

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208814



การประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำชีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw  
CHI RIVER'S QUALITY ASSESSMENT BY QUAL2KW MATHEMATICAL MODEL

นายกันประนาศ ทองศรีชัย

บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

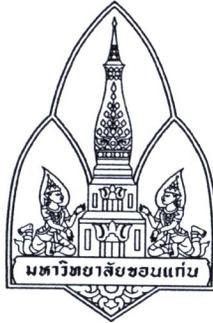
พ.ศ. 2554

600256861

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208814



การประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำชีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw  
CHI RIVER'S QUALITY ASSESSMENT BY QUAL2KW MATHEMATICAL MODEL



นายกำปะนาท ทองสังข์

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

การประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำชีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw

นายกำปะนาท ทองสังข์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

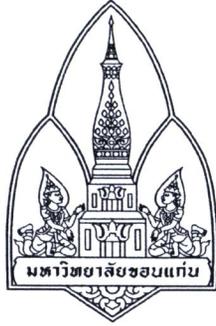
พ.ศ. 2554

**CHI RIVER'S QUALITY ASSESSMENT BY QUAL2KW MATHEMATICAL MODEL**

**MR. GUMPANAT TONGSUNC**

**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**

**2011**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หลักสูตร

สาขารณศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์: การประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำชี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายกัมปะนาท ทองสังข์

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

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

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

  
.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่่นมาชัย)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

  
.....  
(รองศาสตราจารย์พิชญ์ อุตตะมะเวทิน)  
รักษาราชการแทนคณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

กัมปะนาท ทองสังข์. 2554. การประเมินคุณภาพน้ำแม่ น้ำชี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

QUAL2Kw. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานาแม่

สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนิกา ครองธรรมชาติ

## บทคัดย่อ

208814

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินและวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่ น้ำชี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw รวมทั้งคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต เริ่มตั้งแต่บริเวณบ้านโนนเปลือย ตำบลตลาดแร่ อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ จนถึงบ้านท่าพระ ตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รวมระยะทางประมาณ 326.94 km โดยพารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี และปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ผลการเปรียบเทียบระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่ น้ำชี ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw สามารถจำลองลักษณะการไหลของน้ำกับค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำของสำนักชลประทานที่ 6 ในปี พ.ศ. 2550 พบว่า อัตราการไหลของน้ำอยู่ในช่วง 0.83 - 2.76 m<sup>3</sup>/s ระดับน้ำอยู่ในช่วง 1.77-3.97 m และความเร็วของกระแสอยู่ในช่วง 0.01-0.06 m/s ผลการเปรียบเทียบค่าคุณภาพน้ำในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw กับข้อมูลคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2552 พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.98-30.25 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.56-7.96 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 109.63-119.00 µs/cm ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.38-7.40 mg/l ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีอยู่ในช่วง 1.31-2.97 mg/l และปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 0.00-111.43 CFU/100 ml การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากตัวแปรของแบบจำลองคุณภาพน้ำแม่ น้ำ โดยการเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศในแหล่งน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์ Coefficients ของความลึกของน้ำ มีค่าความอ่อนไหวต่อแบบจำลองในระดับสูง และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างลักษณะการไหลของน้ำและคุณภาพน้ำเฉลี่ยจากภาคสนามกับลักษณะการไหลของน้ำและคุณภาพน้ำที่ได้จากแบบจำลองในวันดังกล่าว พบว่า มีความสอดคล้องกัน

208814

สำหรับผลการคาดการณ์คุณภาพน้ำของแม่น้ำชีในช่วงภาวะน้ำวิกฤต ในช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2557) 10 ปี (พ.ศ. 2562) และ 15 ปี (พ.ศ. 2567) ข้างหน้า พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในช่วง 1.71-7.40, 1.72-7.40 และ 1.73-7.40 mg/l ตามลำดับ ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี อยู่ในช่วง 1.87-5.51, 1.87-5.10 และ 1.87-5.06 mg/l ตามลำดับ เมื่อแบ่งคุณภาพน้ำ แม่น้ำชีโดยใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำชีอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 และ 4

Gumpanat Tongsung. 2011. **Chi River's Quality Assessment by QUAL2Kw Mathematic**

**Model.** Master of Public Health Thesis in Environmental Health, Graduate School,  
Khon Kaen University.

**Thesis Advisor:** Asst. Prof. Dr. Kannitha Krongthamchat

## ABSTRACT

208814

The study aimed to assess and analyse water quality of Chi River by QUAL2Kw mathematical model and also to forecast Chi River's water quality in the future. The study area located between Ban Nonpleay, Tambon Talat Raeng, Amphor Ban Khwao, Chaiyaphum Province and Ban Tapra, Tambon Tapra, Amphor Muang, Khon Kaen Province. The total distances were 326.94 km. The study parameters including Temperature, pH, Conductivity Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Fecal Coliform Bacteria (FCB) were examined.

The result from water level and flow calibration of Chi River in QUAL2Kw correlated well with those field measurements by the Royal Irrigation Department Office 6 in the year 2007. The velocities, water flow rates and water levels were between 0.83-2.76 cubic meters per second, 1.77-3.97 meters per second and 0.01-0.06 meter, respectively. The water quality parameters in QUAL2Kw were compared with those observed by Regional Environment Office 10 during the year 2005 and 2009. The temperature was between 29.98-30.25 °C. The pH was between 7.56 - 7.96. The conductivity was between 109.63-119.00  $\mu\text{s/cm}$ . The dissolved oxygen, the biochemical oxygen demand and the fecal coliform bacteria were between 5.38-7.40 mg/l, 1.31-2.97 mg/l and 0.00-111.43 CFU/100 ml, respectively. The sensitivity analysis was the tool to identify the parameter of the river water quality model. By 20% increase or decrease variables, it was found that the reaeration and depth coefficients had high sensitivity. For the model verification, the hydraulic and water quality data from field survey and QUAL2Kw were compared. The result showed that all simulated hydraulics and water quality parameters have good agreement with field data.

208814

For prediction of water quality at the critical condition in the next 5 years (2014), the result indicated that the values of DO and BOD were between 1.71-7.40 and 1.87-5.51 mg/l, respectively. In the next 10 years (2019), the model also forecasted that the values of DO and BOD were between 1.72-7.40 and 1.87-5.10 mg/l, respectively. In the next 15 years (2024), the model also pointed that the values of DO and BOD were between 1.73-7.40 and 1.87-5.06 mg/l, respectively. The water quality of the Chi River at the study area was set as class 3 and class 4 of surface water quality standard.

สิ่งตีพิมพ์ของผลงานวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบให้แด่บุพการีและคณาจารย์

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยที่ได้รับความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนิกา ครองธรรมชาติ ดร. สมชาย คารารัตน์ และ ดร. ชัชชาย แจ่มใส ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง และขอคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เพื่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์พร้อมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่นทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปลักษณะทางภูมิศาสตร์ และคุณภาพน้ำของแม่น้ำชี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอุทกศาสตร์ และผู้อำนวยการกรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ให้ข้อมูลด้านอุณหภูมิตemperatur ความชื้น ฯลฯ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกคน ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และความช่วยเหลือและกำลังใจ สำหรับการทําวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ หลักสูตรอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณดีและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ คุณแม่กวยทองสังข์ รวมถึงพี่น้องร่วมบิดามารดาเดียวกันที่คอยสั่งสอน ห่วงใย เป็นกำลังใจ และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิตของข้าพเจ้า และหากมีข้อบกพร่องประการใด ๆ ผู้วิจัยขอนอบรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

กัมปะนาท ทองสังข์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. คำถามการวิจัย	2
3. วัตถุประสงค์	2
4. ขอบเขตของการวิจัย	2
5. นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1. สภาพทั่วไปของแม่น้ำชี	5
2. มลพิษทางน้ำและประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ	7
3. คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน	10
4. ดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษา	14
5. Dissolved Oxygen Sag Curve หรือ DO Sag Curve	17
6. แบบจำลอง	19
7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw	27
8. ประโยชน์และการประยุกต์ใช้แบบจำลอง	39
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
10. กรอบแนวคิด	48
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	49
1. รูปแบบการวิจัย	49
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	49

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	49
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	64
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	67
1. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw	67
2. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw	91
3. ผลการคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต	105
4. ประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษ	109
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	111
1. สรุปผลการศึกษา	111
2. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา	113
เอกสารอ้างอิง	115
ภาคผนวก	121
ภาคผนวก ก ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ – m.MSL ของรูปตัดลำน้ำ	123
ภาคผนวก ข อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแส ของสถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำของสำนักงาน ชลประทานที่ 6	137
ภาคผนวก ค อุณหภูมิ จุดน้ำค้าง ความเร็วลม ปริมาณเมฆ และระยะเวลา ของแสงแดด	153
ภาคผนวก ง คุณภาพน้ำของแม่น้ำชี ปี 2548-2552	161
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน	167
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	175
ภาคผนวก ช ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำ ในแม่น้ำพอง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล และลำตะคอง	179
ภาคผนวก ซ การคาดการณ์ประชากรในอนาคต	183
ภาคผนวก ฌ ประมาณการปริมาณน้ำเสียจากชุมชนในอนาคต	191
ภาคผนวก ฎ คู่มือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2Kw	205
ประวัติผู้เขียน	217

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	อัตราการเกิดน้ำเสียแบ่งตามภาค ปี พ.ศ. 2536-2660	8
ตารางที่ 2	อัตราการเกิดน้ำเสียแบ่งตามขนาดของชุมชนในระยะ 20 ปี	8
ตารางที่ 3	คุณสมบัติของน้ำเสียที่ถ่ายทิ้งสู่แหล่งน้ำ	9
ตารางที่ 4	อัตราการเกิดน้ำเสียและอัตราการ BOD ที่ผลิตจากปศุสัตว์	10
ตารางที่ 5	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำแม่น้ำชี ปี พ.ศ. 2547-2549	13
ตารางที่ 6	ค่าต่ำสุด - สูงสุดของคุณภาพน้ำแม่น้ำชี ปี พ.ศ. 2550-2551	13
ตารางที่ 7	คุณภาพน้ำแม่น้ำชี จุดที่ 1 บ้านปากห้วยเค็ด ตำบลคูเมือง อำเภอบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ และจุดที่ 2 บ้านกุดเวียง ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ	14
ตารางที่ 8	ค่า Exponent ของสมการ Rating Curves ที่ใช้ในการคำนวณจากความเร็วของกระแสน้ำและระดับของน้ำจากข้อมูลการไหลของน้ำ	32
ตารางที่ 9	พิกัดของสถานีตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ (Discharge) ความเร็วของกระแสน้ำ (Velocity) และระดับน้ำ (Water Level)	50
ตารางที่ 10	สถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา	52
ตารางที่ 11	การแบ่งช่วงลำน้ำ (Reach) ของแม่น้ำชี	53
ตารางที่ 12	จำนวนประชากร ปริมาณของเสีย Loading ของความสกปรก และการไหลแยกตาม Reach	55
ตารางที่ 13	อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยเดือนมีนาคม 2550	56
ตารางที่ 14	คุณภาพน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ CI12 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น เฉลี่ยเดือนมีนาคม ในปี พ.ศ. 2548-2552	56
ตารางที่ 15	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยเดือนมีนาคมของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น ในแม่น้ำชีตอนบน ปี พ.ศ.2548-2552	57
ตารางที่ 16	ค่าพารามิเตอร์ในเรื่องของแสงและความร้อน	58
ตารางที่ 17	ค่าคงที่ที่ใช้ในการประเมินมลพิษในแม่น้ำชี	59
ตารางที่ 18	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ระยะต่าง ๆ	61
ตารางที่ 19	ภาชนะและขนาดภาชนะ การรักษาสภาพตัวอย่าง และระยะเวลาที่สามารถเก็บไว้ก่อนการวิเคราะห์ จำแนกตามพารามิเตอร์	62

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 20	วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและหน่วยการวัดตัวแปร จำแนกพารามิเตอร์ที่ศึกษา	62
ตารางที่ 21	ค่า Coefficients (a) และ Exponent (b) ของระดับน้ำ	67
ตารางที่ 22	ค่า Coefficients (a) และ Exponent (b) ของความเร็วของกระแส	70
ตารางที่ 23	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลของน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	73
ตารางที่ 24	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	74
ตารางที่ 25	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	75
ตารางที่ 26	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	77
ตารางที่ 27	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่า pH ของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า pH เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	78
ตารางที่ 28	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่า Conductivity ของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า Conductivity เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	79
ตารางที่ 29	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่า DO จากการปรับค่า $K_d(20)$ จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า DO เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	80
ตารางที่ 30	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่า BOD จากการปรับค่า $K_{dc}$ จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า BOD เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	81

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 31	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่า FCB จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า FCB เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	82
ตารางที่ 32	ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) ของค่าพยากรณ์กับค่าที่วัดจริงในการปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw	83
ตารางที่ 33	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ Depth Coefficient ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	84
ตารางที่ 34	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ Depth Exponent ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	85
ตารางที่ 35	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ Velocity Coefficient ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	86
ตารางที่ 36	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ Velocity Exponent ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	87
ตารางที่ 37	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ Headwater Flow ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	88
ตารางที่ 38	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ $K_d(20)$ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	89
ตารางที่ 39	ผลการศึกษา Sensitivity Analysis โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของ $K_{dc}$ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	90
ตารางที่ 40	ลำดับผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรร้อยละ 20 ของพารามิเตอร์	91

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 41	ข้อมูลลักษณะการไหลของน้ำของสถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	92
ตารางที่ 42	ร้อยละของความแตกต่างอัตราการไหลของน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	93
ตารางที่ 43	ร้อยละของความแตกต่างระดับน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	94
ตารางที่ 44	ร้อยละของความแตกต่างของความเร็วของกระแส น้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	95
ตารางที่ 45	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม และห้องปฏิบัติการ ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	96
ตารางที่ 46	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	97
ตารางที่ 47	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างความเป็นกรด-ด่าง จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนามในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	98
ตารางที่ 48	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าการนำไฟฟ้า จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	100
ตารางที่ 49	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างออกซิเจนละลายน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	101
ตารางที่ 50	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี จากแบบจำลองQUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	102
ตารางที่ 51	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างปริมาณพีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	103

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 52	ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) ของค่าพยากรณ์กับค่าที่ วัดจริง ในการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง QUAL2Kw	104
ตารางที่ 53	ความสามารถในการรองรับมลสารในรูปของปริมาณความต้องการ ออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)	110
ตารางที่ 54	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E5 แนวสำรวจปริมาณน้ำ ปี พ.ศ. 2548	125
ตารางที่ 55	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E5 แนวสำรวจปริมาณน้ำ ปี พ.ศ. 2549	126
ตารางที่ 56	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E5 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2550-2551	127
ตารางที่ 57	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E23 แนวสำรวจปริมาณน้ำ ปี พ.ศ. 2548-2549	128
ตารางที่ 58	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E23 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2550-2551	129
ตารางที่ 59	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E21 แนวสำรวจปริมาณน้ำ ปี พ.ศ. 2548-2549	130
ตารางที่ 60	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E21 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2550-2551	131
ตารางที่ 61	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E9 แนวสำรวจปริมาณน้ำ ปี พ.ศ. 2548	132
ตารางที่ 62	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E9 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2549	133
ตารางที่ 63	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E9 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2550	134
ตารางที่ 64	ระยะทาง (m) และระดับพื้นที่ - m.MSL ของรูปตัดลำน้ำสถานี E9 แนวสำรวจปริมาณน้ำปี พ.ศ. 2551	135

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 65	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E5 ปี พ.ศ. 2548- 2549	141
ตารางที่ 66	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E5 ปี พ.ศ. 2550- 2551	142
ตารางที่ 67	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E23 ปี พ.ศ. 2548- 2549	143
ตารางที่ 68	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E23 ปี พ.ศ. 2550- 2551	144
ตารางที่ 69	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E21 ปี พ.ศ. 2548	145
ตารางที่ 70	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E21 ปี พ.ศ. 2549	146
ตารางที่ 71	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E21 ปี พ.ศ. 2550	147
ตารางที่ 72	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E21 ปี พ.ศ. 2551	148
ตารางที่ 73	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E9 ปี พ.ศ. 2548	149
ตารางที่ 74	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E9 ปี พ.ศ. 2549	150
ตารางที่ 75	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E9 ปี พ.ศ. 2550-2551	151
ตารางที่ 76	อัตราการไหล ระดับน้ำ พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของกระแสน้ำแม่น้ำชี ของสถานี E9 ปี พ.ศ. 2551	152
ตารางที่ 77	อุณหภูมิอากาศรายเดือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำชีตอนบน ปี พ.ศ. 2548-2552	155
ตารางที่ 78	อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างแข็งรายเดือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำชีตอนบน ปี พ.ศ. 2548-2552	157

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 79	ความเร็วลมรายเดือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำชีตอนบน ปี พ.ศ. 2548-2552	158
ตารางที่ 80	ปริมาณเมฆปกคลุมรายเดือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำชีตอนบน ปี พ.ศ. 2548-2552	159
ตารางที่ 81	ระยะเวลาของแสงแดดรายเดือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำชีตอนบน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2552	160
ตารางที่ 82	คุณภาพน้ำแม่น้ำชีของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น ปี 2548-2549	163
ตารางที่ 83	คุณภาพน้ำแม่น้ำชีของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น ปี 2550-2551	164
ตารางที่ 84	คุณภาพน้ำแม่น้ำชีของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น ปี 2552	165
ตารางที่ 85	มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	177
ตารางที่ 86	ข้อมูลของประชากรแยกชาย พ.ศ. และสมการที่ใช้ในการคาดการณ์ ประชากรในอนาคต โดยใช้ปี พ.ศ. 2552 เป็นปีฐาน	188
ตารางที่ 87	จำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี 2552	193
ตารางที่ 88	จำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี 2557	196
ตารางที่ 89	จำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี 2562	199
ตารางที่ 90	จำนวนประชากร ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกในรูปบีโอดี 2567	202

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ปี พ.ศ. 2549 -2551	11
ภาพที่ 2	คุณภาพน้ำแหล่งน้ำจืดช่วงฤดูน้ำน้อย และช่วงฤดูน้ำมาก	12
ภาพที่ 3	Streeter-Phelps DO Sag Curve	18
ภาพที่ 4	การแบ่งลำน้ำในแบบจำลอง QUAL2Kw	29
ภาพที่ 5	Reach Flow Balance	30
ภาพที่ 6	ลักษณะของ Non-Point Source Flow ที่เข้าสู่ Reach	31
ภาพที่ 7	Mass Balance	33
ภาพที่ 8	อัตราการเติมอากาศ ( $d^1$ ) โดยขึ้นกับความลึก (Depth) และความเร็ว (Velocity)	36
ภาพที่ 9	Heat Balance	39
ภาพที่ 10	จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำชีของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	51
ภาพที่ 11	การแบ่งช่วงลำน้ำแม่น้ำชี ที่ไหลผ่าน ณ สถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำ E5 ถึงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ CI9	54
ภาพที่ 12	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับระดับน้ำ (m) ( $\log H$ ) สถานี E5 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	68
ภาพที่ 13	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับระดับน้ำ (m) ( $\log H$ ) สถานี E23 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	68
ภาพที่ 14	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับระดับน้ำ (m) ( $\log H$ ) สถานี E21 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	69
ภาพที่ 15	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับระดับน้ำ (m) ( $\log H$ ) สถานี E9 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	69
ภาพที่ 16	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับความเร็วของกระแสน้ำ (m/s) ( $\log U$ ) สถานี E5 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	70
ภาพที่ 17	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับความเร็วของกระแสน้ำ (m/s) ( $\log U$ ) สถานี E23 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	71
ภาพที่ 18	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับความเร็วของกระแสน้ำ (m/s) ( $\log U$ ) สถานี E21 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	71

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
ภาพที่ 19	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ( $m^3/s$ ) ( $\log Q$ ) กับความเร็วของกระแสน้ำ ( $m/s$ ) ( $\log U$ ) สถานี E9 สำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	72
ภาพที่ 20	อัตราการไหลของน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	73
ภาพที่ 21	ระดับน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	74
ภาพที่ 22	ความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น	75
ภาพที่ 23	อุณหภูมิของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	76
ภาพที่ 24	ค่า pH ของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า pH เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	77
ภาพที่ 25	ค่า Conductivity ของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า Conductivity เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	78
ภาพที่ 26	ค่า DO จากการปรับค่า $K_d(20)$ จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับ DO เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	79
ภาพที่ 27	ค่า BOD จากการปรับค่า $K_{dc}$ จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับ BOD เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	80
ภาพที่ 28	ค่า FCB ของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับค่า FCB เฉลี่ยในช่วงภาวะน้ำวิกฤตของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 จังหวัดขอนแก่น	82
ภาพที่ 29	อัตราการไหลของน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	93
ภาพที่ 30	ระดับน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	94

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
ภาพที่ 31	ความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลอง QUAL2Kw ปรึบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานชลประทานที่ 6 จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	95
ภาพที่ 32	อุณหภูมิของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนามในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	97
ภาพที่ 33	ค่าความเป็นกรด-ด่างของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	98
ภาพที่ 34	ค่าการนำไฟฟ้าของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	99
ภาพที่ 35	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแม่น้ำชีจากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	100
ภาพที่ 36	ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีของแม่น้ำชี จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	101
ภาพที่ 37	ปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียของแม่น้ำชี จากแบบจำลอง QUAL2Kw เปรียบเทียบกับการออกภาคสนาม ในวันที่ 7 กรกฎาคม 2553	103
ภาพที่ 38	อุณหภูมิของแม่น้ำชี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567	106
ภาพที่ 39	ค่าความเป็นกรด-ด่างของแม่น้ำชี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567	106
ภาพที่ 40	ค่าการนำไฟฟ้าของแม่น้ำชี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567	107
ภาพที่ 41	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแม่น้ำชี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567	108
ภาพที่ 42	ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีของแม่น้ำชี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567	109
ภาพที่ 43	ตัวอย่างการหาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำโดยใช้โปรแกรม Xsection Plot	140
ภาพที่ 44	ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม Curve Fit 1.3	186
ภาพที่ 45	แผ่นงาน QUAL2Kw	207
ภาพที่ 46	แผ่นงาน Headwater	208
ภาพที่ 47	แผ่นงาน Reach (ช่วงลำน้ำ)	208
ภาพที่ 48	แผ่นงาน Reach (Rating Curves)	209
ภาพที่ 49	แผ่นงาน Reach Rates	209

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 50 แผ่นงาน Air Temperature	210
ภาพที่ 51 แผ่นงาน Dew Point Temperature	210
ภาพที่ 52 แผ่นงาน Wind speed	211
ภาพที่ 53 แผ่นงาน Cloud Cover	211
ภาพที่ 54 แผ่นงาน Shade	211
ภาพที่ 55 แผ่นงาน Light and Heat	212
ภาพที่ 56 แผ่นงาน Point Sources	212
ภาพที่ 57 แผ่นงาน Rates	213
ภาพที่ 58 แผ่นงาน Hydraulics Data	213
ภาพที่ 59 แผ่นงาน Temperature Data	214
ภาพที่ 60 แผ่นงาน Water Quality Data	214
ภาพที่ 61 แผ่นงาน Hydraulics Summary	215
ภาพที่ 62 แผ่นงาน Temperature Output	215
ภาพที่ 63 แผ่นงาน Water Quality Output	215
ภาพที่ 64 แผ่นงานกราฟ Flow	216