร (มาตรฐานค่าความเค็มสำหรับการเกษตร) ต่อมาในปีพ.ศ. 2547 ได้เปลี่ยนจุดเฝ้าระวังความเค็มจากสะพานพระพุทธยอดฟ้า มาเป็นที่ท่าน้ำนนท์จังหวัดนนทบุรีเนื่องจากสภาพการใช้พื้นที่ของกรุงเทพมหานครได้เปลี่ยนไป มีพื้นที่ทำการเกษตรลดน้อยลงกลายเป็นพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยและการอุตสาหกรรม ในขณะที่พื้นที่บริเวณจังหวัดนนทบุรียังมีพื้นที่ทำการเกษตรอยู่อย่างกว้างขวาง และการเลื่อนจุดเฝ้าระวังค่าความเค็มขึ้นมาจะช่วยลดปริมาณน้ำต้นทุนที่จะระบายลงมาเพื่อผลักดันน้ำเค็มลงได้จึงได้ใช้จุดเฝ้าระวังค่าความเค็มที่ท่าน้ำนนท์จังหวัดนนทบุรีนับแต่นั้น เป็นต้นมา ส่วนแม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลองยังคงใช้จุดเฝ้าระวังค่าความเค็มจุดเดิม ในปีพ.ศ. 2550 สืบเนื่องจากพระราชเสาวนีย์ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ เมื่อ วันที่ 11 สิงหาคม 2550 เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจนอยู่ในขั้นวิกฤต และทรงขอให้หน่วยงานต่าง ๆ ร่วมกันป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา กรมชลประทานจึงได้สนองพระราชเสาวนีย์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ โดยการแต่งตั้งคณะทำงานเรื่องคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ไปจนถึงบริเวณหน้าศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีจุดสำรวจตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน 32 จุดสำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

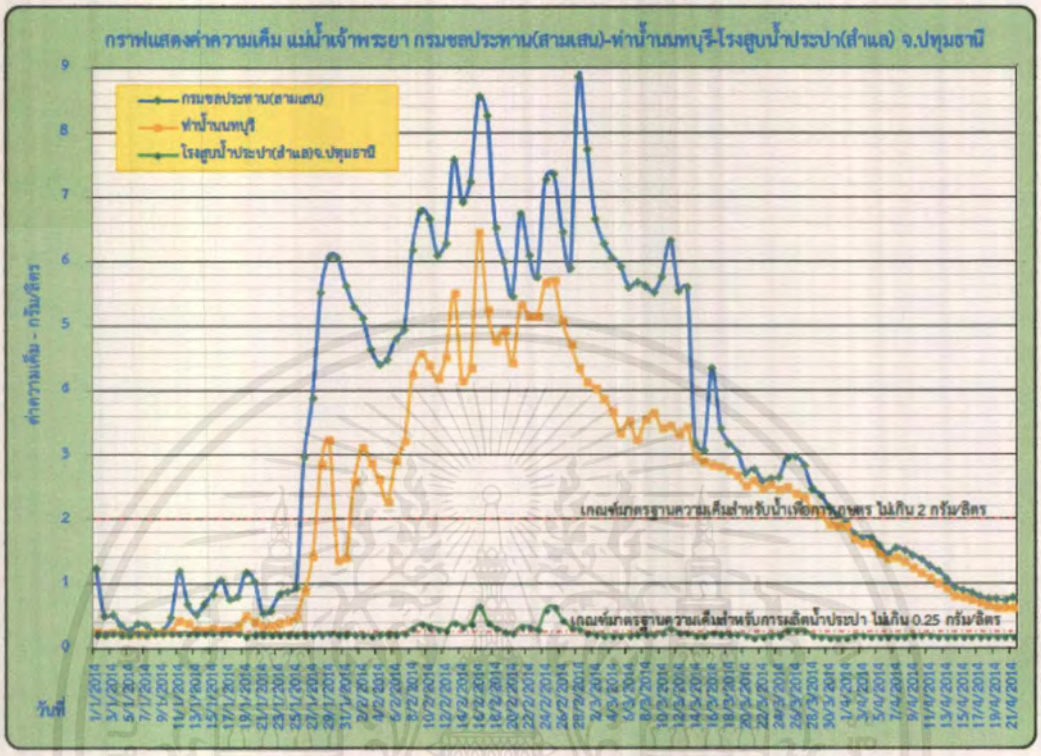
รูปภาพที่ 2.1 จุดสำรวจตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

สถานการณ์รุกล้ำของน้ำเค็ม ปีพ.ศ. 2557 ในปีพ.ศ. 2557 ผลจากการตรวจวัดค่าความเค็มรายวันในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ.2557 ที่โรงสูบน้ำประปาสำแล อำเภอเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

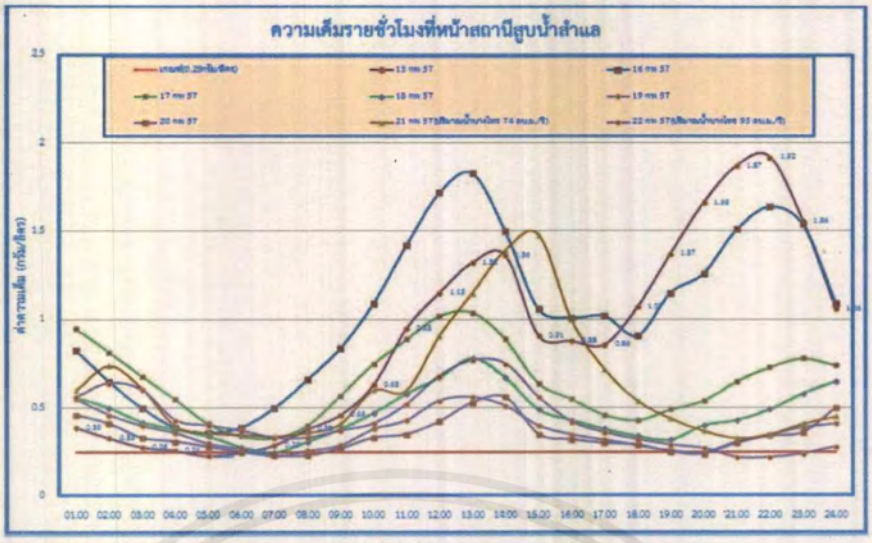
จังหวัดปทุมธานี กรมชลประทาน (สามเสน) กรุงเทพมหานคร และท่าน้ำนนท์จังหวัดนนทบุรี ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปภาพที่ 2.2 ค่าความเค็มรายวันในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ.2557 ในแม่น้ำเจ้าพระยา
แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

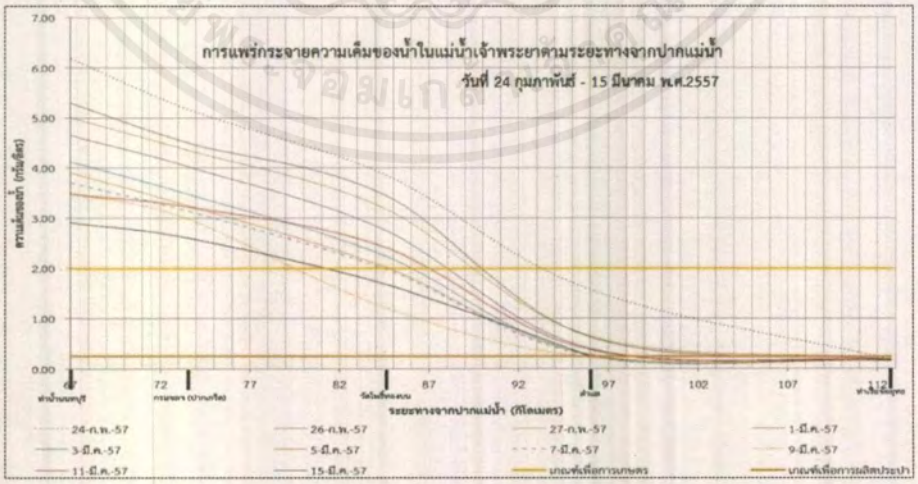
โดยจากข้อมูลการตรวจวัดค่าความเค็มในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่า ค่าความเค็มจะเริ่มเกินเกณฑ์มาตรฐานสำหรับน้ำดิบที่จะสูบน้ำไปผลิตน้ำประปา (เกณฑ์มาตรฐานค่าความเค็มของน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา ตามองค์การอนามัยโลกค่าความเค็มต้องไม่เกิน 0.25 กรัมต่อลิตร จึงจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ใช้น้ำประปา ถ้ามากกว่า 0.25 กรัมต่อลิตร จะมีผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตสี ผลิตเหล็ก ภาคทางการแพทย์ แต่ใช้ในการอุปโภค-บริโภคได้จนถึงค่าความเค็มไม่เกิน 0.50 กรัมต่อลิตร) ตั้งแต่ วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2557 จนถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 มีค่าความเค็มบางช่วงเวลาสูงมากกว่า 1 กรัมต่อลิตร ต่อเนื่องกันถึง 20 ชั่วโมงในหนึ่งวัน และมีค่าความเค็มรายชั่วโมงสูงสุดคือ 1.92 กรัมต่อลิตร เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 เวลา 22.00 น. ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งสูงที่สุดจากสถิติข้อมูลความเค็ม ตั้งแต่กรมชลประทานมีการตรวจวัดมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2535 จนถึงปีพ.ศ. 2557 รวม 23 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 2.3 ค่าความเค็มรายชั่วโมง เดือนกุมภาพันธ์พ.ศ.2557 ที่สถานีสูบน้ำประปาสำแล
แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

ทั้งนี้จากสถิติข้อมูล ค่าความเค็มจะสูงมากในช่วงกลางเดือนเมษายน ถึงกลางเดือนพฤษภาคมของทุกปี แต่ปรากฏว่าในปีพ.ศ. 2557 ค่าความเค็มมีค่าสูงตั้งแต่ปลายเดือนมกราคมเป็นต้นมา และสูงสุดในกลางเดือนกุมภาพันธ์ จากการตรวจวัดการแพร่กระจายความเค็มตั้งแต่ท่าน้ำนนท์ จังหวัดนนทบุรีถึงอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งพบว่า น้ำที่มีค่าความเค็มเกินเกณฑ์สำหรับน้ำเพื่อการเกษตร คือมีค่าความเค็มสูงกว่า 2.0 กรัมต่อลิตร มีระยะทางประมาณ 79-93 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ และบริเวณที่มีค่าความเค็มของน้ำอยู่ในเกณฑ์เพื่อการผลิตประปา คือ 0.25 กรัมต่อลิตร มีระยะทางประมาณ 95-112 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ส่วนการแพร่กระจายความเค็มในหน้าตัดลำน้ำที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปภาพที่ 2.4 การแพร่กระจายความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา
แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

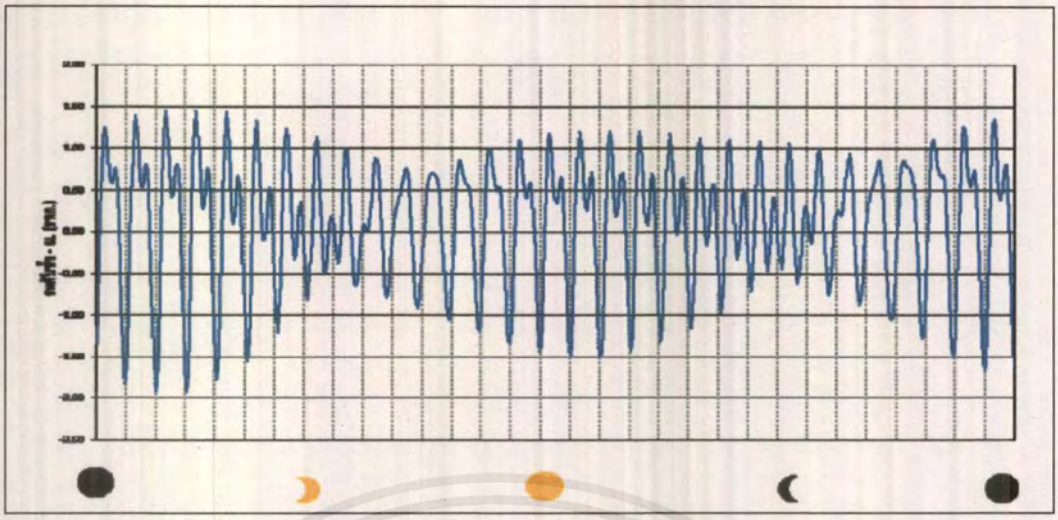
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ 2.5 การแพร่กระจายความเค็มในหน้าตัดลำน้ำที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล
แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

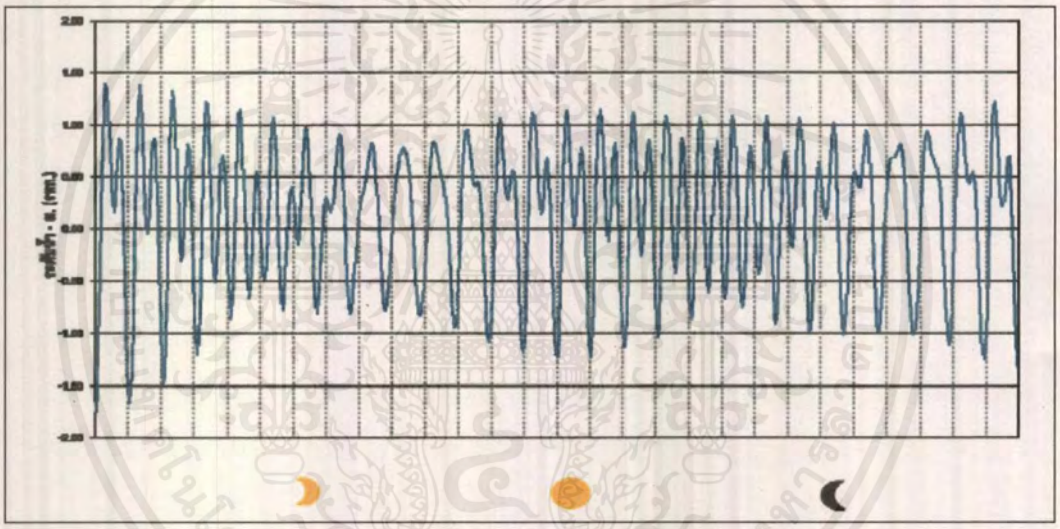
จากเหตุการณ์ดังกล่าววิเคราะห์สาเหตุได้ว่า

1. ที่สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำ C.29 อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเดือนมกราคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2557 มีค่าเฉลี่ยเพียง 70 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีซึ่งน้อยกว่าค่าปกติที่สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำ C.29 ที่ต้องรักษาไว้ประมาณ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีถึงแม้ว่าในช่วงดังกล่าวมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาระหว่าง 55-70 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2556 ในช่วงเวลาเดียวกัน ประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีดังรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) เดือนมกราคม พ.ศ. 2557



ข) เดือนกุมภาพันธ์พ.ศ. 2557

รูปภาพที่ 2.7 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

แหล่งที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 21 เมษายน 2557

2.2.1 มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำเค็ม

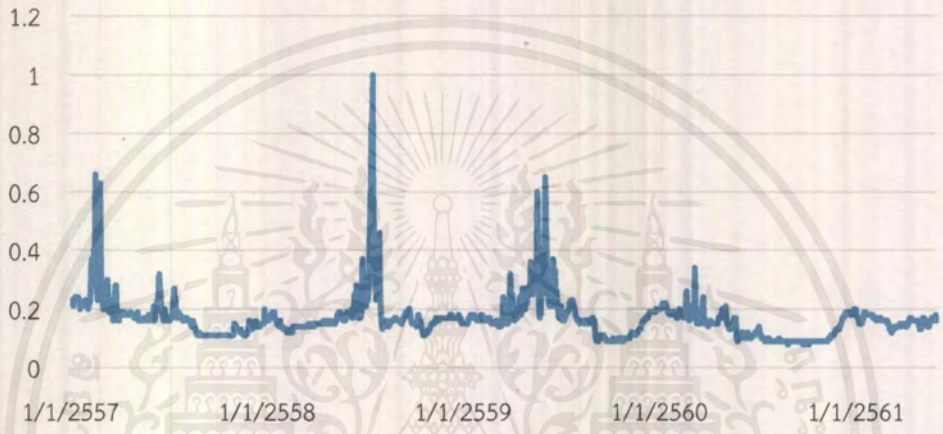
จากสถานการณ์รุกล้ำของน้ำเค็มในทุก ๆ ปี กรมชลประทานได้มีมาตรการป้องกันและดำเนินการแก้ไขปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มเรื่อยมา

ในปีพ.ศ. 2557 มีมาตรการในการผลักดันการรุกล้ำของน้ำเค็มโดยการระบายน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาโดยควบคุมปริมาณการไหลของน้ำ เพื่อให้ความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาเจือจางลง และมีการควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์อันเนื่องมาจากพระราชดำริให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพันธ์กับการขึ้น-ลงของระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน โดยในช่วงเวลาที่น้ำทะเลหนุนสูงจะทำการปิดประตูระบายน้ำ เพื่อหน่วงการไหลของน้ำทะเล โดยการเพิ่มระยะทางการไหล ให้น้ำทะเลหนุนไปตามลำน้ำเดิมซึ่งมีระยะทางมากกว่า ในขณะที่ระดับน้ำทะเลลดลงจะทำการเปิดประตูระบายน้ำเพื่อให้น้ำเค็มไหลกลับสู่ทะเลได้เร็วขึ้น

ในปีพ.ศ. 2559 กรมชลประทานได้ดำเนินการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.นาดี จ.ปราจีนบุรี ซึ่งช่วยเสริมศักยภาพการควบคุมค่าความเค็มในแม่น้ำบางปะกงได้ดียิ่งขึ้นด้วย



รูปภาพที่ 2.8 กราฟแสดงค่าความเค็มบริเวณโรงสูบน้ำประปา(สำแล) จ.ปทุมธานี ตั้งแต่ 1 มกราคม 2557 จนถึง 31 พฤษภาคม 2561

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความเค็มในปีพ.ศ. 2557 มีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ในปีพ.ศ. 2558 มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ในปีพ.ศ. 2559 มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม และในปีพ.ศ. 2560-2561 ค่าความเค็มลดน้อยลงแต่ยังคงส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำประปาเป็นบางช่วง

2.3 ปัญหามลพิษทางน้ำ

2.3.1 ความหมายของมลพิษทางน้ำ

ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “มลพิษ” “ภาวะมลพิษ” และ “น้ำเสีย” ดังนี้

“มลพิษ” หมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตรายและมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพ สิ่งแวดล้อมหรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายความรวมถึง รังสี ความร้อน เสียง แสง กลิ่น ความสั่นสะเทือนหรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"ภาวะมลพิษ" หมายความว่า สภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงหรือปนเปื้อนโดยมลพิษ ซึ่งทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษในดิน

"น้ำเสีย" หมายความว่า ของเสีย ที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

ดังนั้น มลพิษทางน้ำ หมายถึง สภาพน้ำที่เสื่อมคุณภาพ น้ำจะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากสภาพธรรมชาติ เนื่องจากมีสารมลพิษเข้าไปปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก น้ำในลักษณะนี้ไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่เหมาะต่อการบริโภคและอุปโภคของมนุษย์ เช่น น้ำที่มีสีผิดปกติ มีกลิ่นเหม็น น้ำที่มีสารเคมีที่เป็นพิษหรือเชื้อโรคปะปนอยู่ รวมทั้งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงผิดปกติ

2.3.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ

ในปัจจุบันมลพิษทางน้ำเป็นปัญหาหลักของการนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำส่วนใหญ่อาจจะเกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือตามบ้านเรือน สาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำอาจเป็นดังนี้

1. น้ำเสียด้านกายภาพ (Physical waste water) คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพด้านกายภาพของน้ำ ได้แก่

1.1) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำที่สิ่งมีชีวิตจะอยู่ได้อย่างปกติขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ปลาในเขตอบอุ่นอาจจะอยู่ในอุณหภูมิสูงสุด 15 องศาเซลเซียส และต่ำสุดอาจเพียง 3 องศาเซลเซียสก็ได้ ส่วนสัตว์ในประเทศไทยอยู่ได้ระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนหรือเย็นกว่านี้อาจทำให้ตายได้ เนื่องจากมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเคมี และมีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ และมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมอุณหภูมิในน้ำต้องไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส

1.2) สีและความขุ่น (Color and turbidity) สีของน้ำสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและบ่งชัดที่สุด ปกติแหล่งน้ำในธรรมชาติทั่วไปจะมีสีใส เหลืองอ่อน จนถึงสีน้ำตาลอ่อน แต่การที่สีของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติจนมีสีดำ สีแดง สีเขียว หรือสีอื่น ๆ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีสารแขวนลอยและสารละลาย รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ละลายอยู่ หรืออาจเกิดจากพืชในน้ำทำให้สีของน้ำเปลี่ยนไป โดยที่น้ำนั้นไม่ได้เป็นน้ำเสียแต่อย่างใด สำหรับสีของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทยมีค่าระหว่าง 11 - 18 หน่วย แต่ในแม่น้ำเจ้าพระยา 20-26 หน่วย ซึ่งใกล้เคียงกับแม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง ส่วนความขุ่นโดยธรรมชาติอยู่ระหว่าง 25-75 เจทียู แม่น้ำใหญ่ ๆ ทุก ๆ ภาค มีค่าความขุ่นมากกว่า 80 หน่วยเจทียู สีในน้ำไม่ควรเกิน 20 หน่วย ความขุ่นไม่เกิน 25 หน่วย

1.3) กลิ่น (Odor) น้ำในธรรมชาติเป็นน้ำที่ไม่มีกลิ่น น้ำที่มีกลิ่นมักเป็นน้ำเสียซึ่งอาจจะมีสารเคมีหรือสิ่งเน่าเปื่อยปะปนอยู่จนทำให้มีกลิ่น โดยมากจะเกิดจากกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ กลิ่นของน้ำจึงขึ้นอยู่กับปริมาณสิ่งปฏิกูลที่ละลายอยู่ในน้ำ

1.4) การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) การนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัวกลางที่เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าในแหล่งน้ำ คือ สารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนินทรีย์ที่ละลายน้ำแล้วให้อิออน เช่น กรดอนินทรีย์ ด่าง และเกลือ การวัดการนำไฟฟ้าสามารถอธิบายถึงความเข้มข้นของแร่ธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายอยู่ในน้ำได้ ถ้ามีสารละลายปะปนอยู่ในปริมาณมากก็จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าน้ำจะมีสารที่ทำให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นด้วยเช่นกัน แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าการนำไฟฟ้าได้ระหว่าง 0.10 - 50 มิลลิโมห์/เซนติเมตร

1.5) ของแข็งในน้ำ (Total Solids) หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย เช่น ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ ปกติน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค จะมีของแข็งในน้ำระหว่าง 20-1,000 มิลลิกรัม/ลิตร อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งถ้าน้ำมีของแข็งเกินกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และไปใช้ผลิตน้ำประปาแล้ว จะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

1.6) ลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่น และความหนืด ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ ความลึก ความเข้มข้นของสารแขวนลอย หรือความเค็มของน้ำ

2. น้ำเสียทางเคมี (Chemical Waste Water) คุณลักษณะทางเคมีของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำด้านเคมีของน้ำ

2.1) ความกระด้างของน้ำ (Hardness) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความกระด้างชั่วคราว ซึ่งมีสาเหตุมาจากสารพวกคาร์บอน ไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่ ส่วนความกระด้างถาวรเกิดจากมีสารพวกซัลเฟต คลอไรด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่ น้ำที่มีความกระด้างมากกว่า 300 มิลลิกรัม/ลิตรแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l$CaCO_3$) ไม่ควรใช้เป็นน้ำดื่ม

2.2) ความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH Value of Water) น้ำใช้ปกติมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 และสำหรับน้ำดื่ม pH ควรอยู่ระหว่าง 6-8

2.3) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก น้ำในธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมี DO อยู่ประมาณ 5-7 ppm หากน้ำเสียจะมี DO น้อยกว่า 3 ppm แต่มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ทำให้ปลาและสัตว์น้ำมีชีวิตอยู่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 2 ppm ออกซิเจนจะละลายได้น้อยมาก ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและ DO ลดลงอย่างรวดเร็วแสดงว่ามีสารอินทรีย์อยู่ในแหล่งน้ำมาก

2.4) บีโอดี (Bio-chemical oxygen demand : BOD) การวิเคราะห์หาค่า BOD เป็นการวิเคราะห์ความสกปรกของน้ำเสียในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการชีวเคมีนี้จุลินทรีย์จะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวไปต่อไป ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอินทรีย์จะให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ ถ้าค่า BOD ในน้ำเสียสูงแสดงว่าน้ำถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ในทางกลับกันถ้าค่า BOD ต่ำแสดงว่าน้ำถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) ซีโอดี (Chemical oxygen demand : COD) ค่า COD เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในรูปของปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดภายใต้สภาวะที่เป็นกรดพวกอะมิโนไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท ค่า COD ของน้ำจะสูงกว่าค่า BOD เสมอ

2.6) สารเคมีที่กำตัดศัตรูพืชและสัตว์ สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางในการเกษตร ซึ่งสารเคมีพวกนี้จะสลายตัวช้าและตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน ได้แก่ กลุ่มคลอริเนตไฮโดรคาร์บอน

2.7) โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีเลขอะตอมในช่วง 23-92 อยู่ในคาบ 5-7 ในตารางธาตุ และความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ในสถานะปกติโลหะหนักเมื่ออยู่ในรูปของธาตุบริสุทธิ์จะมีความเป็นพิษเล็กน้อย แต่ถ้าอยู่ในรูปสารประกอบบางตัวจะเป็นอันตรายมาก โลหะหนักมีทั้งหมด 68 ธาตุ เช่น ตะกั่ว ปรอท สังกะสี ทองแดง แคดเมียม เหล็ก สารหนู เป็นต้น โลหะหนักที่มีบทบาทต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนู

3. น้ำเสียทางชีววิทยา (Biogical Waste Water) สภาพน้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเป็นพิษเป็นภัยต่อมนุษย์ สัตว์และพืช ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง โดยสิ่งมีชีวิตนั้นอาจจะไม่ทำให้น้ำเน่าเสียโดยตรง เพียงแต่ตัวมันเองอาศัยอยู่แล้วทำให้เกิดพิษขึ้น เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว ไวรัส พยาธิ เป็นต้น โดยปกติการตรวจวัดความสกปรกของน้ำทางด้านชีววิทยา มักจะตรวจสอบลักษณะของน้ำทางจุลชีววิทยา ด้วยการตรวจหาปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และอยู่ในอุจจาระปริมาณ 95 % ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ 5 % ถ้าพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเกิน 10 MPN/100 ml ไม่ควรใช้เป็นน้ำดื่ม ถ้าเกิน 10,000 10 MPN/100 ml ไม่ควรใช้ทำน้ำประปา และถ้าเกิน 25,000 10 MPN/ 100 ml ไม่ควรลงไปอาบในแหล่งน้ำนั้น ๆ

2.3.3 ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index) ใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานการณ์ของคุณภาพน้ำ โดยบอกเป็นตัวเลข หรือสัญลักษณ์สี เพื่อใช้ในการติดตามเปรียบเทียบสภาวะแวดล้อม และแสดงแนวโน้มของการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ (Water Quality) เป็นคำที่มีความหมายกว้างมากแต่มีขอบเขต ซึ่งจะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะของน้ำที่ต้องการหรือเหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ โดยปกติน้ำในธรรมชาติจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไปโดยมีสารเจือปนอยู่ในน้ำมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำ คุณลักษณะของน้ำที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานว่าต้องการคุณลักษณะของน้ำอย่างไร มีส่วนประกอบอะไรและไม่ควรมีส่วนประกอบหรือสารเจือปนชนิดใด คุณภาพของน้ำขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนหรือปนเปื้อนอยู่ในน้ำซึ่งมีอยู่หลากหลายชนิด ได้แก่ ธาตุหรืออิออนต่าง ๆ เช่น โซเดียมโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกั่ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่ทำให้น้ำมีคุณภาพต่างกัน (ไพฑูรณ์ หมายมั่นสมสุข, 2548 : 12-13)

คุณลักษณะที่สำคัญของน้ำสามรถแบ่งออกเป็นคุณลักษณะใหญ่ ๆ ได้ 3 ลักษณะ คือ

1. คุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) เป็นคุณลักษณะของน้ำที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิ สภาพนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง กลิ่น สี และรส

2. คุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) เป็นคุณลักษณะที่เกิดจากสารเคมีที่เจือปนอยู่ในน้ำ ไม่สารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้การตรวจสอบด้วยวิธีการทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีทั้งที่เป็นปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ตัวอย่างแช่น ความกระด้าง อิออนลบชนิดต่าง ๆ เช่น ฟอสเฟต คลอไรด์ ซัลเฟต ความเป็นกรดด่าง เป็นต้น ค่าที่แสดงถึงความสกปรกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ค่าบีโอดี (BOD) ค่าซีโอดี (COD) เป็นต้น โลหะต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว ปรอทแคดเมียม สังกะสี ทองแดง เป็นต้น น้ำมันและไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณแขวนลอยทั้งหมด ยาปราบวัชพืชและยากำจัดแมลง สารกัมมันตภาพรังสี สารซักฟอกและสารอินทรีย์ต่าง ๆ

3. คุณลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics) เป็นคุณลักษณะที่แสดงถึงคุณภาพของน้ำที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำ โดยจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้เกิดโรคในคน และจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนไป เช่น ซัลเฟอร์แบคทีเรียจะสร้างสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเป็นเหตุทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่า ซึ่งจะเป็นกลิ่นเฉพาะตัวของแข็งนี้ และถ้าซัลไฟด์อิออนจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รวมตัวกับโลหะบางชนิดที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ เช่น เหล็ก เป็นต้น จะทำให้เกิดสารประกอบของโลหะซัลไฟด์ซึ่งมีสีดำ ตัวอย่างการตรวจคุณลักษณะทางชีววิทยา เช่น การตรวจหาชนิดและปริมาณของสาหร่าย การตรวจหาไวรัส การตรวจหาแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

สามารถสรุปรายละเอียดของดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ ดังนี้

1) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำพื้นฐาน ซึ่งหมายถึงระดับความร้อนของน้ำ โดยปกติน้ำตามธรรมชาติจะได้รับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อนจากบรรยากาศและพื้นดิน อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งตามปกติอุณภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย ความขุ่นและสภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของแหล่งน้ำ (แสงสรรค์ ภูมิสถานและคณะ, 2547) และสำหรับอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำลำคลองและแหล่งน้ำตามธรรมชาติของประเทศไทย มีค่าอยู่ระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส (เกษม, 2530)

2) ความเป็นกรด-เบส (pH) ปกติแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมี pH อยู่ระหว่าง 5-9 แต่มีกรณีที่ pH อาจสูงหรือต่ำกว่านี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในดินเปรี้ยวอาจได้รับอิทธิพลจากการเป็นกรดของดินทำให้ค่า pH ของน้ำต่ำจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ส่วนมากสัตว์น้ำจะตายเมื่อ pH น้อยกว่า 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ pH มากกว่า 11 น้ำในธรรมชาติส่วนมากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตละลายอยู่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในช่วง 7-8.5 สิ่งมีชีวิตในน้ำจะเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี น้ำที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงสัตว์มากที่สุดจะอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 หรือ 9 เป็นอย่างสูง น้ำที่มี pH ต่ำจะมีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่าแหล่งน้ำที่มี pH สูง และสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะสามารถทนต่อ pH ไม่เท่ากัน ระดับ pH อาจแปรผันไปตามอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ (ปิยนุช ค้าของและคณะ, 2549)

3) ความโปร่งใส (Transparency) และความขุ่น (Turbidity) ความขุ่น หมายถึง น้ำที่มีสารแขวนลอยซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นจะเกิดจากการที่น้ำนั้นมีสารแขวนลอยอยู่ เช่น ดินละเอียดหรืออาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ซึ่งสารพวกนี้จะก่อให้เกิดการกระจายและการดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สารแขวนลอยดังกล่าวอาจจะมีขนาดตั้งแต่คอลลอยด์ซึ่งละเอียดมาก (ใหญ่กว่า 0.2 มิลลิไมครอน แต่เล็กกว่า 10 มิลลิไมครอน) จนกระทั่งถึงหยาบ (102 ถึง 103 มิลลิไมครอน) พวกหลังนี้ตกตะกอนได้ง่าย แต่พวกแรกจะไม่ตกตะกอนและจะเป็นสาเหตุของความขุ่นของน้ำตามทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำหรือน้ำที่ค่อนข้างสงบนิ่ง (แสงสรรค์ ภูมิสถานและคณะ, 2546) แหล่งน้ำโดยทั่วไปที่มีความโปร่งใสจะอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ หากมีค่าต่ำกว่า 30 เซนติเมตร น้ำมีความขุ่นมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนได้ แต่ถ้าความโปร่งใสมีมากกว่า 60 เซนติเมตร ก็แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์ (ปิยนุช ค้าของและคณะ, 2549)

4) ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญมากต่อแหล่งน้ำและเป็นปัจจัยที่สำคัญของการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเค็ม ความเร็วของกระแสน้ำและอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำยังเป็นดัชนีแสดงคุณภาพน้ำที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งด้วย เพราะออกซิเจนเป็นธาตุที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง เช่น ออกซิเจนจะมีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีอุณหภูมิของน้ำลดลงจาก 25 องศาเซลเซียสไปจนกระทั่งเกือบ 0 องศาเซลเซียส ในน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมีออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลทร ศรีตุลานนท์และคณะ, 2525)

5) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งค่าบีโอดีนี้บอกให้ทราบถึงปริมาณการเจือปนของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำและเป็นการวัดค่าความสกปรกของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติและยังมีรายงานว่าค่าบีโอดีจะบอกถึงความสกปรกของน้ำในรูปแบบของออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียต้องการใช้ ถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำมากออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวเคมีมากขึ้น ทำให้ค่าบีโอดีสูง แต่ถ้าสารอินทรีย์ในน้ำน้อยกระบวนการย่อยสลายก็มีน้อยทำให้ค่าบีโอดีลดต่ำลง

6) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสต่างจากธาตุอื่นที่ไม่มีการหมุนเวียนผ่านรูปแบบที่เป็นก๊าซ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่อยู่ในธรรมชาติน้อยมาก และเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงถูกใช้หมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในปริมาณที่กำจัด ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายชนิด ฟอสฟอรัสถือเป็นธาตุอาหารจำกัดบนพื้นดินเพราะเกิดจากการชะล้างเท่านั้น ในการเกษตรกรรมจะใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ แต่ถ้าปุ๋ยเหล่านี้ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำมากจะเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ตามมาเช่นกัน (ปิยนุช ค้าของและคณะ, 2549)

7) ไนโตรเจน (Nitrogen) สารประกอบไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโนและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียไนไตรท์และไนเตรต สารประกอบไนโตรเจนรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันโดยสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมากันได้โดยปฏิกิริยาชีวเคมีแบคทีเรีย ไนโตรเจนเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสะอาดของน้ำ โดยในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าพบสารประกอบไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3-N) ในปริมาณมากอาจแสดงว่าน้ำนั้นมีความสกปรกและมีการปนเปื้อน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) ถ้ามีไนโตรเจนในน้ำมากจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหรือเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันตามมา (ปิยนุช ค้าของและคณะ, 2549)

8) ปริมาณไขมันน้ำมันและไขข้นในน้ำ (Fat Oil and Grease: FOG) น้ำมันและไขมันหมายถึง ปริมาณน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนน้ำ เมื่อน้ำมันและไขมันลอยอยู่บนผิวน้ำทำให้ออกซิเจนจากอากาศไม่สามารถถ่ายเทลงสู่น้ำได้ น้ำมันและไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่มีแอลกอฮอล์หรือกลีเซอรอลและกลีเซอรีนเป็นองค์ประกอบที่สะสมอยู่ในพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ ซึ่งต่างกับน้ำมันแร่ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอน เมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติเรียกว่า น้ำมัน แต่ถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติเรียกว่า ไขมัน ไขมันจะมีความคงตัวมากกว่าสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ทำให้ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก ถ้ามีสารละลายด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ฯลฯ จะทำให้กลีเซอรีนถูกปล่อยออกมาเกิดเกลือด่างของกรดไขมัน (fatty acid) น้ำมันและไขมันอาจปนเปื้อนกับน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือน เช่น เนย น้ำมันหมู เนยเทียม น้ำมันและน้ำมันธัญพืช ผลไม้บางชนิด ฯลฯ

2.3.3.1 การคำนวณและเกณฑ์การแบ่งดัชนีวัดคุณภาพน้ำ

การดำเนินการในการควบคุมและจัดการคุณภาพน้ำ สามารถตรวจสอบได้จากค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป โดยเกณฑ์ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำมีหน่วยเป็นคะแนนที่เริ่มจาก 0 ถึง 100 คะแนน จากการรวมคะแนนของดัชนีคุณภาพน้ำ 9 ดัชนี คือ อุณหภูมิ (T), ความเป็นกรด-ด่าง (pH),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS), แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria : FCB), ไนเตรต (NO_3-N), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP), ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ (Biological Oxygen Demand : BOD) และความขุ่น (Turbidity) โดยมีวิธีการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำโดยทั่วไป ดังสมการที่ 2.1

$$WQI = \sqrt[9]{(Temp)(pH)(DO)(TS)(FCB)(N_3^-)(TP)(BOD)(Turbidity)} \qquad (2.1)$$

จากผลการคำนวณสามารถแบ่งเป็นเกณฑ์คุณภาพน้ำได้ 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.2 และมีการกำหนดประเภทน้ำผิวดินและการใช้ประโยชน์ของแต่ละประเภท ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำเมื่อเทียบกับคะแนนของ WQI

ค่าคะแนน WQI	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	ประเภทคุณภาพน้ำ
0-30	เสื่อมโทรมมาก	5
31-60	เสื่อมโทรม	4
61-70	พอใช้	3
71-90	ดี	2
91-100	ดีมาก	1

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.3 การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

แหล่งที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

2.3.3.1 ประโยชน์ของดัชนีคุณภาพน้ำ

การกำหนดและการใช้ดัชนีเป็นตัวแทนเพื่อแสดงถึงคุณภาพของแหล่งน้ำและเป็นการควบคุมมลพิษทางน้ำ ข้อมูลคุณภาพของน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถแปลความหมายให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการเข้าใจ สามารถบ่งบอกถึงคุณลักษณะของน้ำว่าอยู่ในหลักเกณฑ์ใดซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในด้านการบริหารจัดการน้ำ แบ่งประเภทของน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และบอกถึงพฤติกรรมการใช้น้ำในบริเวณที่ทำการตรวจวัดว่าบริเวณนั้นมีการปล่อยมลพิษทางน้ำหรือไม่อย่างไร แหล่งที่ทำการตรวจสอบอยู่ในเขตอุสาหกรรมหรือไม่ โดยสามารถนำดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมาวิเคราะห์และกำหนดแผนการจัดการน้ำ หรือมาตรการจัดการแหล่งน้ำ เพื่อทำให้แหล่งน้ำบริเวณนั้นมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นและเหมาะสมกับการอุปโภคบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยตัดสินใจในการกำหนดนโยบาลของรัฐบาลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำสามารถช่วยตัดสินใจในเรื่องดังต่อไปนี้

1. การจัดสรรทรัพยากร ดัชนีสามารถนำมาประยุกต์ช่วยในการตัดสินใจในการบริหารกองทุนเพื่อการจัดสรรและการกำหนดลำดับความสำคัญที่สัมพันธ์กับเรื่องของน้ำ
2. การจัดอันดับในการจัดสรร ดัชนีสามารถนำมาประยุกต์ช่วยในการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากหลายๆ ที่หรือมีสภาพทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน
3. มาตรฐานในการบังคับ ดัชนีสามารถนำมาประยุกต์ช่วยในการเจาะจงพื้นที่เพื่อที่จะหาขอบเขตของการล่วงละเมิดในทางกฎหมายหรือตามกฎเกณฑ์ที่มีอยู่
4. การวิเคราะห์แนวโน้ม ดัชนีสามารถนำมาประยุกต์ช่วยในการหาคุณภาพน้ำที่จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปในภายภาคหน้า ซึ่งอาจจะลดลงหรือดีขึ้นกว่าเดิม
5. ให้ข้อมูลต่อสาธารณะ ค่าคะแนนของดัชนีง่ายต่อการเข้าใจในการวัดระดับของคุณภาพน้ำสามารถเผยแพร่ให้ประชาชนทราบคุณภาพน้ำในแต่ละแหล่งน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแพร่และการพา

2.4.1 การแพร่

การแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่หรือการกระจายตัวของอนุภาคหรือสารในน้ำจากจุดที่มีความเข้มข้นสูงไปยังจุดที่มีความเข้มข้นต่ำ เป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะกระจายแบบทุกทิศทาง โดยไม่มีทิศทางที่แน่นอน และการกระจายนี้จะยุติเมื่อสารในทั้งสองบริเวณมีความเข้มข้นเท่ากัน

2.4.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่

1. อุณหภูมิ ในขณะที่อุณหภูมิโมเลกุลของสารสูงขึ้น ความสามารถในการแพร่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์โมเลกุลของสารทำให้โมเลกุลเหล่านี้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

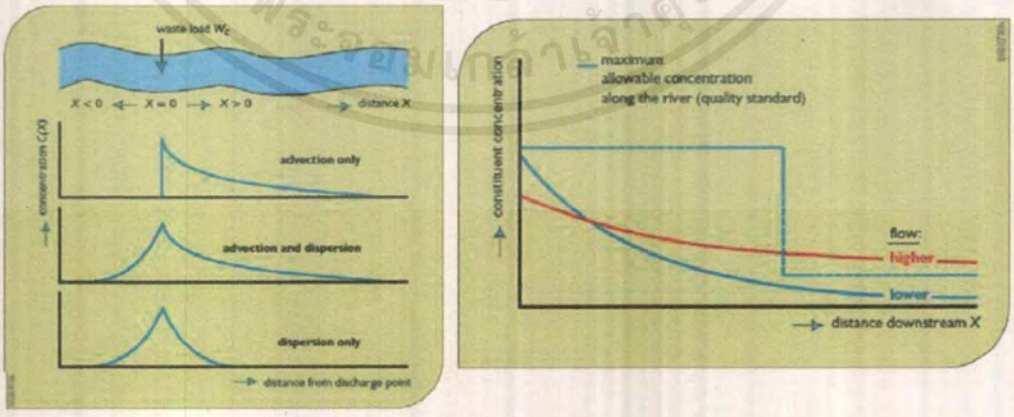
2. ความแตกต่างของความเข้มข้น ถ้าหากมีความเข้มข้นของสาร 2 บริเวณแตกต่างกันมาก จะทำให้การแพร่เกิดขึ้นได้เร็วขึ้น เนื่องจากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากโมเลกุลมีโอกาสชนและกระแทกกันมากทำให้โมเลกุลกระจายออกไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าได้เร็ว

3. ขนาดของโมเลกุลสาร สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะเกิดการแพร่ได้เร็วกว่าสารโมเลกุลใหญ่ เนื่องจากสารโมเลกุลเล็กสามารถแทรกไประหว่างโมเลกุลของสารตัวกลางได้ดีกว่าสารโมเลกุลใหญ่ สารโมเลกุลเล็กจึงแพร่ได้ดี

4. ความเข้มข้นและชนิดของสารตัวกลาง สารตัวกลางที่มีความเข้มข้นมากจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวกลางทำให้โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปได้ยาก แต่ถ้าหากสารตัวกลางมีความเข้มข้นน้อยโมเลกุลของสารก็จะเคลื่อนที่ได้ดีและทำให้การแพร่เร็วขึ้น

2.4.2 การพา

การพา (Advection) เป็นกระบวนการพัดพาอนุภาคหรือสารในน้ำให้เคลื่อนที่ไปตามลำน้ำด้วย ความเร็วของกระแสน้ำ กรณีน้ำนิ่งและกระแสน้ำไม่มีความเร็ว จะไม่มีกระบวนการพัดพาเกิดขึ้น



รูปภาพที่ 2.9 การแพร่และการพา

แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/water/KM.pdf?CFID=1543065&CFTOKEN=23608889

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมี (Chemical reaction) คือ กระบวนการที่เกิดจากการที่สารเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้เกิดสารใหม่ขึ้นมาซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม การเกิดปฏิกิริยาเคมีจำเป็นต้องมีสารเคมีตั้งต้น 2 ตัวขึ้นไป (เรียกสารเคมีตั้งต้นเหล่านี้ว่า "สารตั้งต้น" หรือ reactant) ทำปฏิกิริยาต่อกัน และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งก่อตัวขึ้นมาเป็นสารใหม่ที่เรียกว่า "ผลิตภัณฑ์" (product) ซึ่งสารผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไปจากเดิม

2.5.1 ปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อกระบวนการทำน้ำประปา

น้ำที่ใช้ทำน้ำประปา คือ น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่นำมาผ่านกระบวนการทำให้น้ำสะอาดหลายกระบวนการ เริ่มตั้งแต่การกำจัดวัตถุ หรืออนุภาคที่มีขนาดใหญ่ โดยการผ่านน้ำเข้าสู่ตะแกรงและเข้าสู่กระบวนการแรก คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำและการตกตะกอน (Flocculation) โดยการเติมปูนขาว หรือสารส้มเพื่อช่วยในการตกตะกอนและปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เมื่อทิ้งให้น้ำตกตะกอน จะทำให้ได้น้ำที่ใสสะอาด แล้วจึงส่งต่อไปผ่านกระบวนการกรองเพื่อกำจัดตะกอนและอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็ก โดยกรองผ่านทรายกรองและกรวดกรอง อนุภาคจะจับกับชั้นทราย จึงลดปริมาณความขุ่นได้ ทำให้ได้น้ำที่ใสสะอาดอย่างแท้จริง จากนั้นจึงส่งต่อไปยังกระบวนการฆ่าเชื้อโรค (Chlorination) โดยการเติม คลอรีนในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อฆ่าเชื้อโรคแต่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการทั้งหมด จะเป็นน้ำที่ใสสะอาดปราศจากเชื้อโรค แต่ยังไม่สามารถจ่ายให้กับประชาชนได้ จนกว่าจะผ่านกระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้น้ำที่ใสสะอาด และปลอดภัย โดยผ่านกระบวนการดังนี้

1) แกว่งให้น้ำใสด้วยสารส้ม สารส้มหรืออะลัม (alum) คือสารประกอบเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต หลักการทำให้ตกตะกอนของสารส้ม อาศัยหลักการทำปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีกับอนุภาคที่มีประจุ เนื่องจากสารแขวนลอยหรือตะกอนจะมีประจุลบ ดังนั้นจึงต้องเติมสารเคมีที่มีประจุบวกเพื่อทำให้เกิดความเป็นกลาง ในกรณีนี้ สารเคมีที่เติมลงไป คือ สารส้ม ($Al_2(SO_4)18H_2O$) เมื่อสารส้มละลายจะทำให้เกิดสารที่มีประจุบวก คือ Al^{3+} และจับกับสารแขวนลอยที่มีประจุลบ เมื่อประจุลบของอนุภาคหายไปจึงทำให้ไม่เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ดังนั้นอนุภาคจึงจับตัวกันเป็นก้อนอนุภาคขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนัก จึงทำให้สามารถตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำที่แกว่งสารส้มแล้วสามารถใช้อาบน้ำ ซักเสื้อผ้า ล้างจานชามเครื่องใช้ได้ แต่ยังใช้ดื่มไม่ได้ ถึงแม้น้ำจะใสแต่ยังไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ดังนั้นจึงต้องนำมาต้มฆ่าเชื้อโรคก่อน แล้วจึงสามารถนำมาใช้ดื่ม หรือประกอบอาหารรับประทาน

2) ปลอดเชื้อได้ด้วยคลอรีน คลอรีน (Chlorine) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการทำลายเชื้อโรค ทั้งการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ และการฆ่าเชื้อโรคในการกระบวนการผลิตน้ำประปา เนื่องจากคลอรีนมีความสามารถในการทำลายเชื้อโรคได้ทั้งแบคทีเรีย เชื้อวัณโรค เชื้อรา และไวรัส เช่น เชื้อแบคทีเรียอีโคไล (E. coli) เชื้อไวรัสตับอักเสบบี และเชื้อ HIV เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถหยุดยั้งการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้อีกด้วย นอกจากนี้ การฆ่าเชื้อโรคโดยใช้คลอรีนยังมีราคาถูก จึงทำให้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

คุณสมบัติของคลอรีนที่เป็นสารออกซิไดซิ่งอย่างแรง หรือการทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ดังนั้น เมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำ คลอรีนจะทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อคลอรีนละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้เกิดกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) จากนั้น กรดไฮโปคลอรัสจะแตกตัวเป็นไฮโปคลอไรท์อิออน

การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม หากเติมน้อยเกินไปก็จะไม่มีคลอรีนเหลือตกค้างสำหรับฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนมาใหม่ ในขณะที่การเติมคลอรีนมากเกิดไปจะทำให้น้ำมีกลิ่น โดยปกติแล้วระบบน้ำประปาจะเติมคลอรีนให้มีคลอรีนตกค้างอิสระที่เวลาสัมผัส 20 นาที หรือมีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ จุดเริ่มต้น และความเข้มข้นประมาณ 0.2- 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อถึงจุดจ่ายน้ำปลายทาง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพฑูรณ์ หมายมั่นสมสุข (2548) ศึกษาการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น โดยอธิบายถึงแหล่งน้ำและคุณลักษณะของน้ำ โดยทั่วไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติมีการจัดแบงตามลักษณะของน้ำออกเป็น 3 ประเภท คือ น้ำฝน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และอธิบายถึงคุณลักษณะของน้ำไว้ว่า คุณลักษณะของน้ำที่ต้องการหรือเหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ โดยปกติน้ำในธรรมชาติจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันอกไปโดยมีสารเจือปนอยู่ในน้ำมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำนั้น คุณลักษณะที่สำคัญของน้ำสามารถแบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ได้ 3 ลักษณะ คือ คุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics), คุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) และคุณลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics)

แสงสรรค์ ภูมิสถานและคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินผลกระทบของกิจกรรมนันทนาการต่อคุณภาพน้ำบริเวณน้ำตกเอราวัณเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาล ช่วงเวลาและบริเวณที่มีระดับการใช้ประโยชน์แตกต่างกันและศึกษาขีดความสามารถในการฟอกตัวของน้ำบริเวณน้ำตกเอราวัณ ผลการศึกษาพบวาคุณภาพน้ำโดยภาพรวมบริเวณน้ำตกเอราวัณอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างพบวาฤดูกาลที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คุณภาพน้ำในด้านสี ความขุ่น อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและระดับการใช้ประโยชน์ที่ต่างกัน ส่วนการศึกษาความสามารถในการฟอกตัวของน้ำพบว่าสามารถฟื้นคืนสภาพสู่สภาพเดิมโดยใช้เวลาประมาณ 4–16 ชั่วโมง

ปิยนุช ค้าของและคณะ (2549) ศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณท่าเทียบเรือโดยสารในเขตของกรุงเทพมหานครและการประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์บริเวณท่าเทียบเรือโดยสารในเขตกรุงเทพมหานคร รวมทั้งสิ้น 11 สถานีโดยเริ่มดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 รวมทั้งสิ้น 5 เดือน เก็บตัวอย่างทุกวันที่ 1 และวันที่ 5 ของเดือน ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและทางเคมีรวมทั้งสิ้น 9 พารามิเตอร์คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด บีโอดี ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน และฟอสฟอรัสในน้ำ นำค่าต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ชลาทร ศรีตุลานนท์และคณะ (2525) การศึกษาคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีของน้ำจากลุ่มน้ำ ลำตะคอง เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม 2524 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2525 พบว่ามี pH อยู่ในช่วง 6.8-8.85 อุณหภูมิของน้ำ 20.5-31 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 3.1-9.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี 0.25-3.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการกระจายตัวของสารมลพิษในแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยวิธีคอลโลเคชัน มีไว้ใช้สำหรับประเมินความเข้มข้นของความต้องการออกซิเจนทางเคมีที่อยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา (COD) ซึ่งค่า COD จะใช้พิจารณาน้ำเสียที่เกิดจากสารเคมี แบบจำลองนี้มีจุดประสงค์ในการตรวจวัดความเค็ม ในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปา

3.1 การกระจายตัวในรูปแบบที่สม่ำเสมอ

การกระจายตัวของ COD อธิบายได้โดยสมการการพา-การแพร่ของโดเมน [a,b] ดังนี้ (Pochai, 2006)

$$-D\frac{d^2C}{dx^2}+u\frac{dC}{dx}+RC\pm Q=0 \qquad (1)$$

โดยที่ C(x) คือ ความเข้มข้นของ COD ที่จุด $x\in[a,b]$ (kg/m^3)

u คือ ความเร็วในการไหลของทิศทาง x (m/s)

D คือ ค่าสัมประสิทธิ์ในการแพร่ (m^2/s)

R คือ อัตราการสลายตัวของสาร (s^{-1})

Q คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิด (kg/m^3s)

3.2 วิธีคอลโลเคชัน (Collocation Method)

วิธีคอลโลเคชันเป็นวิธีการในการคำนวณหาค่าของผลเฉลยโดยประมาณ มีขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบทั่วไป ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ (BVP) : $y''+a(x)y'+b(x)y=g(x)$ สำหรับทุก $a\le x\le b$

เงื่อนไขขอบ (BC_s) : $y(a)=y_a$ และ $y(b)=y_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่า

$$y(x)\approx u(x)=\sum_{j=1}^{n}c_ju_j(x)$$

โดยที่ $u_j(x)$ เป็นฟังก์ชันมูลฐาน (Bases Function)

และ c_j เป็นสัมประสิทธิ์ที่ยังไม่ทราบค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3

1) แทน u(x) ลงใน y(x)

2) แทน u(x) ลงในปัญหาค่าขอบ

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน เพื่อหาตัว c_j เหล่านี้

<u>หมายเหตุ</u> ฟังก์ชันมูลฐาน (Based Function) ที่นำมาพิจารณา ได้แก่

- ฟังก์ชันพหุนามเลอจองด์ (Legonde Polynomial)

$$\{1, x, x^2 - \frac{1}{3}, x^3 - \frac{3}{5}x, ...\}$$

- ฟังก์ชันพหุนามเชฟบิเชฟ (Chebichev Polynomial)

$$\{1, x, 2x^2 - 1, 4x^3 - 3x, 8x^4 - 8x^2 + 1, ...\}$$

ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีคอลโลเคชัน

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ (BVP) : $y'' + 2y' + 3y = 0$ สำหรับทุก $0 \le x \le 1$

เงื่อนไขขอบ (BC_S) : $y(0) = 1$ และ $y(1) = 0.4238$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี 3 จะได้

$$u(x) = c_1(1) + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x) \qquad (*)$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทน u(x) ลงใน y(x)

- แทน u ลงในเงื่อนไขขอบซ้าย

$$y(0) = u(0) = c_1 + c_2(0) + c_3(0^2 - \frac{1}{3}) + c_4[0^3 - \frac{3}{5}(0)]$$

จะได้ $c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (1.1)$

- แทน u ลงในเงื่อนไขขอบขวา

$$y(1) = u(1) = c_1 + c_2(1) + c_3(1^2 - \frac{1}{3}) + c_4[1^3 - \frac{3}{5}(1)]$$

จะได้ $c_1 + c_2 + \frac{2}{3}c_3 + \frac{2}{5}c_4 = 0.4238 \qquad (1.2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แทน u(x) ลงในปัญหาค่าขอบ : $y'' - 2y' + 3y = 0$ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' - 2u' + 3u = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = \frac{du}{dx} = \frac{d}{dx}(c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x))$

$= c_2 + 2c_3x + (3x^2 - \frac{3}{5})c_4$ (**)

เนื่องจาก $u'' = \frac{d^2u}{dx^2} = \frac{d}{dx^2}(u')$

จะได้ $u'' = 2c_3 + 6xc_4$ (***)

นำ (**) และ (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(x) = (2c_3 + 6xc_4) - 2(c_2 + 2xc_3 + c_4(3x^2 - \frac{3}{5})) + 3(c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x))$$

$$= 3c_1 + c_2(3x - 2) + c_3(3x^2 - 4x + 1) + c_4(3x^3 - 6x^2 + \frac{21}{5}x + \frac{6}{5})$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $x = \frac{1}{3}$ และ $x = \frac{2}{3}$ สำหรับบาง $0 \le x \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L\left(\frac{1}{3}\right) = 0$ และ $L\left(\frac{2}{3}\right) = 0$

พิจารณา $L\left(\frac{1}{3}\right) = 0$

$$= 3c_1 + c_2[3(\tfrac{1}{3}) - 2] + c_3[3(\tfrac{1}{3})^2 - 4(\tfrac{1}{3}) + 1] + c_4[3(\tfrac{1}{3})^3 - 6(\tfrac{1}{3})^2 + \tfrac{21}{5}(\tfrac{1}{3}) + \tfrac{6}{5}] = 0$$

จะได้ $3c_1 - c_2 + \frac{92}{45}c_4 = 0$ (1.3)

พิจารณา $L\left(\frac{2}{3}\right) = 0$

$$= 3c_1 + c_2[3(\tfrac{2}{3}) - 2] + c_3[3(\tfrac{2}{3})^2 - 4(\tfrac{2}{3}) + 1] + c_4[3(\tfrac{2}{3})^3 - 6(\tfrac{2}{3})^2 + \tfrac{21}{5}(\tfrac{2}{3}) + \tfrac{6}{5}] = 0$$

จะได้ $3c_1 - \frac{1}{3}c_3 + \frac{20}{9}c_4 = 0$ (1.4)

สมการ (1.1) – (1.4) สามารถเขียนรูปเมทริกซ์เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 1 & 1 & 0.6667 & 0.4 \\ 3 & -1 & 0 & 2.0444 \\ 3 & 0 & -0.3333 & 2.2222 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.4238 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.9273 \\ 0.1557 \\ -0.2179 \\ -1.2846 \end{Bmatrix}$$

จะได้ผลเฉลยโดยประมาณ

$$y(x) \approx u(x) = 0.9273 + (0.1557)x - 0.2179(x^2 - \frac{1}{3}) - 1.2846(x^3 - \frac{3}{5}x) \text{ สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ตัวแบบการคำนวณจากสมการที่ (1) เมื่อพิจารณาการไหลของน้ำจืด จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับการพาของน้ำเค็ม สมมติความเค็มไม่ทำปฏิกิริยาเคมีในลำน้ำ R = 0 และมีแหล่งดูดซับความเค็มเพิ่มตลอดลำน้ำ $Q = Q_0$ ได้สมการเป็นดังนี้

$$(u - u_W)\frac{dC}{dx} = D_X \frac{d^2C}{dx^2} - Q \qquad (2)$$

โดยกำหนดเงื่อนไขขอบคือ $u(0) = 1$

$u(1) = 0.01$

เมื่อกำหนดให้ $u = 0.30$, $u_w = 0.03$, $D = 1.00$ และ $Q = 0.01$

แทนค่าที่กำหนดให้ลงในสมการที่ (2) จะได้

$$(0.30 - 0.03)C' = C'' - 0.01 \quad \text{สำหรับทุก} \quad 0 \le x \le 1$$

$$0.27C' = C'' - 0.01$$

$$C'' - 0.27C' = 0.01$$

คำนวณโดยใช้วิธีคอลโลเคชันได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $C'' - 0.27C' = 0.01$ สำหรับทุก $0 \le x \le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(a) = C_a$ และ $C(b) = C_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$u(x) = c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x) \qquad (*)$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(x) ลงในเงื่อนไขขอบ C(x)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 + c_2(0) + c_3(0^2 - \frac{1}{3}) + c_4[0^3 - \frac{3}{5}(0)]$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (2.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา C(1) จะได้

$$C(1) = u(1) = 0.01$$

$$= c_1 + c_2(1) + c_3(1^2 - \frac{1}{3}) + c_4[1^3 - \frac{3}{5}(1)]$$

$$= c_1 + c_2 + c_3(1 - \frac{1}{3}) + c_4(1 - \frac{3}{5}) = 0.01 \qquad (2.2)$$

2) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(x) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' - 0.27u' - 0.01 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = \frac{du}{dx} = \frac{d(c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x)}{dx}$

$$= c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4 \qquad (**)$$

$$u'' = \frac{d^2u}{dx^2} = \frac{d(c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4)}{dx}$$

$$= 2c_3 + 6xc_4 \qquad (***)$$

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(x) = (2c_3 + 6xc_4) - 0.27(c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4) - 0.01$$

$$= -0.27c_2 + (2 - 0.54x)c_3 + (0.162 + 6x - 0.81x^2)c_4 - 0.01$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $x = 0.25$ และ $x = 0.75$ สำหรับบาง $0 \le x \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L(0.25) = 0$ และ $L(0.75) = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา $L(0.25) = 0$

$$= -0.27c_2 + [2 - 0.54(0.25)] + [0.162 + 6(0.25) - 0.81(0.25)^2] - 0.01$$

จะได้ $$-0.27c_2 + 1.865c_3 + 1.6114c_4 = 0.01 \quad (2.3)$$

พิจารณา $L(0.75) = 0$

$$= -0.27c_2 + [2 - 0.54(0.75)] + [0.162 + 6(0.75) - 0.81(0.75)^2] - 0.01$$

จะได้ $$-0.27c_2 + 1.595c_3 + 4.2064c_4 = 0.01 \quad (2.4)$$

นำสมการ (2.1) – (2.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 1 & 1 & 0.67 & 0.4 \\ 0 & -0.27 & 1.865 & 1.6144 \\ 0 & -0.27 & 1.595 & 4.2064 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.01 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.9629 \\ -0.8742 \\ -0.1112 \\ -0.0116 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(x) \approx u(x) = 0.9629 - 0.8742x - 0.1112(x^2 - \frac{1}{3}) - 0.0116(x^3 - \frac{3}{5}x) \text{ สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ดังนั้น จะได้ผลเฉลยโดยประมาณ ดังตารางที่ 3.1 โดยเราจะพิจารณาค่า $0 \le x \le 1$ ของการเพิ่มจุด $x = 0.1$

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณที่ u(0)=1 และ u(1)=0.01

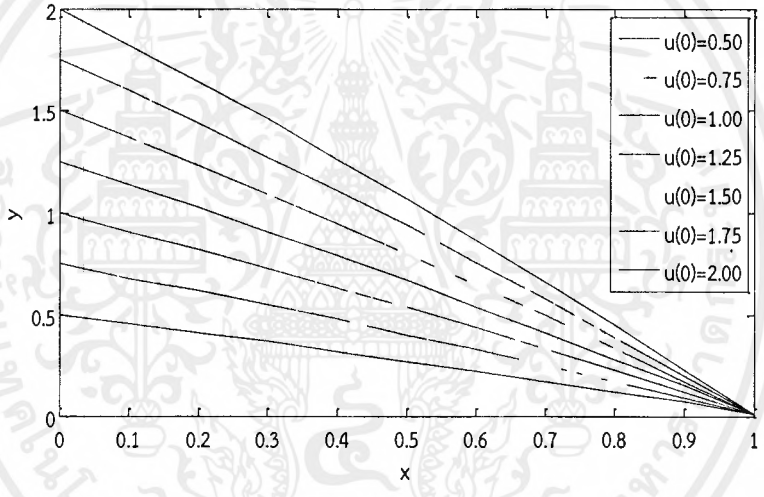
x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C(x)	1	0.91	0.82	0.73	0.63	0.54	0.44	0.33	0.23	0.13	0.01

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าผลเฉลยที่ได้มีค่าลดลง เมื่อ x เพิ่มขึ้น หากเราจะพิจารณาให้ค่าเงื่อนไขขอบซ้ายและขอบขวามีค่าเพิ่มขึ้น โดยเราจะเลือกให้เงื่อนไขขอบซ้ายมีค่าเพิ่มขึ้นและให้เงื่อนไขขอบขวาคงที่จะได้ค่าประมาณผลเฉลยดังตารางที่ 3.2 จากนั้นเราจะพิจารณาต่อโดยให้เงื่อนไขขอบซ้ายคงที่และเงื่อนไขขอบขวาเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าประมาณผลเฉลยที่เงื่อนไขขอบซ้ายที่เพิ่มขึ้นและเงื่อนไขขอบขวาคงที่ u(1)=0.01

x / u(0)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.50	0.50	0.46	0.41	0.37	0.32	0.27	0.22	0.17	0.12	0.07	0.01
0.75	0.75	0.68	0.62	0.55	0.48	0.40	0.33	0.25	0.17	0.09	0.01
1.00	1.00	0.91	0.82	0.73	0.63	0.54	0.44	0.33	0.23	0.12	0.01
1.25	1.25	1.14	1.03	0.91	0.79	0.67	0.54	0.41	0.28	0.15	0.01
1.50	1.50	1.37	1.23	1.09	0.95	0.80	0.65	0.50	0.34	0.17	0.01
1.75	1.75	1.60	1.44	1.27	1.11	0.94	0.76	0.58	0.39	0.20	0.01
2.00	2.00	1.82	1.64	1.46	1.26	1.07	0.87	0.66	0.45	0.23	0.01

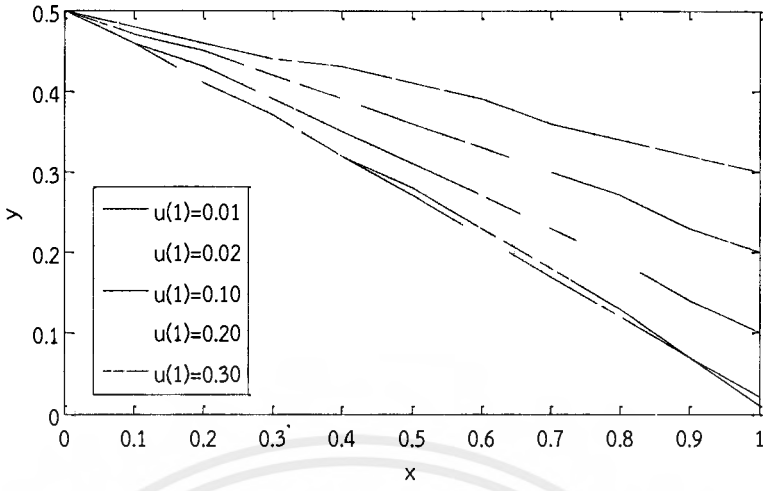


รูปภาพที่ 3.1 แสดงค่าประมาณผลเฉลยที่เงื่อนไขขอบซ้ายเพิ่มขึ้นและเงื่อนไขขอบขวาคงที่ u(1)=0.01

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าประมาณผลเฉลยที่เงื่อนไขขอบซ้ายคงที่ u(0) = 0.5 และเงื่อนไขขอบขวาที่เพิ่มขึ้น

x / u(1)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.01	0.50	0.46	0.41	0.37	0.32	0.27	0.22	0.17	0.12	0.07	0.01
0.02	0.50	0.46	0.41	0.37	0.32	0.28	0.23	0.18	0.13	0.07	0.02
0.10	0.50	0.46	0.43	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.19	0.14	0.10
0.20	0.50	0.47	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.23	0.20
0.30	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 3.2 แสดงค่าประมาณผลเฉลยเงื่อนไขขอบซ้ายคงที่ u(0) = 0.5 และเงื่อนไขขอบขวาเพิ่มขึ้น

จากรูปภาพที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นว่าค่าประมาณของผลเฉลยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเราเพิ่มค่าของเงื่อนไขขอบซ้ายและเงื่อนไขขอบขวา ในกรณีเดียวกันหากเราลดค่าของเงื่อนไขขอบซ้ายและเงื่อนไขขอบขวา ค่าประมาณของผลเฉลยที่ได้ก็จะลดลงเช่นกัน

พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ $\left.\frac{du}{dx}\right|_{x=1} = 0$ **หรือ** $u'(1) = 0$

จากสมการตัวแบบ $(u - u_w)\frac{dC}{dx} = D\frac{d^2C}{dx^2} - Q$

เงื่อนไขขอบคือ $u(0) = 1$

กำหนดให้ $u = 0.30$, $u_w = 0.03$, $D = 1.00$ และ $Q = 0.01$

แทนค่าที่กำหนดให้ลงในสมการตัวแบบ จะได้

$$C'' - 0.27C' = 0.01 \quad \text{สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $C'' - 0.27C' = 0.01$ สำหรับทุก $0 \le x \le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(a) = C_a$ และ $C(b) = C_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

$$u(x) = c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x) \qquad (*)$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(x) ลงในเงื่อนไขขอบ C(x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 + c_2(0) + c_3(0^2 - \frac{1}{3}) + c_4[0^3 - \frac{3}{5}(0)]$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (3.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา เนื่องจากเราจะพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ $u'(1) = 0$ จะได้

$$u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

$$u'(1) = c_2 + 2(1)c_3 + 3(1)^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

$$= c_2 + 2c_3 + \frac{12}{5}c_4 = 0 \qquad (3.2)$$

2) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(x) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' - 0.27u' - 0.01 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = \frac{du}{dx} = \frac{d(c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x)}{dx}$

$$= c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 + \frac{3}{5}c_4 \qquad (**)$$

$$u'' = \frac{d^2u}{dx^2} = \frac{d(c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 + \frac{3}{5}c_4)}{dx}$$

$$= 2c_3 + 6xc_4 \qquad (***)$$

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(x) = -0.27c_2 + (2 - 0.54x)c_3 + (0.162 + 6x - 0.81x^2)c_4 - 0.01$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $x = 0.25$ และ $x = 0.75$ สำหรับบาง $0 \le x \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L(0.25) = 0$ และ $L(0.75) = 0$

พิจารณา $L(0.25) = 0$

$$= -0.27c_2 + 1.865c_3 + 1.6114c_4 = 0.01 \qquad (3.3)$$

พิจารณา $L(0.75) = 0$

$$= -0.27c_2 + 1.595c_3 + 4.2064c_4 = 0.01 \qquad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการ (3.1) – (3.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 2.4 \\ 0 & -0.27 & 1.865 & 1.6144 \\ 0 & -0.27 & 1.595 & 4.2064 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0013 \\ -0.0085 \\ 0.0038 \\ 0.0004 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(x) \approx u(x) = 1.0013 - 0.0085x + 0.0038(x^2 - \frac{1}{3}) + 0.0004(x^3 - \frac{3}{5}x) \text{ สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ดังนั้นจะได้ผลเฉลยโดยประมาณ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณจากการพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์

x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C(x)	1	0.9992	0.9984	0.9978	0.9972	0.9967	0.9962	0.9959	0.9957	0.9955	0.9955

จากตารางที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าผลเฉลยที่ได้จะมีค่าลดลงตามช่วง x ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับเงื่อนไขขอบขวาที่ไม่พิจารณาอนุพันธ์ ดังนั้นเราจึงพิจารณาโดยการเพิ่มค่าให้กับเงื่อนไขขอบขวาที่พิจารณาอนุพันธ์ เพื่อดูว่าผลเฉลยที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือไม่ และหากเราพิจารณาค่าของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่ลดลงแบบติดลบแล้วผลเฉลยที่ได้จะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณที่เพิ่มค่าของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์

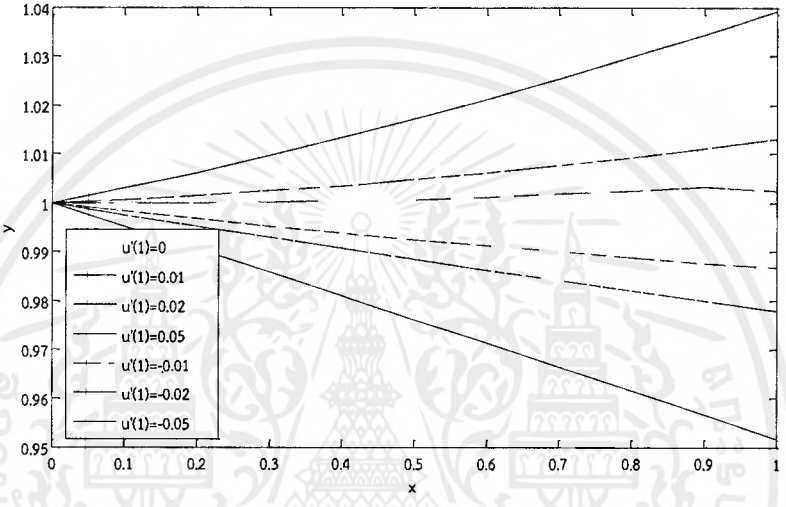
x / u'(1)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0	1	0.9992	0.9984	0.9978	0.9972	0.9967	0.9962	0.9959	0.9957	0.9955	0.9955
0.01	1	0.9999	1.0000	1.0001	1.0004	1.0007	1.0012	1.0018	1.0024	1.0033	1.0042
0.02	1	1.0007	1.0015	1.0025	1.0035	1.0048	1.0061	1.0076	1.0092	1.0110	1.0129
0.03	1	1.0015	1.0031	1.0049	1.0068	1.0089	1.0111	1.0135	1.0161	1.0189	1.0218
0.05	1	1.0031	1.0063	1.0097	1.0133	1.0171	1.0211	1.0253	1.0298	1.0344	1.0393

จากตารางที่ 3.5 จะเห็นว่าหากเราเพิ่มค่าเงื่อนไขขอบขวาที่พิจารณาอนุพันธ์แล้ว ผลเฉลยที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เช่นเดียวกันหากเรากำหนดค่าของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ลดลงหรือกำหนดให้ค่าติดลบแล้ว ผลเฉลยที่ได้ก็จะลดลงตามเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่มีค่าติดลบ

x / u'(1)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0	1	0.9992	0.9984	0.9978	0.9972	0.9967	0.9962	0.9959	0.9957	0.9955	0.9955
-0.01	1	0.9984	0.9968	0.9953	0.9939	0.9925	0.9912	0.9900	0.9888	0.9877	0.9867
-0.02	1	0.9976	0.9953	0.9930	0.9907	0.9885	0.9863	0.9841	0.9820	0.9799	0.9779
-0.03	1	0.9968	0.9937	0.9905	0.9874	0.9843	0.9812	0.9782	0.9751	0.9721	0.9691
-0.04	1	0.9961	0.9921	0.9882	0.9842	0.9803	0.9763	0.9723	0.9684	0.9644	0.9604
-0.05	1	0.9953	0.9906	0.9858	0.9810	0.9762	0.9714	0.9665	0.9616	0.9567	0.9517



รูปภาพที่ 3.3 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่มีค่าเป็นบวกและติดลบ

จากที่เราได้พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ ที่ $u'(1)=0$ ผลเฉลยที่ได้จะลดลงตาม x ที่เพิ่มขึ้น และหากเราเพิ่มหรือลดค่าของเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ ผลเฉลยที่ได้ในจุด x นั้น ๆ ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่เรากำหนด เช่นเดียวกับการประมาณค่าของเงื่อนไขขอบขวาที่ไม่พิจารณาอนุพันธ์

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าผลเฉลยโดยประมาณจากการพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ หากเราพิจารณาจุดสมมติ ซึ่งเราให้ $u(0.7)=0.9959$

จากสมการตัวแบบ $C''-0.27C'=0.01$ สำหรับทุก $0\le x\le 1$

ที่มีเงื่อนไขขอบคือ $u(0)=1$ และ $u'(1)=0$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $C''-0.27C'=0.01$ สำหรับทุก $0\le x\le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(a)=C_a$ และ $C(b)=C_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$u(x) = c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x) \quad (*)$$

$$u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

สมมติว่า เรารู้ค่า u(0.7) = 0.9959

จะได้ $u(0.7) = c_1 + 0.7c_2 + 0.1567c_3 - 0.077c_4 = 0.9959 \quad (4.1)$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(x) ลงในเงื่อนไขขอบ C(x)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \quad (4.2)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา เนื่องจากเราพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ที่ $u'(1) = 0$ จะได้

$$u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

$$u'(1) = c_2 + 2c_3 + \frac{12}{5}c_4 = 0 \quad (4.3)$$

2) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(x) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' - 0.27u' - 0.01 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4 \quad (**)$

$$u'' = \frac{du'}{dx} = 2c_3 + 6xc_4 \quad (***)$$

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(x) = -0.27c_2 + (2 - 0.54x)c_3 + (0.162 + 6x - 0.81x^2)c_4 - 0.01$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ x = 0.25 สำหรับบาง $0 \le x \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า L(0.25) = 0

พิจารณา L(0.25) = 0

จะได้ $-0.27c_2 + 1.865c_3 + 1.6114c_4 = 0.01 \quad (4.4)$

นำสมการ (4.1) – (4.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.7 & 0.1567 & -0.077 \\ 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 2.4 \\ 0 & -0.27 & 1.865 & 1.6114 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.9959 \\ 1 \\ 0 \\ 0.01 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0013 \\ -0.0085 \\ 0.0038 \\ 0.0004 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(x) \approx u(x) = 1.0013 - 0.0085x + 0.0038(x^2 - \frac{1}{3}) + 0.0004(x^3 - \frac{3}{5}x)$$

ตารางที่ 3.7 แสดงผลเฉลยโดยประมาณที่พิจารณาจุด u(0.7) = 0.9959 ดังนี้

x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C(x)	1	0.9992	0.9984	0.9978	0.9972	0.9967	0.9962	0.9959	0.9957	0.9955	0.9955

จากตารางจะเห็นว่าผลเฉลยที่ได้มีค่าเท่ากับผลเฉลยที่แสดงดังตารางที่ 3.4 แสดงว่าหากเราทราบจุดสมมติที่จุดใดจุดหนึ่งของผลเฉลย จะทำให้ผลเฉลยที่ได้มีค่าเท่ากับการประมาณค่าที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เช่นเดียวกัน

พิจารณาสมการตัวแบบที่อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชัน โดยมีสมการตัวแบบ ดังนี้

$$C'' + (u_s - ku_w)C' = 0.01 \qquad (5)$$

เมื่อ $u_s = 0.27+(0.10)(1-x)$ และ $u_w = 0.30$

สมมติ k = 0.10 (10%) เมื่อ k คือประสิทธิภาพที่น้ำจืดขับไล่น้ำเค็ม

เงื่อนไขขอบคือ $C(0) = 1$ และ $C'(1) = 0$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $C'' + (0.27 + 0.10(1 - x))C' = 0.01$

เงื่อนไขขอบ : $C(0) = 1$ และ $C'(1) = 0$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

$$u(x) = c_1 + c_2x + c_3(x^2 - \frac{1}{3}) + c_4(x^3 - \frac{3}{5}x) \qquad (*)$$

$$u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(x) ลงในเงื่อนไขขอบ C(x)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (5.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา เนื่องจากเราพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ $u'(1) = 0$ จะได้

$$u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

$$u'(1) = c_2 + 2c_3 + \frac{12}{5}c_4 = 0 \qquad (5.2)$$

2) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(x) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' + (0.27 + 0.10(1-x))u' - 0.01 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u'(x) = c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$ (**)

$u''(x) = 2c_3 + 6xc_4$ (***)

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(x) = (2c_3 + 6xc_4) + (0.27 + 0.10(1-x))(c_2 + 2xc_3 + 3x^2c_4 - \frac{3}{5}c_4) - 0.01$$

$$= (0.37 - 0.10x)c_2 + (2 + 0.74x - 0.2x^2)c_3 - (1.332 - 6x - 2.22x^2 + 0.3x^3)c_4 - 0.01$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $x = 0.25$ และ $x = 0.75$ สำหรับบาง $0 \le x \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L(0.25) = 0$ และ $L(0.75) = 0$

พิจารณา $L(0.25) = 0$

จะได้ $0.345c_2 + 2.1725c_3 + 0.3021c_4 = 0.01$ (5.3)

พิจารณา $L(0.75) = 0$

จะได้ $0.295c_2 + 2.4425c_3 + 4.2902c_4 = 0.01$ (5.4)

นำสมการ (5.1) – (5.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 2.4 \\ 0 & 0.345 & 2.1725 & 0.3021 \\ 0 & 0.295 & 2.4425 & 4.2902 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0022 \\ -0.0117 \\ 0.0065 \\ -0.0006 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(x) \approx u(x) = 1.0022 - 0.0117x + 0.0065(x^2 - \frac{1}{3}) - 0.0006(x^3 - \frac{3}{5}x) \quad \text{สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ตารางที่ 3.8 แสดงผลเฉลยโดยประมาณของสมการตัวแบบรูปฟังก์ชัน ดังนี้

x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C(x)	1	0.9990	0.9980	0.9972	0.9965	0.9959	0.9954	0.9951	0.9948	0.9947	0.9946

จากตารางที่ 3.8 ผลเฉลยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยของสมการตัวแบบแบบค่าคงที่ของการพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ ซึ่งคือผลเฉลยที่ได้มีลักษณะลดลงตามค่า x ที่เพิ่มขึ้น

เราจึงพิจารณาโดยการเพิ่มค่าประสิทธิภาพในการขับไล่น้ำเค็ม (k) และลดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิด (Q) โดยจะแสดงดังตารางที่ 3.9 , 3.10 และตารางที่ 3.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.01

x \ k	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.1	0.9990	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
0.2	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980
0.3	0.9972	0.9972	0.9971	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972
0.4	0.9965	0.9965	0.9964	0.9965	0.9965	0.9965	0.9965	0.9965	0.9966
0.5	0.9959	0.9959	0.9958	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959	0.9960	0.9960
0.6	0.9954	0.9955	0.9954	0.9954	0.9954	0.9954	0.9955	0.9955	0.9955
0.7	0.9951	0.9951	0.9950	0.9950	0.9951	0.9951	0.9951	0.9951	0.9952
0.8	0.9948	0.9949	0.9948	0.9948	0.9948	0.9948	0.9949	0.9949	0.9949
0.9	0.9946	0.9947	0.9946	0.9946	0.9947	0.9947	0.9947	0.9947	0.9948
1.0	0.9946	0.9947	0.9946	0.9946	0.9946	0.9946	0.9947	0.9947	0.9947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

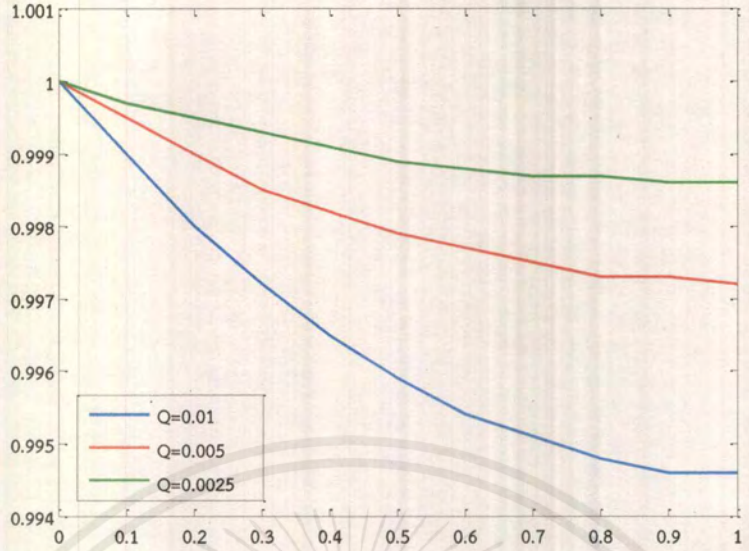
ตารางที่ 3.10 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.005

x \ k	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.1	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
0.2	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990
0.3	0.9985	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986
0.4	0.9982	0.9983	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9983	0.9983	0.9983
0.5	0.9979	0.9980	0.9979	0.9979	0.9979	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980
0.6	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9978
0.7	0.9975	0.9976	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975	0.9976	0.9976	0.9976
0.8	0.9973	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9975
0.9	0.9973	0.9974	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9974	0.9974	0.9974
1.0	0.9972	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9974

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าผลเฉลยของสมการตัวแบบรูปของฟังก์ชัน ที่ Q = 0.0025

x \ k	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.1	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997
0.2	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
0.3	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993
0.4	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
0.5	0.9989	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990
0.6	0.9988	0.9989	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989
0.7	0.9987	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988
0.8	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987
0.9	0.9986	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987
1.0	0.9986	0.9987	0.9986	0.9986	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



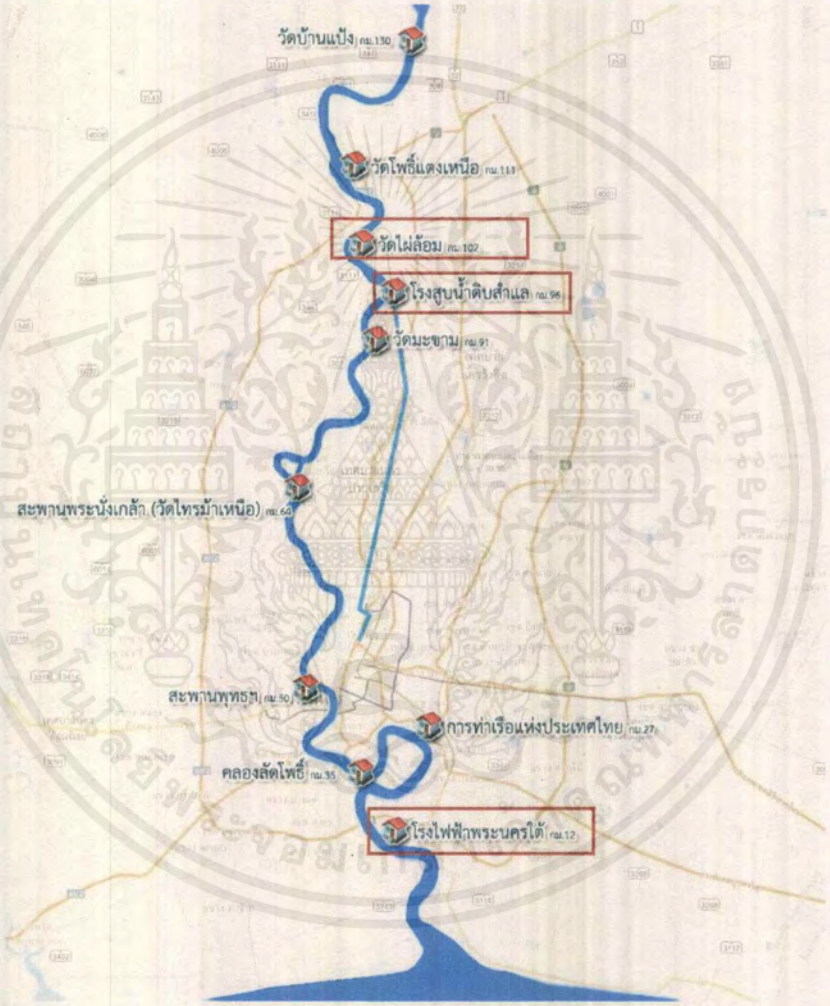
รูปภาพที่ 3.4 กราฟแสดงผลเฉลยที่ k=0.1 และ Q=0.01, 0.005 และ Q=0.0025 ตามลำดับ

จากรูปภาพที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าที่เราได้ทำการเพิ่มค่า k และลดค่า Q จะเห็นว่าค่าผลเฉลยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ยิ่งเราลดค่า Q ค่าผลเฉลยที่ได้ยิ่งเข้าใกล้กันมากหรือมีค่าเท่ากันดังที่แสดงในตารางที่ 3.9, 3.10 และตารางที่ 3.11 การเพิ่มหรือลดค่า k ผลเฉลยที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน เราจึงทำการพัฒนาตัวแบบเพิ่มเติม โดยทำการเพิ่ม-ลดค่าของ u_s , u_w และค่า D ด้วยวิธีการ empirical จนได้ค่าผลเฉลยที่เหมาะสม ซึ่งจะแสดงให้เห็นในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากสมการตัวแบบที่พิจารณานำมาใช้ประมาณกับค่าความเค็มที่เกิดขึ้นจริง พิจารณา 3 สถานี คือ สถานีพระนครใต้ สถานีสำแล และสถานีวัดไผ่ล้อม โดยให้สถานีต้นทางคือ สถานีพระนครใต้ และสถานีปลายทางคือ สถานีวัดไผ่ล้อม ศึกษาข้อมูลของช่วงเวลาที่มีค่าความเค็มเกินมาตรฐานเฉลี่ยเป็นรายสัปดาห์จากการประปานครหลวง ดังตารางที่ 4.1



รูปภาพที่ 4.1 แผนที่แสดงระยะทางระหว่างสถานีต่าง ๆ ของคลองประปาตะวันออก
แหล่งที่มา : การประปานครหลวง

ซึ่งระยะทางจากปากแม่น้ำถึงสถานีพระนครใต้ห่างกัน 12 กิโลเมตร สถานีสำแลห่างจากปากแม่น้ำ 96 กิโลเมตร และสถานีวัดไผ่ล้อมห่างจากปากแม่น้ำ 102 กิโลเมตรตามลำดับ โดยกำหนดให้ L คือระยะทางจากสถานีพระนครใต้ถึงสถานีวัดไผ่ล้อมมีค่าเท่ากับ 90 กิโลเมตร และเราต้องการประมาณค่าความเค็มที่สถานีสำแล ซึ่งสถานีสำแลห่างจากสถานีพระนครใต้อยู่ 84 กิโลเมตร แสดงว่าต้องการหาค่าความเค็มที่จุด X = 0.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 1-7 มีนาคม 2560

วันที่	สถานีพระนครใต้	สถานีวัดไผ่ล้อม	สถานีสำแล
1/3/60	21.43	0.15	0.20
2/3/60	21.49	0.15	0.17
3/3/60	22.06	0.16	0.18
4/3/60	20.87	0.15	0.18
5/3/60	20.27	0.15	0.17
6/3/60	19.51	0.14	0.17
7/3/60	20.09	0.15	0.24
เฉลี่ย	20.817	0.15	0.187

จากตารางที่ 4.1 สถานีต้นทางคือ สถานีพระนครใต้มีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 20.817 และสถานีปลายทางคือ สถานีวัดไผ่ล้อมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.15 เราสามารถประมาณค่าความเค็มที่สถานีสำแลได้ดังนี้

การคำนวณโดยไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์

สมการตัวแบบ $(u-u_w)\frac{dc}{dx}=D\frac{d^2c}{dx}-Q$ สำหรับ $x\in[0,L]$

เมื่อ $u = 0.3$, $u_w = 0.03$, $D = 1$, $Q = 0.01$ และ $L = 90$ กิโลเมตร

เมื่อ $C(X)=\frac{c(x)}{c_{max}}$ และ $c_{max} = 20.817$ (g/l)

จะได้ $0.27C' = C'' - 0.01$

ดังนั้น $C'' - 0.27C' = 0.01$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $C'' - 0.27C' = 0.01$ สำหรับทุก $0 \le X \le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(0)=1$ และ $C(1)=\frac{C(L)}{C_{max}}$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี2 จะได้

$$u(X)=c_1+c_2X+c_3(X^2-\frac{1}{3}) \qquad (*)$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(X) ลงในเงื่อนไขขอบ C(X)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

  $C(0) = u(0) = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (1.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา C(1) จะได้

$C(1) = u(1) = 0.0072$

$$= c_1 + c_2 + \frac{2}{3}c_3 = 0.0072 \qquad (1.2)$$

2) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(X) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$u'' - 0.27u' - 0.01 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = c_2 + 2c_3X$ (**)

$u'' = 2c_3$ (***)

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(X) = 2c_3 - 0.27(c_2 + 2Xc_3) - 0.01$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $X = 0.5$ สำหรับบาง $0 \le X \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L(0.5) = 0$

พิจารณา $L(0.5) = 0$

จะได้ $0.27c_2 + 1.73c_2 = 0.01$ (1.3)

นำสมการ (1.1) – (1.3) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 \\ 1 & 1 & 0.6667 \\ 0 & -0.27 & 1.73 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.0072 \\ 0.01 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.9570 \\ -0.8638 \\ -0.1290 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(X) \approx u(X) = 0.9570 - 0.8638X - 0.1290(X^2 - \frac{1}{3}) \text{ สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ดังนั้น ผลเฉลยโดยประมาณที่จุด $X = 0.94$ คือ $u(0.94) = 0.0740$

แสดงว่าสถานีสำแลมีค่าความเค็มที่วัดได้โดยประมาณคือ 1.5404 หากเราต้องการพิจารณาจุด X หรือระยะทางที่จุดอื่น ๆ สามารถแสดงให้เห็นพอสังเขป ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่ไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ

X_i	$C(X_i)$	x_i	$c(x_i)$ (g/l)	ระดับความเค็มจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม (g/l)
0	1	0	20.814	20.87
0.1	0.9123	9	18.9886	17.56
0.2	0.8221	18	17.1111	12.44
0.3	0.7293	27	15.1797	11.30
0.4	0.6338	36	13.1919	5.30
0.5	0.5359	45	11.1542	4.10
0.6	0.4353	54	9.0603	3.70
0.7	0.3321	63	6.9123	1.60
0.8	0.2264	72	4.7123	0.70
0.9	0.1181	81	2.4581	0.30
1.0	0.0072	90	0.1499	0.15

การคำนวณโดยพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์

สมการตัวแบบ $DC'' + (u_s - ku_w)C' = Q$

เมื่อเรากำหนดให้ $u_s = 0.24$, $u_w = 0.35$, $D = 0.1$, $Q = 0.1$ และ $k = 0.50$

เมื่อ $C(X) = \frac{c(x)}{c_{max}}$ และ $c_{max} = 20.94$ (g/l)

จะได้ $0.1C'' + (0.24 - 0.5(0.35))C' = 0.1$

ดังนั้น $0.1C'' + 0.065C' = 0.1$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $0.1C'' + 0.065C' = 0.1$ สำหรับทุก $0 \le X \le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(a) = C_a$ และ $C(b) = C_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

$$u(X) = c_1 + c_2X + c_3(X^2 - \frac{1}{3}) + c_4(X^3 - \frac{3}{5}X) \qquad (*)$$

$$u'(X) = c_2 + 2Xc_3 + 3X^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันประมาณค่า u(X) ลงในเงื่อนไขขอบ C(X)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (2.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา C(1) จะได้

$$C(1) = u'(1) = 0$$

$$= c_2 + 2c_3 + 3c_4 - \frac{3}{5}c_4 = 0 \qquad (2.2)$$

2) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(X) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$0.1C'' + 0.065C' - 0.1 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = c_2 + 2c_3X + 3X^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$ (**)

$u'' = 2c_3 + 6Xc_4$ (***)

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(X) = 0.065c_2 + (0.2 + 0.13X)c_3 - (0.0394 - 0.6X - 0.195X^2)c_4 = 0.1$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $X = \frac{1}{3}$ และ $X = \frac{2}{3}$ สำหรับบาง $0 \le X \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L\left(\frac{1}{3}\right) = 0$ และ $L\left(\frac{2}{3}\right) = 0$

พิจารณา $L\left(\frac{1}{3}\right) = 0$

จะได้ $0.065c_2 + 0.243c_3 + 0.1827c_4 = 0.1$ (2.3)

พิจารณา $L\left(\frac{2}{3}\right) = 0$

จะได้ $0.065c_2 + 0.287c_3 + 0.4477c_4 = 0.1$ (2.4)

นำสมการ (2.1) – (2.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 2.4 \\ 0 & 0.065 & 0.243 & 0.1827 \\ 0 & 0.065 & 0.287 & 0.4477 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{Bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.3070 \\ -1.4751 \\ 0.9211 \\ -0.1529 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(X) \approx u(X) = 1.3070 - 1.4751X + 0.9211(X^2 - \frac{1}{3}) - 0.1529(X^3 - \frac{1}{3}X) \text{ สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ

X_i	$C(X_i)$	x_i	$c(x_i)$ (g/l)	ระดับความเค็มจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม (g/l)
0	1	0	20.94	20.94
0.1	0.8707	9	18.2325	15.75
0.2	0.7590	18	15.8935	9.37
0.3	0.6638	27	13.9000	4.20
0.4	0.5842	36	12.2331	2.32
0.5	0.5195	45	10.8783	1.90
0.6	0.4685	54	9.8104	0.21
0.7	0.4305	63	9.0147	0.20
0.8	0.4045	72	8.4702	0.18
0.9	0.3896	81	8.1582	0.16
1.0	0.3848	90	8.0577	0.14

จะเห็นว่าจากตารางที่ 4.3 ถ้าสถานีพระนครใต้มีค่าความเค็มสูงสุดอยู่ที่ 20.94 มีความเร็วการไหลของกระแสน้ำเค็ม (u_s) เท่ากับ 0.24 ความเร็วของกระแสน้ำจืด (u_w) เท่ากับ 0.35 และค่าสัมประสิทธิ์ในการแพร่ (D) เท่ากับ 0.1 จะสามารถคำนวณค่าความเค็มที่สถานีวัดไผ่ล้อมได้เท่ากับ 8.0577 แสดงว่าเราจะประมาณระดับความเค็มที่สถานีสำแล (X=0.94) จะได้ C(0.94)=0.3865 ดังนั้นระดับความเค็มที่สถานีสำแลที่ประมาณได้ คือ 8.0933

หากเรากำหนดให้ค่า u_s = 0.12 , u_w = 0.3408 , D = 0.03 , Q = 0.1 และ k = 0.50

เมื่อ $C(X) = \frac{c(x)}{c_{max}}$ และ c_{max} = 26.77 (g/l)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $0.03C'' + (0.12 - 0.5(0.3408))C' = 0.1$

ดังนั้น $0.03C'' - 0.0504C' = 0.1$

ขั้นตอนที่ 1

ปัญหาค่าขอบ : $0.03C'' - 0.0504C' = 0.1$ สำหรับทุก $0 \le X \le 1$

เงื่อนไขขอบ : $C(a) = C_a$ และ $C(b) = C_b$

ขั้นตอนที่ 2

กำหนดฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยเป็นพหุนามเลอจองด์ดีกรี3 จะได้

$$u(X) = c_1 + c_2X + c_3(X^2 - \frac{1}{3}) + c_4(X^3 - \frac{3}{5}X) \qquad (*)$$

$$u'(X) = c_2 + 2Xc_3 + 3X^2c_4 - \frac{3}{5}c_4$$

ขั้นตอนที่ 3

1) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(X) ลงในเงื่อนไขขอบ C(X)

- แทนลงในเงื่อนไขขอบซ้าย C(0) จะได้

$$C(0) = u(0) = 1$$

$$= c_1 - \frac{1}{3}c_3 = 1 \qquad (3.1)$$

- แทนลงในเงื่อนไขขอบขวา C(1) จะได้

$$C(1) = u'(1) = 0$$

$$= c_2 + 2c_3 + 3c_4 - \frac{3}{5}c_4 = 0 \qquad (3.2)$$

2) แทนฟังก์ชันการประมาณค่า u(X) ลงในสมการปัญหาค่าขอบ จะได้สมการเศษเหลือ คือ

$$0.03C'' - 0.0504C' - 0.1 = \begin{cases} L(x) \text{ หรือ } x \text{ ที่จุดอื่นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } x \text{ เป็นจุดคอลโลเคชัน} \end{cases}$$

เมื่อ $u' = c_2 + 2c_3x + 3X^2c_4 - \frac{3}{5}c_4 \qquad (**)$

$u'' = 2c_3 + 6Xc_4 \qquad (***)$

นำสมการ (**), (***) แทนลงในสมการเศษเหลือ จะได้ฟังก์ชันเศษเหลือ คือ

$$L(X) = -0.0504c_2 + (0.06 - 0.1008X)c_3 + (0.03024 + 0.18x - 0.1512X^2)c_4 = 0.1$$

ขั้นตอนที่ 4

กำหนดจุดคอลโลเคชัน

ได้แก่ $X = \frac{1}{3}$ และ $X = \frac{2}{3}$ สำหรับบาง $0 \le X \le 1$ เนื่องจากเป็นจุดคอลโลเคชัน

จะได้ว่า $L\left(\frac{1}{3}\right) = 0$ และ $L\left(\frac{2}{3}\right) = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา $L\left(\frac{1}{3}\right)=0$

จะได้ $-0.0504c_2+0.0264c_3+0.07344c_4=0.1$ (3.3)

พิจารณา $L\left(\frac{2}{3}\right)=0$

จะได้ $-0.0504c_2-0.0072c_3+0.08304c_4=0.1$ (3.4)

นำสมการ (3.1) – (3.4) มาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.3333 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 2.4 \\ 0 & -0.0504 & 0.0264 & 0.07344 \\ 0 & -0.0504 & -0.0072 & 0.08304 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{Bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้

$$\begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0413 \\ -1.2878 \\ 0.1238 \\ 0.4334 \end{Bmatrix}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ (c) ที่ได้แทนลงในฟังก์ชันประมาณค่าผลเฉลยโดยประมาณ

$$C(X) \approx u(X) = 1.0413 - 1.2878X + 0.1238(X^2 - \frac{1}{3}) + 0.4334(X^3 - \frac{1}{3}X) \quad \text{สำหรับทุก } 0 \le x \le 1$$

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ

X_i	$C(X_i)$	x_i	$c(x_i)$ (g/l)	ระดับความเค็มจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม (g/l)
0	1	0	26.77	26.55
0.1	0.8469	9	22.6715	25.57
0.2	0.6989	18	18.7096	24.09
0.3	0.5585	27	14.9510	15.47
0.4	0.4284	36	11.4683	14.84
0.5	0.3112	45	8.3308	2.67
0.6	0.2095	54	5.6083	2.32
0.7	0.1259	63	3.3703	1.68
0.8	0.0629	72	1.6838	0.87
0.9	0.0232	81	0.6211	0.26
1	0.0094	90	0.2516	0.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าจากตารางที่ 4.4 ถ้าสถานีพระนครใต้มีค่าความเค็มสูงสุดอยู่ที่ 26.77 มีความเร็วการไหลของกระแสน้ำเค็ม (u_s) เท่ากับ 0.14 ความเร็วของกระแสน้ำจืด (u_w) เท่ากับ 0.3408 และค่าสัมประสิทธิ์ในการแพร่ (D) เท่ากับ 0.03 จะสามารถคำนวณค่าความเค็มที่สถานีวัดไผ่ล้อมได้เท่ากับ 0.2516 แสดงว่าเราจะประมาณระดับความเค็มที่สถานีสำแล(X=0.94)จะได้ C(0.94)=0.0144 ดังนั้นระดับความเค็มที่สถานีสำแลที่ประมาณได้ คือ 0.3855

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่ไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ เมื่อกำหนดค่าความเค็มสูงสุดและค่าความเค็มเฉลี่ยของสถานีต้นทางและความเค็มเฉลี่ยของสถานีปลายทางจากค่าความเค็มที่เกิดขึ้นจริง จะเห็นว่าระดับความเค็มที่จุดต่าง ๆ จะลดลงตาม x ที่เพิ่มขึ้น หากความเค็มที่สถานีต้นทางมีความเค็มสูงสุด สถานีปลายทางความเค็มจะลดลงเช่นเดียวตามระยะทางจริงที่เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเค็มและแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความเค็มที่สถานีต้นทางมีค่าความเค็มสูงสุดและสถานีปลายทางมีการพิจารณา เงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเค็ม จะเห็นว่าความเค็มที่จุดต่าง ๆ ลดลงตาม x ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันหากที่สถานีต้นทางมีความเค็มสูงสุดแล้ว สถานีปลายทางจะมีความเค็มลดลงตามระยะทางจริงที่เพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วการไหลของกระแสน้ำเค็มน้อยกว่าความเร็วการไหลของกระแสน้ำจืด

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าผลเฉลยที่ได้ของตัวแบบที่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเค็ม และแสดงระดับความเค็มที่ระยะทาง ณ จุดต่าง ๆ เช่นเดียวกับตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าหากความเค็มที่สถานีต้นทางมีค่าความเค็มสูงสุดแล้ว ค่าความเค็มที่สถานีปลายทางจะลดลงตามระยะทางจริงที่เพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วการไหลของกระแสน้ำเค็มมีค่าน้อยกว่าความเร็วการไหลของกระแสน้ำจืด

จากผลการศึกษาแบบจำลองประมาณระดับความเค็มโดยวิธีคอลโลเคชัน พบว่าการคำนวณโดยไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์ หากเรากำหนดสถานีต้นทางให้มีค่าความเค็มสูงที่สุด และสถานีปลายทางมีค่าความเค็มปกติ การประมาณระดับความเค็มระหว่างสถานีต้นทางถึงสถานีปลายทางระดับความเค็มที่ประมาณได้จะลดลงตามระยะทางจริงที่เพิ่มขึ้น และการคำนวณโดยพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเค็ม หากเรากำหนดสถานีต้นทางมีความเค็มสูงสุด และไม่ได้ควบคุมที่สถานีปลายทาง การประมาณระดับความเค็มระหว่างสถานีต้นทางถึงสถานีปลายทางจะลดลงตามระยะทางจริงที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (ถ้าความเร็วการไหลของกระแสน้ำเค็มมีค่าน้อยกว่าความการไหลของกระแสน้ำจืด) แสดงว่าผลการคำนวณทั้งแบบไม่พิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์และแบบพิจารณาเงื่อนไขขอบขวาอนุพันธ์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเค็ม ให้ผลคำนวณเป็นที่พอใจ ดังนั้นหากเราทราบระดับความเค็ม ณ จุดเริ่มต้น เราจะสามารถคำนวณหาระดับความเค็มตั้งแต่สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้จนถึงสถานีวัดไผ่ล้อม เพื่อใช้ประมาณระดับความเค็มบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] การประปานครหลวง. ระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบ Real Time. [ออนไลน์]. Available : http://rwc.mwa.co.th/page/home/. เข้าถึงเมื่อ 22 มี.ค. 62

[2] กรมควบคุมมลพิษ. **การจัดการคุณภาพน้ำ.** [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/info_serv/water.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2561.

[3] นิรวรรณ ยิ้มมงคล. **มลพิษทางน้ำ.** [Online]. Available : https://sites.google.com/site/st554232010/mlphis-thang-na. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2561.

[4] นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. **ปัญหามลพิษทางน้ำ.** [Online]. Available : https://il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/framechapter3_frame.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2561.

[5] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2548. **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น.** [Online]. Available : http://www2.diw.go.th/research/file.asp. เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 ส.ค. 2561.

[6] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2538. **การประปา/น้ำประปาของประชาชนชาวกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ.** [Online]. Available : http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=39&chap=6&page=-6-infodetail09.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 ส.ค. 2561.

[7] สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. 2558. **รายงานสรุปผลการดำเนินงานกิจกรรมถ่ายทอดแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ (KM).** [Online]. Available : http://infofile.pcd.go.th/water/KM.pdf?CFID=1543065&CFTOKEN=23608889. เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 ส.ค. 2561.

[8] Dr. Saudee. 2554. **ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำและความเป็นมา.** [Online]. Available : http://envidee.blogspot.com/2011/05/blog-post.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 ส.ค. 2561.

[9] Pochai N., Crane, L.J., Miller JJ Honol Tangmance S., **A Numerical Model of Water Pollution Control Using the Finite Element Method,** Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics PAMM, Vol 6(1): 755-756, 2006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลย้อนหลัง ค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา (กรัม/ลิตร)
ตั้งแต่เดือนมกราคม - พฤษภาคม 2561

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
31 พ.ค. 61	0.16	0.20	0.2	0.2	125	184
30 พ.ค. 61	0.17	0.19	0.19	0.2	125	146
29 พ.ค. 61	0.18	0.18	0.18	0.2	125	147
28 พ.ค. 61	0.17	0.18	0.18	0.2	125	143
27 พ.ค. 61	0.17	0.19	0.19	0.21	125	141
26 พ.ค. 61	0.16	0.19	0.19	0.21	125	141
25 พ.ค. 61	0.16	0.19	0.19	0.21	120	137
24 พ.ค. 61	0.17	0.19	0.2	0.2	100	133
23 พ.ค. 61	0.17	0.18	0.2	0.2	100	122
22 พ.ค. 61	0.17	0.18	0.2	0.2	90	128
21 พ.ค. 61	0.16	0.18	0.2	0.2	80	149
20 พ.ค. 61	0.16	0.18	0.2	0.2	80	147
19 พ.ค. 61	0.16	0.18	0.2	0.2	80	173
18 พ.ค. 61	0.15	0.17	0.2	0.2	80	164
17 พ.ค. 61	0.14	0.17	0.2	0.2	80	136
16 พ.ค. 61	0.14	0.18	0.2	0.2	90	173
15 พ.ค. 61	0.14	0.18	0.19	0.19	100	195
14 พ.ค. 61	0.14	0.18	0.18	0.18	100	198
13 พ.ค. 61	0.15	0.17	0.19	0.19	100	124
12 พ.ค. 61	0.15	0.18	0.19	0.19	100	158
11 พ.ค. 61	0.16	0.19	0.2	0.2	100	179
10 พ.ค. 61	0.16	0.19	0.2	0.2	164	192
09 พ.ค. 61	0.16	0.19	0.2	0.2	233	197
08 พ.ค. 61	0.17	0.19	0.2	0.2	274	191
07 พ.ค. 61	0.17	0.19	0.19	0.19	355	179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
06 พ.ค. 61	0.17	0.17	0.18	0.18	335	164
05 พ.ค. 61	0.17	0.16	0.17	0.17	277	158
04 พ.ค. 61	0.16	0.15	0.17	0.17	280	147
03 พ.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.17	245	131
02 พ.ค. 61	0.13	-	0.17	0.17	176	128
01 พ.ค. 61	0.13	-	0.18	0.18	100	132
30 เม.ย. 61	0.13	0.16	0.17	0.17	100	125
29 เม.ย. 61	0.14	0.16	0.17	0.17	100	129
28 เม.ย. 61	0.15	0.16	0.18	0.18	105	123
27 เม.ย. 61	0.15	0.17	0.18	0.18	206	141
26 เม.ย. 61	0.16	0.17	0.19	0.19	194	139
25 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.19	230	143
24 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.18	0.2	238	184
23 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.18	0.2	263	197
22 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.2	286	127
21 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.2	206	118
20 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.2	187	114
19 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.23	165	116
18 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.23	100	120
17 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.23	100	117
16 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.19	0.22	100	110
15 เม.ย. 61	0.16	0.18	0.2	0.22	100	118
14 เม.ย. 61	0.17	0.18	0.19	0.22	100	116
13 เม.ย. 61	0.17	0.17	0.18	0.21	100	102
12 เม.ย. 61	0.17	0.17	0.18	0.21	100	115
11 เม.ย. 61	0.17	0.16	0.17	0.2	153	128
10 เม.ย. 61	0.16	0.16	0.17	0.2	164	119
09 เม.ย. 61	0.16	0.16	0.16	0.16	165	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
08 เม.ย. 61	0.15	0.16	0.17	0.21	182	132
07 เม.ย. 61	0.15	0.16	0.18	0.22	160	117
06 เม.ย. 61	0.14	0.16	0.18	0.21	158	105
05 เม.ย. 61	0.14	0.16	0.18	0.22	156	102
04 เม.ย. 61	0.14	0.16	0.18	0.22	100	95
03 เม.ย. 61	0.14	0.16	0.18	0.21	100	112
02 เม.ย. 61	0.15	0.16	0.18	0.22	100	112
01 เม.ย. 61	0.15	0.16	0.18	0.23	100	98
31 มี.ค. 61	0.15	0.16	0.18	0.21	100	107
30 มี.ค. 61	0.15	0.16	0.18	0.22	100	114
29 มี.ค. 61	0.15	0.17	0.18	0.22	100	117
28 มี.ค. 61	0.15	0.17	0.18	0.22	100	121
27 มี.ค. 61	0.15	0.17	0.18	0.22	100	141
26 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.22	100	142
25 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.22	100	139
24 มี.ค. 61	0.15	0.17	0.18	0.23	100	100
23 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.22	100	122
22 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.2	100	121
21 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.2	100	112
20 มี.ค. 61	0.14	0.16	0.17	0.19	100	108
19 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.19	100	124
18 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.19	100	127
17 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.19	100	132
16 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.2	100	140
15 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.16	0.2	100	137
14 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.2	113	151
13 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.16	0.19	123	159
12 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.16	0.19	121	171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
11 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.17	0.2	113	174
10 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.16	0.2	111	162
09 มี.ค. 61	0.12	0.14	0.16	0.19	112	158
08 มี.ค. 61	0.12	0.15	0.17	0.2	114	147
07 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.17	0.2	100	158
06 มี.ค. 61	0.13	0.15	0.17	0.2	132	162
05 มี.ค. 61	0.13	0.16	0.17	0.19	147	152
04 มี.ค. 61	0.14	0.15	0.17	0.2	177	145
03 มี.ค. 61	0.15	0.15	0.17	0.2	193	147
02 มี.ค. 61	0.15	0.16	0.18	0.22	198	143
01 มี.ค. 61	0.15	0.17	0.19	0.23	263	150
28 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	247	145
27 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.22	142	131
26 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.22	100	120
25 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.24	100	112
24 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.24	90	98
23 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.24	90	104
22 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	90	109
21 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	90	98
20 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	90	95
19 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	80	96
18 ก.พ. 61	0.16	0.18	0.21	0.24	80	102
17 ก.พ. 61	0.17	0.18	0.2	0.23	90	105
16 ก.พ. 61	0.17	0.18	0.2	0.23	90	107
15 ก.พ. 61	0.17	0.18	0.2	0.23	90	145
14 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	127
13 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	117
12 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
11 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	125
10 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	127
09 ก.พ. 61	0.16	0.19	0.21	0.24	90	120
08 ก.พ. 61	0.16	0.19	0.21	0.24	90	119
07 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.24	90	115
06 ก.พ. 61	0.17	-	0.21	0.25	90	127
05 ก.พ. 61	0.17	0.21	0.21	0.25	90	124
04 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.26	90	139
03 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.22	0.26	90	103
02 ก.พ. 61	0.17	0.19	0.21	0.26	90	100
01 ก.พ. 61	0.18	0.19	0.21	0.26	90	116
31 ม.ค. 61	0.18	0.2	0.21	0.23	90	103
30 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.22	0.26	90	136
29 ม.ค. 61	0.18	-	0.21	0.25	90	149
28 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.25	90	121
27 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.25	90	125
26 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.22	0.26	90	130
25 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.25	90	151
24 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.22	0.24	90	148
23 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.24	90	153
22 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.23	90	130
21 ม.ค. 61	0.18	0.19	0.21	0.23	90	133
20 ม.ค. 61	0.18	0.18	0.2	0.22	90	132
19 ม.ค. 61	0.19	0.17	0.2	0.21	90	117
18 ม.ค. 61	0.19	0.17	0.19	0.21	90	120
17 ม.ค. 61	0.19	0.16	0.18	0.21	90	129
16 ม.ค. 61	0.19	0.16	0.18	0.21	90	144
15 ม.ค. 61	0.17	0.16	0.18	0.2	90	146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี / ว/ด/ป	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	วัดไทรม้าเหนือ	ท่าน้ำนนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)
14 ม.ค. 61	0.16	0.16	0.18	0.2	100	181
13 ม.ค. 61	0.16	0.16	0.18	0.2	100	206
12 ม.ค. 61	0.15	0.16	0.17	0.2	100	193
11 ม.ค. 61	0.15	0.16	0.17	0.21	100	187
10 ม.ค. 61	0.15	0.15	0.18	0.2	100	174
09 ม.ค. 61	0.15	0.15	0.19	0.21	100	274
08 ม.ค. 61	0.15	0.16	0.19	0.22	100	190
07 ม.ค. 61	0.15	0.17	0.19	0.22	130	219
06 ม.ค. 61	0.16	0.18	0.2	0.23	154	293
05 ม.ค. 61	0.17	0.18	0.2	0.23	195	325
04 ม.ค. 61	0.17	0.18	0.21	0.24	187	337
03 ม.ค. 61	0.18	0.18	0.21	0.23	213	293
02 ม.ค. 61	0.19	0.18	0.22	0.24	130	295
01 ม.ค. 61	0.2	0.18	0.22	0.24	130	292

จากตารางข้อมูลย้อนหลัง ค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่เดือนมกราคม - พฤษภาคม 2561 เป็นตารางข้อมูลตัวอย่างส่วนหนึ่งที่ใช้ในการสร้างกราฟแสดงค่าความเค็มบริเวณโรงสูบน้ำประปา(สำแล) จ.ปทุมธานี ดังที่แสดงในรูปภาพที่ 2.8 (หน้า 12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้