

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208854



การประเมินคุณภาพน้ำลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา

โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

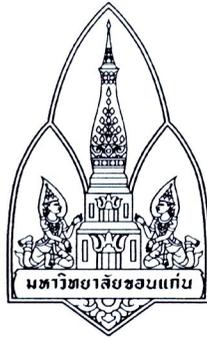
THE ASSESSMENT OF LAMTAKHONG RIVER QUALITY
WITHIN NAKHONRATCHASIMA PROVINCE
USING MATHEMATICAL MODEL

นางสาวอรลักษณ์ รามโกมุท

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553



การประเมินคุณภาพน้ำลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

THE ASSESSMENT OF LAMTAKHONG RIVER QUALITY
WITHIN NAKHONRATCHASIMA PROVINCE
USING MATHEMATICAL MODEL



นางสาวสรลักษณ์ รัมโกมุต

วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธาณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

การประเมินคุณภาพน้ำลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นางสาวสรลักษณ์ รามโกมุท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

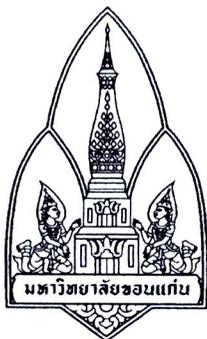
พ.ศ. 2553

**THE ASSESSMENT OF LAMTAKHONG RIVER QUALITY
WITHIN NAKHONRATCHASIMA PROVINCE
USING MATHEMATICAL MODEL**

MISS SORRALUK RAMAKOMUT

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF PUBLIC HEALTH
IN ENVIRONMENTAL HEALTH
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

2010



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
สาขารณศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การประเมินคุณภาพน้ำลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ : นางสาวสรลัทภณีย์ รามโกมุท

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ :	ดร. ชัชชาย แจ่มใส	ประธานกรรมการ
	ศศ.ดร. กาญจนिता ครองธรรมชาติ	กรรมการ
	ดร. สมชาย คารารัตน์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : 
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนिता ครองธรรมชาติ)



.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



.....
(รองศาสตราจารย์พิชญ์ อุตตะมะเวทิน)
คณบดีคณะสาขารณศาสตร

สรลักษ์ณ์ รามโกมุท. 2553. การประเมินคุณภาพน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนिता ครองธรรมชาติ

บทคัดย่อ

208854

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ QUAL2K และหาคักยภาพในการรองรับมลพิษแม่น้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา
เริ่มจากท้ายเขื่อนลำตะคองไปสิ้นสุดที่บ้านกันผม ความยาว 123.1 กิโลเมตร โดยเบื้องต้นศึกษาและ
รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ และข้อมูลคุณภาพน้ำ
จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาปรับเทียบ (Calibration) และตรวจสอบความถูกต้อง (Verification)
ของตัวแปรในโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2K จากนั้นทำการคาดการณ์คุณภาพน้ำใน
สถานะวิกฤตในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ.2561 และการประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษ
ของลำตะคอง

การปรับเทียบทางชลศาสตร์และคุณภาพน้ำลำตะคอง พบว่าอัตราการไหลอยู่ระหว่าง
24.97–30.00 ลูกบาศก์เมตร/วินาที มีระดับน้ำอยู่ระหว่าง 2.50-3.16 เมตร อัตราเร็วอยู่ระหว่าง 0.58–
0.99 เมตร/วินาที อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.48–29.32 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง
430.20–510.50 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.43–7.70 ออกซิเจน
ละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 3.00–4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี
มีค่าอยู่ในระหว่าง 2.57–2.92 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อแบ่งคุณภาพน้ำลำตะคองโดยใช้มาตรฐาน
คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินพบว่า ลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา ช่วงต้นน้ำคุณภาพน้ำจัดอยู่ในแหล่งน้ำ
ประเภท 3 และช่วงที่ไหลผ่านเทศบาลนครนครราชสีมา คุณภาพน้ำจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 4

การคาดการณ์คุณภาพน้ำลำตะคองในช่วงวิกฤต ในปี พ.ศ.2556 และปี พ.ศ.2561 พบว่า
ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.72–4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3.68–4.00
มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความเข้มข้นของออกซิเจนทางชีวเคมี มีค่าอยู่ระหว่าง 2.50–2.79
มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2.48 - 2.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อแบ่งคุณภาพน้ำลำตะคองโดยใช้
มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินพบว่า ลำน้ำลำตะคอง ในช่วงที่ทำการศึกษา จัดอยู่ในแหล่งน้ำ
ประเภท 4

208854

การประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า
ความสามารถในการรองรับมลพิษสารอินทรีย์ ในปี พ.ศ.2556 สามารถในการรองรับมลพิษ
สารอินทรีย์ในช่วงลำน้ำที่ทำการศึกษา เท่ากับ 6,795.06 กิโลกรัมต่อวัน และ ปี พ.ศ. 2561
สามารถในการรองรับมลพิษสารอินทรีย์ เท่ากับ 6,938.37 กิโลกรัม

Sorralluk Ramakomut. 2010. *The Assessment of Lamtakhong River Quality within Nakhonratchasima Province Using Mathematical Model*. Master of Public Health Thesis in Environmental Health, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr.Kannittha Krongthamchat

ABSTRACT

208854

The aim of this research was to assess the water quality of the Lamtakhong River by using mathematical model (QUAL2K) and to estimate the competency of its carrying capacity in Nakhonratchasima province. The study areas started at the end of the Lamtakhong dam to Ban kunphom. The total distances of study area was 123.1 km. The first step of this research was to collect the hydrological data, the meteorological data, the point sources and water quality data. The follow step was to calibrate and verify the data and variable in QUAL2K mathematical model. The final step was to forecasted the water quality and BOD loading capacity at the critical condition of the Lamtakhong River for the year 2013 and 2018.

The result from the calibration of hydrology and water quality showed that the velocity, water flow rate and water level were between 24.97–30.00 cubic meter per second, 0.58–0.99 meter per second and 2.50–3.16 meters, respectively. The temperature was between 27.48–29.32°C. The conductivity was between 430.20–510.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The pH was between 6.43–7.70. The dissolved oxygen (DO) and the biochemical oxygen demand (BOD) were between 3.00–4.00 mg/l. and 2.57–2.92 mg/l., respectively. Consequently, it indicated that the water quality of upstream Lamtakhong River could classified as tier 3 of the surface water quality standard. However, when the river flew through Nakhonratchasima municipality, the water quality was classisified as tire 4 of the surface water quality standard.

In the 2013 and 2018 , the mathematical model showed that at the critical condition the DO concentration had a value between 3.72–4.00 mg/l and 3.68–4.00 mg/l, respectively. Also the BOD concentration were 2.50-2.72 mg/l and 2.48–2.80 mg/l, respectively. The Lamtakhong River quality was classified as tier 4 of the surface water quality standard.

208854

The evaluation of the carrying capacity of Lamtakhong River indicated that it had a capacity to receive BOD loading at the end of the lamtakhong dam and Ban kunphom in 2013 and 2018 about 6,795.06 kg/day and 6,938.37 kg/day, respectively.

สิ่งตีพิมพ์ของผลงานวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบให้แด่บุพการีและคณาจารย์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนिता ครองธรรมชาติ ดร. สมชาย ดารารัตน์ และ ดร. ชัชชาย แจ่มใส ซึ่งได้ชี้แนะ และให้คำปรึกษาในการดำเนินการวิจัย รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง และขอคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เพื่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์พร้อมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ และเจ้าหน้าที่ สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 11 นครราชสีมาทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไป ลักษณะทางภูมิศาสตร์ และคุณภาพน้ำของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนล่าง และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง กรมชลประทาน จังหวัดนครราชสีมา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูลอุทกศาสตร์ และผู้อำนวยการอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครราชสีมาที่ให้ข้อมูลด้านอุณหภูมิตemperatur ความชื้น ฯลฯ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกคน ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องแก้ว ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และความช่วยเหลือและกำลังใจ สำหรับการทําวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ หลักสูตรอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณสฐิพงษ์-คุณลดาวัลย์ รามโกมุท นายฐาปนพงษ์ รามโกมุท และพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ จนทำให้การทําวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สรลักษ์ณ์ รามโกมุท

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. คำถามวิจัย	2
3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
4. ขอบเขตของการวิจัย	3
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1. คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ	4
2. คุณลักษณะของน้ำ	5
3. โครงสร้างของมลพิษน้ำ	22
4. มลพิษทางน้ำ	27
5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	33
6. สภาพทั่วไปของลำตะคอง	42
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	49
1. รูปแบบการวิจัย	49
2. พื้นที่ทำศึกษา	49
3. วิธีการศึกษา	50
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปราย	57
1. ช่วงลำน้ำในการศึกษา	57
2. การประเมินด้านชลศาสตร์ของแม่น้ำลำตะคอง	59
3. การประเมินคุณภาพน้ำของลำตะคอง	62
4. การคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	72
1. ผลการศึกษาด้านชลศาสตร์ และคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง	72
2. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2K ศึกษาคุณภาพน้ำ ลำตะคอง ปี 2556 และปี 2561	73
3. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา	74
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	80
ภาคผนวก ข รูปตัดขวางลำตะคองและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตรา การไหลกับระดับน้ำ	84
ภาคผนวก ค การหาค่าสัมประสิทธิ์ทางชลศาสตร์	90
ภาคผนวก ง อัตราการไหล ระดับ พื้นที่หน้าตัด และอัตราเร็วของลำตะคอง ของสถานีอุทกวิทยา	97
ภาคผนวก จ วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	101
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	114
ภาคผนวก ช ข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	118
ภาคผนวก ซ ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำ ในแม่น้ำพอง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล และลำตะคอง	122
ภาคผนวก ฌ ประมาณการประชากรและปริมาณน้ำเสียชุมชนในอนาคต	126
ประวัติผู้เขียน	133

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำประเภทต่าง ๆ	17
ตารางที่ 2	อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน	28
ตารางที่ 3	อัตราการการเกิดน้ำเสียแบ่งตามขนาดของชุมชนในระยะ 20 ปี	28
ตารางที่ 4	คุณสมบัติของน้ำเสียที่ถ่ายทิ้งสู่แหล่งน้ำ	29
ตารางที่ 5	การประเมินภาระมลพิษจากน้ำเสียชุมชน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2549	29
ตารางที่ 6	ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ	30
ตารางที่ 7	แสดงสิ่งปลูกสร้างขวางทางน้ำบนลำตะคอง จากท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึง เขื่อนระบายน้ำกันผม	43
ตารางที่ 8	แสดงข้อมูลทางอุตุนิยมิวิทยา	43
ตารางที่ 9	แสดงผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำ ในแต่ละสถานี	59
ตารางที่ 10	แสดงผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างอัตราการไหลกับอัตราเร็ว ในแต่ละสถานี	60
ตารางที่ 11	ความสามารถในการรองรับมลสารในรูปความเข้มข้นของออกซิเจน ทางชีวเคมี	71
ตารางที่ 12	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	81
ตารางที่ 13	แสดงอัตราการไหล ระดับ พื้นที่หน้าตัด และอัตราเร็วของลำตะคอง ของสถานี M164 ปี พ.ศ. 2550-2551	98
ตารางที่ 14	แสดงอัตราการไหล ระดับ พื้นที่หน้าตัด และอัตราเร็วของน้ำลำตะคอง ของสถานี M177 ปี พ.ศ. 2549-2551	99
ตารางที่ 15	แสดงอัตราการไหล ระดับ พื้นที่หน้าตัด และอัตราเร็วของน้ำลำตะคอง ของสถานี M189 ปี พ.ศ.2551	100
ตารางที่ 16	MPN Index and 95 Percent Confidence Limits for Various Combination of Position and Negative Results When Five 10-ML Portions, Five 1-ML Portions and Five 0.1-ML Portion are Used	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 17	สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2549	115
ตารางที่ 18	สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550	116
ตารางที่ 19	สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2551	117
ตารางที่ 20	แสดงผลคุณภาพน้ำลำตะคอง ปี 2549	119
ตารางที่ 21	แสดงผลคุณภาพน้ำลำตะคอง ปี 2550	120
ตารางที่ 22	แสดงผลคุณภาพน้ำลำตะคอง 2551	121
ตารางที่ 23	แสดงจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ ตั้งแต่ปี 2546-2550	128
ตารางที่ 24	แสดงจำนวนประชากรปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี ปี 2549	130
ตารางที่ 25	แสดงจำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี ปี 2556	131
ตารางที่ 26	แสดงจำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี ปี 2561	132

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของบีโอดีเมื่อเทียบกับเวลา	13
ภาพที่ 2	แสดงการเปลี่ยนค่า %อิมตัวของดีไอในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์เจือปน	15
ภาพที่ 3	การเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (วัน) ตามระดับความลึกและอัตราเร็ว	19
ภาพที่ 4	แสดงกระบวนการหลักในการสร้างแบบจำลองของระบบ	36
ภาพที่ 5	หลักการแบ่งช่วงลำน้ำของแบบจำลอง QUAL2K	40
ภาพที่ 6	กระบวนการดำเนินการวิจัยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำ	50
ภาพที่ 7	การแบ่งช่วงลำน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึงเขื่อนระบายน้ำกันผม	58
ภาพที่ 8	อัตราการไหลของลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา	61
ภาพที่ 9	ระดับน้ำของลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา	61
ภาพที่ 10	อัตราเร็วของลำตะคองในจังหวัดนครราชสีมา	62
ภาพที่ 11	อุณหภูมิของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง	63
ภาพที่ 12	ค่าการนำไฟฟ้าของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง	64
ภาพที่ 13	ค่าความเป็นกรด-ด่างของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง	64
ภาพที่ 14	ออกซิเจนละลายน้ำของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง	65
ภาพที่ 15	ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง	66
ภาพที่ 16	ค่า Pathogen ของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมาเปรียบเทียบกับ การตรวจวัดจริง	67
ภาพที่ 17	ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา	68
ภาพที่ 18	ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 19	ความเข้มข้นของออกซิเจนทางชีวเคมี ของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2556	69
ภาพที่ 20	ความเข้มข้นของออกซิเจนทางชีวเคมี ของลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ.2561	70
ภาพที่ 21	รูปตัดขวางลำตะคอง (M177) ปี พ.ศ.2551	85
ภาพที่ 22	รูปตัดขวางลำตะคอง (M164) ปี พ.ศ. 2551	85
ภาพที่ 23	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M177) ปี พ.ศ. 2549	86
ภาพที่ 24	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M177) ปี พ.ศ. 2550	86
ภาพที่ 25	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M177) ปี พ.ศ. 2551	87
ภาพที่ 26	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M164) ปี พ.ศ. 2549	87
ภาพที่ 27	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M164) ปี พ.ศ. 2550	88
ภาพที่ 28	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M164) ปี พ.ศ. 2551	88
ภาพที่ 29	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำลำตะคอง (M189) ปี พ.ศ. 2551	89
ภาพที่ 30	รูปกราฟอัตราไหลกับระดับน้ำ	91
ภาพที่ 31	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำ	92
ภาพที่ 32	เส้นรีเกรซชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำ	93
ภาพที่ 33	รูปตัดขวาง	95
ภาพที่ 34	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอัตราเร็ว	95
ภาพที่ 35	เส้นรีเกรซชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอัตราเร็ว	96