



วิทยานิพนธ์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีโอและบีโอดีในแม่น้ำปิงตอนบนโดย
การประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP

**The Study on Variation of Dissolved Oxygen and Biochemical
Oxygen Demand in the Upper Ping River by an Application of
WASP Model**

นายสรายุทธ จำรัสศรี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีไอและบีโอดีในแม่น้ำปิงตอนบนโดยการประยุกต์ใช้
แบบจำลอง WASP

The Study on Variation of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the
Upper Ping River by an Application of WASP Model

นามผู้วิจัย นายสรารัฐ จำรัสศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อนุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ, M.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ, M.A.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 25 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีโอและบีโอดีในแม่น้ำปิงตอนบนโดยการประยุกต์ใช้
แบบจำลอง WASP

The Study on Variation of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the Upper
Ping River by an Application of WASP Model

โดย

นายสราวุธ จำรัสศรี

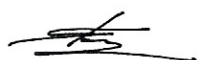
เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2551

สราวุธ จำรัสศรี 2551: การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีไอและบีโอดีในแม่น้ำปิงตอนบนโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชุนนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. 318 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนระหว่างสถานี P.20 และ P.73 โดยการประยุกต์ใช้ 3 แบบจำลอง คือ 1) แบบจำลอง URBS 2) แบบจำลอง FLDWAV และ 3) แบบจำลอง WASP โดยใช้เหตุการณ์ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ในการสอบเทียบแบบจำลอง และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLDWAV ในส่วนของการประยุกต์แบบจำลอง FLDWAV นั้น มีจุดประสงค์เพื่อประเมินค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่สำคัญในลำน้ำปิงตอนบน ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วของน้ำ ปริมาณการไหล ความลึกในการไหล และปริมาตรของน้ำในแต่ละช่วงลำน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง WASP ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP นั้น ได้เปรียบเทียบการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate กับ วิธี conventional เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการเข้ากันได้ดีของปริมาณ DO และ BOD ที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดมากที่สุด โดยผลการศึกษาที่สำคัญที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สรุปได้ดังนี้ 1) การประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ 2) สภาพคุณภาพน้ำในช่วงการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และ 3) พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อผลการประเมินปริมาณ DO และ BOD อย่างมีนัยสำคัญ มีทั้งสิ้น 7 พารามิเตอร์ คือ (1) Global reaeration rate constant at 20 °C (k_2), (2) Oxygen to carbon stoichiometric ratio (a_{OC}), (3) Decay rate constant at 20 °C (k_d), (4) Nitrification rate constant at 20 °C (k_{12}), (5) Phytoplankton growth rate at 20 °C (G_{p1}), (6) Phytoplankton respiration rate at 20 °C (k_{R1}) และ (7) Dispersion Coefficient (k_{du}) ดังนั้น จึงทำการศึกษาความไวของค่าของพารามิเตอร์เหล่านั้นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองทั้งสามแบบจำลอง พบว่า เป็นที่ยอมรับได้ โดยใช้ค่าของดัชนีทางสถิติซึ่งประกอบด้วย Correlation Coefficient, RMSE และ Efficiency Index เป็นตัวชี้วัดนั้น ได้ผลในเกณฑ์ดี ดังนั้น สามารถใช้ค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองมาใช้ประกอบการประเมินสถานการณ์ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนในอนาคต โดยผลการประเมิน พบว่า สถานการณ์คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 มีแนวโน้มที่เสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบัน



ลายมือชื่อนิสิต



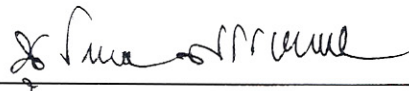
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Sarawut Jamrussri 2008: The Study on Variation of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the Upper Ping River by an Application of WASP Model. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Filed: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Nuchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 318 pages.

This study aims to investigate the changes of water quality parameters, consisting of DO and BOD, in the Upper Ping River between gauging stations P.20 and P.73 by the applications of three mathematical models, which are the URBS, FLDWAV, and WASP Models. The events occurring between 3rd September 2005 and 9th May 2007 were used for model calibration and model verification. The application of the URBS Model has the objective of estimating flow hydrographs from the ungauged catchments in the basin and can be later used as the input data for the FLDWAV Model. The application of the FLDWAV Model has the objective of estimating water velocity, water flow, water depth, and water volume of each reach in the Upper Ping River and can be used as the input data for the WASP Model. For the application of the WASP Model, BOD loading estimated by the direct estimation and conventional methods were compared and the suitable method, that provided the corresponding values of calculated and observed DO and BOD, was chosen. Main results of the model calibration and model verification of the WASP Model are described as follows. Firstly, BOD loading estimated by the direct estimation is a suitable method for this study. Secondly, water quality during the model calibration and verification processes are within the surface water of type 3. Lastly, there are 7 parameters, that have significant effects on the concentration of DO and BOD, which are (1) Global reaeration rate constant at 20 °C (k_2), (2) Oxygen to carbon stoichiometric ratio (a_{oc}), (3) Decay rate constant at 20 °C (k_d), (4) Nitrification rate constant at 20 °C (k_{12}), (5) Phytoplankton growth rate at 20 °C (G_{p1}), (6) Phytoplankton respiration rate at 20 °C (k_{1R}) and (7) Dispersion Coefficient (k_{ds}). The sensitivity study for evaluating the degree of these parameters' values that would have the effects on the concentration of DO and BOD was therefore investigated. The overall results of the calibration and verification processes of those three models are acceptable. It can be seen from the statistical index's values of the Correlation Coefficient, RMSE, and the Efficiency Index, which are in good ranges. Control parameters of those models are therefore acceptable and can be used to evaluate water quality situation of the Upper Ping River. The results reveal that water quality in 2017 and 2027 of the Upper Ping River will be continuously degraded compared with the current situation.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

14 / 06 / 08

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รอง
ศาสตราจารย์ ดร. กอบเกียรติ ผ่องแผ้ว ประธานการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต ชาลีรักษ์
ตระกูล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และรองศาสตราจารย์ ดร. วินัย เลียงเจริญฤทธิ์ ผู้แทนบัณฑิต
วิทยาลัย

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ เจ้าหน้าที่
สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล เจ้าหน้าที่ธุรการ
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน เพื่อนิสิตที่
ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการศึกษา

คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบความดีทั้งปวงแด่ บิดา
นายวรวุฒิ จำรัสศรี มารดานางศิรินันท์ จำรัสศรี ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ผู้มีพระคุณ บุคคลผู้ใกล้ชิดของ
ข้าพเจ้าทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

สราวุธ จำรัสศรี

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	102
อุปกรณ์	102
วิธีการ	102
ผลและวิจารณ์	154
สรุปและข้อเสนอแนะ	233
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	242
ภาคผนวก	251

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน	6
2 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของลุ่มน้ำปิงตอนบน	10
3 สรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ณ จังหวัด เชียงใหม่ สถิติช่วงปี พ.ศ. 2514 ถึง ปี พ.ศ. 2543	12
4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน และรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ใน จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน	16
5 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน รายปีเฉลี่ย และค่า annual specific yield สำหรับแต่ละ สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	19
6 องค์ประกอบของแต่ละ module ในแบบจำลอง WASP	69
7 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำในแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยม	89
8 การเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	95
9 แสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ศึกษา	98
10 ตำแหน่งที่ตั้งของฝายบนแม่น้ำปิงตอนบน	103
11 ตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่เก็บรวบรวมได้	104
12 ตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ประกอบการศึกษา	105
13 รายละเอียดการใช้ที่ดินในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	107
14 ตำแหน่งเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบน และลำน้ำสาขา	109
15 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพน้ำ	111
16 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนและจำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับการประยุกต์ใช้กับ แบบจำลอง URBS	123
17 จำนวนกรณี weighted rainfall สำหรับลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ทั้ง 2 ลุ่มน้ำ	124
18 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดจากโรงบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองเชียงใหม่	130
19 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดจากโรงบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองลำพูน	132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ช่วงเวลาที่ห่างกันของการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง	135
21	การแบ่งพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำปิงตอนบน	138
22	การเลือกใช้ค่า R, P และ C สำหรับการประเมินปริมาณ BOD จากแหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน	139
23	ค่าเฉลี่ยปริมาณค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม	141
24	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มก่อปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม	142
25	ค่าบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่มีการวิจัยในต่างประเทศ	144
26	ค่า $\bar{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source	146
27	ค่า $\bar{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ของกลุ่มน้ำปิงตอนบน	146
28	ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของอำเภอที่พิจารณาถึงแม่น้ำปิงตอนบน	149
29	ตัวแปรทางสถิติที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของแบบจำลอง	152
30	ค่าพารามิเตอร์ควบคุมของแบบจำลอง URBS	154
31	ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS	157
32	ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV	162
33	ผลการประเมินปริมาณมลสารของ SS สำหรับแต่ละวิธีที่จุดตรวจวัดต่างๆ	169
34	ผลการประเมินปริมาณมลสารของ BOD สำหรับแต่ละวิธีที่จุดตรวจวัดต่างๆ	169
35	สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร SS และ BOD ในกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 สำหรับวิธี direct estimate	170

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
36 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร SS และ BOD ในลุ่มน้ำปิง 3 สำหรับวิธี direct estimate	171
37 ปริมาณมลสาร BOD ที่ได้จากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน	173
38 ปริมาณมลสาร BOD ที่ได้จากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน	173
39 ปริมาณมลสาร BOD ที่เกิดขึ้นในแม่น้ำปิงตอนบน	174
40 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร BOD ในลุ่มน้ำปิง 1 และลุ่มน้ำปิง 2 สำหรับวิธี conventional method	175
41 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร BOD ในลุ่มน้ำปิง 3 สำหรับวิธี conventional method	176
42 ผลการเปรียบเทียบการประเมินปริมาณมลสาร BOD จากวิธี direct estimate กับวิธี conventional method	177
43 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ SS ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP	185
44 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ DO ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP	194
45 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ BOD ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP	194
46 ช่วงของค่าสำหรับแต่ละพารามิเตอร์ที่มีการศึกษากับแม่น้ำปิงตอนบนและคู่มือการใช้งาน เปรียบเทียบกับขีดจำกัดในการใช้งานแบบจำลอง	196
47 ค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง WASP ที่เหมาะสมสำหรับเหตุการณ์ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1	197
48 เปอร์เซนต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน ⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน ⁻¹	198
49 เปอร์เซนต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ a_{oc} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O ₂ / มล.กรัม C เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{oc} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O ₂ / มล.กรัม C	201

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
50 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_d มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 วัน ⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน ⁻¹	204
51 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{12} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 วัน ⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน ⁻¹	206
52 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ G_{p1} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน ⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ G_{p1} เท่ากับ 1.5 วัน ⁻¹	209
53 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{1R} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน ⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{1R} เท่ากับ 0.15 วัน ⁻¹	211
54 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{ds} มีค่าอยู่ระหว่าง -20 ถึง +15 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์	214
55 สถิติจำนวนประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และทั้งประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ. 2550	218
56 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากแหล่งชุมชนสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570	219
57 สถิติจำนวนสุกรในแต่ละภาคของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2536 ถึง ปี พ.ศ. 2547	221
58 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากฟาร์มสุกรสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2570	221
59 ผลิตภัณฑ์มวลรวมและผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรมของประเทศในปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2546	224
60 ปริมาณบีโอดีจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570	224
61 สรุปผลปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ใน ปี พ.ศ. 2550 ปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2570	230

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
62 ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียทุกประเภทสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปึงตอนบน	231
63 ผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WASP ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD	238

ตารางผนวกที่

1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษาและพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เก็บรวบรวมจากภาคสนาม	252
2 ข้อมูลประชากรในกลุ่มน้ำปึงตอนบนโดยแยกตามรายอำเภอ	263
3 ข้อมูลสุกรในกลุ่มน้ำปึงตอนบนโดยแยกตามรายอำเภอ	264
4 ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำปึงตอนบนโดยแยกตามรายอำเภอ	266
5 ข้อมูลรายชื่อโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน	274
6 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.20	294
7 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75	295
8 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A	296
9 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67	297
10 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.21	298
11 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1	299
12 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.5	300
13 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.71	301
14 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.24A	302
15 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73	303

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
16 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.20	304
17 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75	305
18 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A	306
19 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67	307
20 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.21	308
21 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1	309
22 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.5	310
23 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.71	311
24 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.24A	312
25 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73	313
26 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี conventional method	314

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและการแบ่งลุ่มน้ำย่อย	7
2 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของลุ่มน้ำปิงตอนบน	11
3 ทิศทางของลมมรสุม พายุไต้ฝุ่น และตำแหน่งของร่องความกดอากาศ	13
4 สถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน และบริเวณข้างเคียง	15
5 การผันแปรของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน	16
6 สถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทานที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบน	18
7 สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำปิง	22
8 แบบจำลองแนวความคิดทางด้านคุณภาพน้ำแบบภาพรวม	31
9 แบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินบนพื้นฐานของพื้นที่	46
10 แผนผังการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NWS-FLDWAV	52
11 แกน x-t สำหรับวิธีการ implicit finite-difference	58
12 ค่าตัวกรองเชิงตัวเลข หรือ LPI Filter (σ)	63
13 ภาพโครงสร้างของแบบจำลองทางด้านคุณภาพน้ำ WASP	64
14 Flowchart การทำงานของแบบจำลอง WASP	65
15 ขบวนการความสัมพันธ์ของสารในแบบจำลองย่อย EUTRO	71
16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำและขนาดของเม็ดตะกอนที่สัมพันธ์กับสถานะการตกตะกอน การกัดเซาะ และการเคลื่อนที่ของตะกอน	77
17 ระบบแกนของสมการกฎทรงมวล	79
18 โครงข่ายการแบ่ง segment ของแบบจำลอง WASP	82
19 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขา	110
20 การเปลี่ยนแปลงค่า DO ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	113
21 การเปลี่ยนแปลงค่า DO ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
22 การเปลี่ยนแปลงค่า BOD ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	115
23 การเปลี่ยนแปลงค่า BOD ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	116
24 การเปลี่ยนแปลงค่า SS ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	117
25 การเปลี่ยนแปลงค่า SS ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์	118
26 แผนภูมิแสดงระบบแม่น้ำปิงตอนบน เพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอุทกพลศาสตร์	120
27 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	121
28 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3	122
29 Thiessen polygon ของโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำ P.21	124
30 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเชียงใหม่	129
31 โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองลำพูน	131
32 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ	155
33 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ	155
34 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	156
35 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	156
36 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ	158

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
37 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ	158
38 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ	159
39 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ	159
40 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	160
41 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	160
42 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	161
43 ผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง FLDWAV และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	161
44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร BOD จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำถึงท้ายน้ำ	164
45 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 615 วัน	164
46 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ในช่วงฤดูฝน	165
47 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ในช่วงฤดูแล้ง	165
48 การเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร SS จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำถึงท้ายน้ำ	166
49 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 615 วัน	167

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
50 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ในช่วงฤดูฝน	167
51 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆ ในช่วงฤดูแล้ง	168
52 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ	181
53 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ	181
54 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ	182
55 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ	182
56 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	183
57 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	183
58 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	184
59 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	184
60 ผลการประเมินค่า DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ	186
61 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ	186
62 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ	187
63 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ	187
64 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ	188
65 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ	188
66 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ	189
67 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ	189
68 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	190
69 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	190
70 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	191
71 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	191
72 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	192

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
73 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	192
74 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	193
75 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์	193
76 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน ⁻¹	199
77 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน ⁻¹	199
78 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า a_{OC} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O ₂ / มล.กรัม C	202
79 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า a_{OC} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O ₂ / มล.กรัม C	202
80 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน ⁻¹	204
81 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน ⁻¹	205
82 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน ⁻¹	207
83 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน ⁻¹	207
84 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า G_{P1} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ G_{P1} เท่ากับ 1.5 วัน ⁻¹	209
85 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า G_{P1} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ G_{P1} เท่ากับ 1.5 วัน ⁻¹	210
86 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{LR} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{LR} เท่ากับ 1.5 วัน ⁻¹	212

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
87 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{IR} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณี k_{IR} เท่ากับ 1.5 วัน^{-1}	212
88 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณี k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซนต์	215
89 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณี k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซนต์	215
90 สถานการณ์ของปริมาณ DO ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง	227
91 สถานการณ์ของปริมาณ BOD ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง	229

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีโอและบีโอดีในแม่น้ำปิง ตอนบนโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP

The Study on Variation of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand in the Upper Ping River by an Application of WASP Model

คำนำ

แม่น้ำปิงตอนบนเป็นแม่น้ำสายสำคัญทางภาคเหนือของประเทศไทย และเป็นแม่น้ำสาขาที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ประเทศไทย แม่น้ำปิงตอนบนมีต้นกำเนิดในทิวเขาผีปันน้ำในเขตอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลบริเวณอำเภอดอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่ แม่น้ำปิงตอนบนมีความยาวรวม 514 กม. และมีพื้นที่รับน้ำ 25,370 ตร.กม. แม่น้ำปิงตอนบนมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยมีการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำทั้งในด้านอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม เนื่องจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องของประเทศไทย ได้ส่งผลกระทบต่อสภาพคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงให้เสื่อมโทรมลงอย่างมาก โดยปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำที่สำคัญของกลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้นสามารถแบ่งได้ตามฤดูกาลได้ดังต่อไปนี้ กล่าวคือ ปัญหาที่ประสบในฤดูแล้งคือปริมาณความเข้มข้นของ DO (dissolved oxygen) ต่ำ รวมทั้งปริมาณ BOD (biochemical oxygen demand) และ FC (faecal coliform) สูง สำหรับฤดูฝนปัญหาส่วนใหญ่ที่ประสบก็คือ ความขุ่นอันเนื่องมาจากปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ดังกล่าว มักเกิดจากความขัดแย้งระหว่างการใช้ประโยชน์ด้านสังคมและด้านนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำจะมีความสามารถในการรองรับและบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติ (natural carrying capacity) ได้ในระดับหนึ่ง หากมีการปล่อยของเสียลงสู่แม่น้ำในปริมาณมากเกินไปจนเกินขีดจำกัดดังกล่าวแล้ว ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษโดยทำให้การใช้ประโยชน์ทางสังคมและนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำลดลง ซึ่งจำเป็นต้องสร้างหาแนวทางการแก้ไขและฟื้นฟูคุณภาพน้ำให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้น ดังนั้น การสร้างความเข้าใจต่อสภาพคุณภาพน้ำในปัจจุบันที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องดำเนินการเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขในภาพรวมของกลุ่มน้ำปิงตอนบนต่อไป

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพคุณภาพน้ำทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตสามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญและสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพโดยรวมของแหล่งน้ำได้ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำแบบจำลอง WASP มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีไอและบีโอดีในแม่น้ำปิงตอนบน และนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการหาแนวทางการฟื้นฟูคุณภาพน้ำให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้น ซึ่งสาเหตุประการสำคัญที่เลือกใช้แบบจำลอง WASP เนื่องจากเป็นแบบจำลองประเภท public domain ที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาและได้รับการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพื่อมาทดแทนแบบจำลอง MIKE 11 ของสถาบัน Denish Hydraulic Institute (DHI) เป็นที่นิยมโดยทั่วไปรวมทั้งในประเทศไทย เนื่องจากการนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้งานจำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่ายมากในการจัดซื้อ ดังนั้น แบบจำลอง WASP จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนักวิชาการไทย ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ผลการประยุกต์ใช้งานกับสถานการณ์จริงสำหรับแม่น้ำในประเทศไทยก่อนที่จะนำมาเผยแพร่ต่อวงการวิชาการไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบน ระหว่าง สถานีวัดน้ำท่า P.20 (อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่) และ P.73 (อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่) โดยการใช้แบบจำลอง URBS, FLDWAV และ WASP สำหรับช่วงเวลาระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง วันที่ 9 พฤษภาคม 2550 ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างข้อมูลคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขา

2. เพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินปริมาณ BOD โดยวิธี direct estimate กับวิธี conventional method ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

3. เพื่อคาดการณ์ปริมาณ DO และ BOD ในอนาคตอีก 10 และ 20 ปี ข้างหน้า

ขอบเขตการศึกษา

1. การรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลสถิติภูมิของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบนจากอดีตจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งข้อมูลรูปตัดลำน้ำและอาคารชลศาสตร์ในแม่น้ำปิงตอนบน เพื่อนำมาใช้ประกอบการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS และ FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ ตามลำดับ

2. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อการหาพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อนำพารามิเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลไว้ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLDWAV

3. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ เพื่อการหาพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง (ค่า Manning's n) ที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อนำพารามิเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในการประเมินความเร็วของการไหล ปริมาณการไหล ระดับน้ำ และปริมาตรของน้ำ ในแต่ละช่วงลำน้ำที่พิจารณาในแม่น้ำปิงตอนบน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง WASP

4. การรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณ DO และ BOD ในลุ่มน้ำปิงตอนบนจากอดีตจนถึงปัจจุบันที่เกี่ยวข้องที่เก็บรวบรวมไว้โดยหน่วยงานราชการต่างๆ เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ตลอดจนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ตามฤดูกาล และตำแหน่งต่างๆ ของแม่น้ำปิงตอนบนสำหรับข้อมูลชุดดังกล่าว

5. การรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณ DO และ BOD ในลุ่มน้ำปิงตอนบน ที่มีการจัดเก็บภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “โครงการหน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย” (นุชนารถ และคณะ, 2550) โดยข้อมูลดังกล่าวอยู่ในช่วงระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 นอกจากนั้นแล้ว ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ตามฤดูกาล และตำแหน่งต่างๆ ของแม่น้ำปิงตอนบนสำหรับข้อมูลชุดดังกล่าว

6. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำเพื่อการหาพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อนำพารามิเตอร์ดังกล่าวมาใช้เพื่อการการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในช่วงเวลาดังกล่าวในข้อ (5)

7. การศึกษาความอ่อนไหว (sensitivity study) ของพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ที่ควบคุมแบบจำลอง WASP ที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

8. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP ที่ผ่านการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแล้ว เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ในอนาคต โดยตั้งสมมุติฐานว่า ให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้เท่านั้น คือ ปริมาณประชากรโรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนเท่านั้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ อาทิเช่น กราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนต่าง ๆ และรูปตัดขวางของแม่น้ำปิงและสาขา ไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพคุณภาพน้ำนั้น ได้เลือกข้อมูลด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่านั้น รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบ

การตรวจเอกสาร

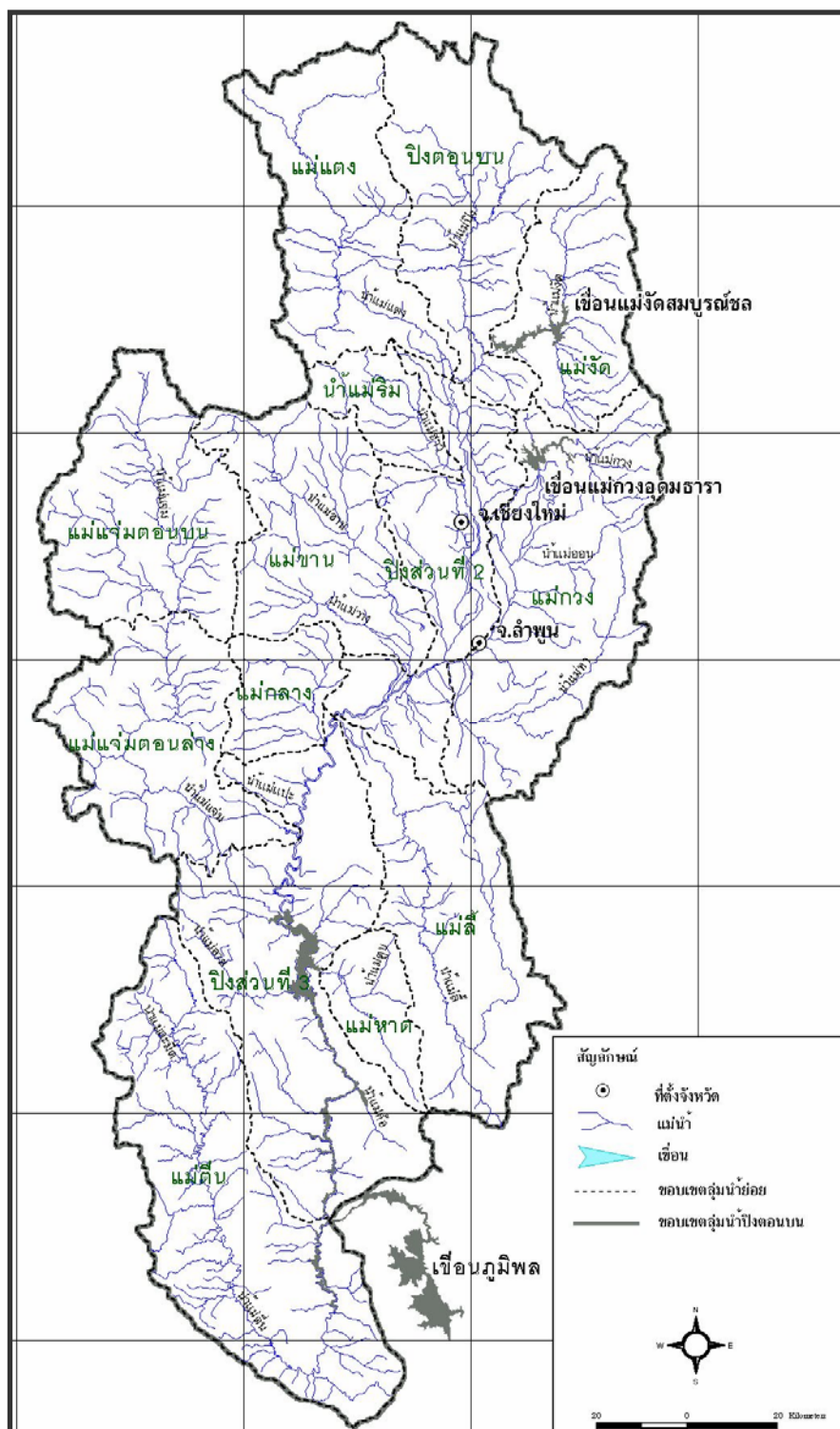
1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำปิงเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเป็นลำน้ำสาขาหลักของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 34,856 ตร.กม. แม่น้ำปิงมีความยาวประมาณ 740 กม. สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนมีพื้นที่รับน้ำฝน 25,370 ตร.กม. โดยพิจารณาจากขอบเขตรับน้ำฝนตอนบนของลุ่มน้ำลงมาถึงเขื่อนภูมิพล ลุ่มน้ำปิงตอนบนตั้งอยู่บนละติจูด $17^{\circ} 14' 30''$ ถึง $19^{\circ} 47' 52''$ เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด $98^{\circ} 4' 30''$ ถึง $99^{\circ} 22' 30''$ ตะวันออก โดยอาณาเขตติดต่อกับทิศเหนือและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำสาละวินและลุ่มน้ำกก ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำวัง ความยาวของลำน้ำตั้งแต่ต้นจนถึงเขื่อนภูมิพลประมาณ 514 กม. แม่น้ำปิงมีต้นกำเนิดในทิวเขาผีปันน้ำในเขตอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่แล้วไหลลงทิศใต้ผ่านหุบเขา เมื่อเข้าเขตอำเภอแม่แตงมีน้ำแม่จัดไหลมาบรรจบทางฝั่งซ้าย และน้ำแม่แตงไหลมาบรรจบทางฝั่งขวา แล้วไหลเข้าสู่เขตพื้นที่ราบลุ่มในตัวเขตจังหวัดเชียงใหม่ และมีน้ำแม่กวงซึ่งเป็นน้ำสาขาไหลมาบรรจบแม่น้ำปิงทางซ้ายบริเวณอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน จากนั้นแม่น้ำปิงไหลไปทางตะวันตกเฉียงใต้โดยมีน้ำแม่ลีซึ่งไหลจากอำเภอลีหลวงขึ้นเหนือมาบรรจบกับแม่น้ำปิง ที่อำเภอจอมทองทางฝั่งซ้ายจากอำเภอจอมทองแม่น้ำปิงไหลลงใต้ โดยมีน้ำแม่แจ่มไหลมาบรรจบทางฝั่งขวา ที่อำเภอฮอด ก่อนไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลที่อำเภอดอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่ ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลุ่มน้ำย่อยได้แก่ แม่น้ำปิงตอนบน น้ำแม่จัด น้ำแม่แตง แม่น้ำปิงส่วนที่ 2 น้ำแม่ริม น้ำแม่กวง น้ำแม่จาน น้ำแม่ลี น้ำแม่กลาง แม่น้ำปิงส่วนที่ 3 น้ำแม่แจ่มตอนบน น้ำแม่แจ่มตอนล่าง น้ำแม่หาด และน้ำแม่ต้น โดยพื้นที่ลุ่มน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำย่อย แสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 (นุชนารถและคณะ, 2550)

ตารางที่ 1 การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
1	แม่น้ำปิงตอนบน	1,972.33
2	น้ำแม่จัด	1,282.39
3	น้ำแม่แตง	1,955.63
4	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,723.15
5	น้ำแม่ริม	565.45
6	น้ำแม่กวง	2,680.05
7	น้ำแม่งาน	1,731.68
8	น้ำแม่ลี	2,079.86
9	น้ำแม่กลาง	615.84
10	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,179.72
11	น้ำแม่แจ่มตอนบน	1,965.24
12	น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	1,930.26
13	น้ำแม่หาด	520.76
14	น้ำแม่ตื่น	3,167.27
ลุ่มน้ำปิงตอนบน		25,369.63

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและการแบ่งลุ่มน้ำย่อย
ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

2. ลักษณะทางกายภาพ

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน และปกคลุมด้วยป่าไม้มากมาย โดยมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง +500 ม.รทก. ถึง +1,300 ม.รทก. ทางตอนกลางและตอนล่างเป็นที่ราบระหว่างภูเขา ที่ราบที่สำคัญได้แก่ ที่ราบเชิงใหม่-ลำพูน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแอ่งเชิงใหม่-ลำพูน ซึ่งเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ในส่วนนี้ได้กล่าวถึงลักษณะทางกายภาพโดยรวมของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งประกอบด้วย สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยา และสภาพการใช้ที่ดิน โดยมีข้อสรุป ในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

2.1 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำ

สภาพภูมิประเทศทางตอนบนของกลุ่มน้ำปิงเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าไม้ แม่น้ำปิงในเขตพื้นที่อำเภอเชียงดาวมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง +500 ม.รทก. ถึง +1,300 ม.รทก. ความลาดชันประมาณ 1:40 แม่น้ำปิงไหลไปตามหุบเขาตอนบนของเขตอำเภอแม่แตง มีระดับความสูงอยู่ระหว่าง +300 ม.รทก. ถึง +500 ม.รทก. ความลาดชันประมาณ 1:50 และไหลผ่านที่ราบในหุบเขาในเขตอำเภอแม่แตง อำเภอแม่ออน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่นี้มีระดับความสูงอยู่ระหว่าง +260 ม.รทก. ถึง +300 ม.รทก. ความลาดชันประมาณ 1:1,800 หลังจากนั้นแม่น้ำปิงไหลผ่านพื้นที่ราบบริเวณหุบเขาก่อนไปลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ความลาดชันในบริเวณนี้ประมาณ 1:1,590 และมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง +140 ม.รทก. ถึง +260 ม.รทก. ความลาดชันท้องน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิประเทศลำน้ำสาขาที่สำคัญได้แก่ น้ำแม่จืด น้ำแม่แตง น้ำแม่ออน น้ำแม่กลาง น้ำแม่ขาน น้ำแม่กวัง น้ำแม่ลี และน้ำแม่แจ่มเป็นต้น

2.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

พื้นที่ลุ่มแม่น้ำปิงตอนบนถูกปกคลุมด้วยชั้นหินครบเกือบทุกยุคคือ ตั้งแต่ หินพรีแคมเบรียน (Pre-cambrian Rocks) ไปจนถึงหินควาเทอร์นารี (Quaternary Rocks) ยกเว้นหินยุคเมโซโซอิก (Mesozoic Rocks) ซึ่งไม่พบบริเวณแม่น้ำปิงตอนบน ชนิดหินที่พบมี ทุกประเภทคือ หินตะกอน หินแปร และหินอัคนี ซึ่งสามารถจัดแบ่งชั้นหินตามอายุจากแก่ที่สุดไปจนถึงอ่อนที่สุดได้ ดังนี้คือ

หินพรีแคมเบรียน (Pre-cambrian Rocks) พบเด่นชัดตั้งแต่เทือกเขาด้านทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ (คอยสุเทพ) มีแนวต่อเนื่องมาทางทิศใต้ผ่านคอยอินทนนท์จนถึงเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก หินแคมโบร-ออร์โดวิเซียน (Cambro-ordovician Rocks) พบบริเวณทางตอนเหนือของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล หินซิลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Rocks) หินยุคนี้จะพบแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างขวางมากตามแนวสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำปิงและวัง และเทือกเขาด้านตะวันตกเฉียงเหนือของกลุ่มน้ำ หินคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Rocks) พบแพร่กระจายส่วนใหญ่ในบริเวณต้นน้ำแม่แตง และทางด้านตะวันออกของจังหวัดลำพูน หินปูนยุคเพอร์เมียนในบริเวณนี้มักพบเป็นหย่อมๆตามขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยไม่มีแนวต่อเนื่องยาวส่วนหินยุคเทอร์เชียรีจะพบเป็นหย่อมๆตามขอบของแอ่งจังหวัดเชียงใหม่

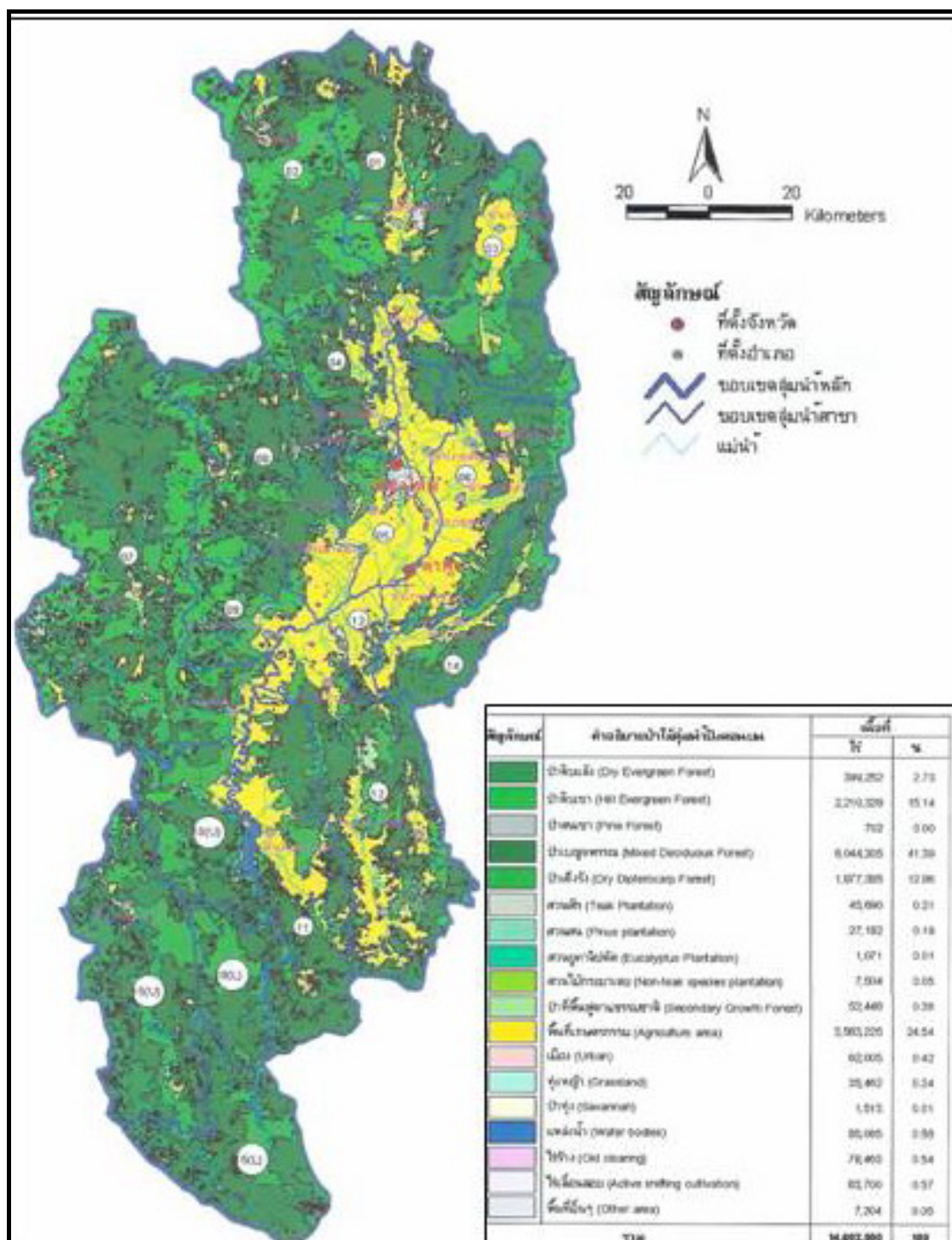
2.3 สภาพการใช้ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ของที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามประเภทการใช้ที่ดิน 5 ประเภท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน มีพื้นที่รวม 14,606,250 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าไม้ 11,418,900 ไร่ หรือร้อยละ 78.18 ของพื้นที่รวม พื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ไร่นาหมุนเวียน พืชไร่เลี้ยงสัตว์ และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) 2,361,990 ไร่ หรือร้อยละ 16.17 พื้นที่อยู่อาศัย 484,744 ไร่ หรือร้อยละ 3.32 พื้นที่อื่นๆ (ทุ่งหญ้าธรรมชาติ พื้นที่ลุ่ม เหมืองแร่และบ่อขุด ที่ทิ้งขยะ และพื้นที่อื่นๆ) 235,498 ไร่ หรือร้อยละ 1.61 และพื้นที่แหล่งน้ำ (แหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น) 105,118 ไร่ หรือร้อยละ 0.72 โดยพื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมอยู่บริเวณริมสองฝั่งแม่น้ำ รายละเอียดสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของกลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่	
		ไร่	ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด
1	พื้นที่อยู่อาศัย	484,744	3.32
2	พื้นที่เกษตรกรรม	2,361,990	16.17
3	พื้นที่ป่าไม้	11,418,900	78.18
4	พื้นที่แหล่งน้ำ	105,118	0.72
5	พื้นที่อื่นๆ	235,498	1.61
	กลุ่มน้ำปิงตอนบน	14,606,250	100.00

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)



ภาพที่ 2 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

3. สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

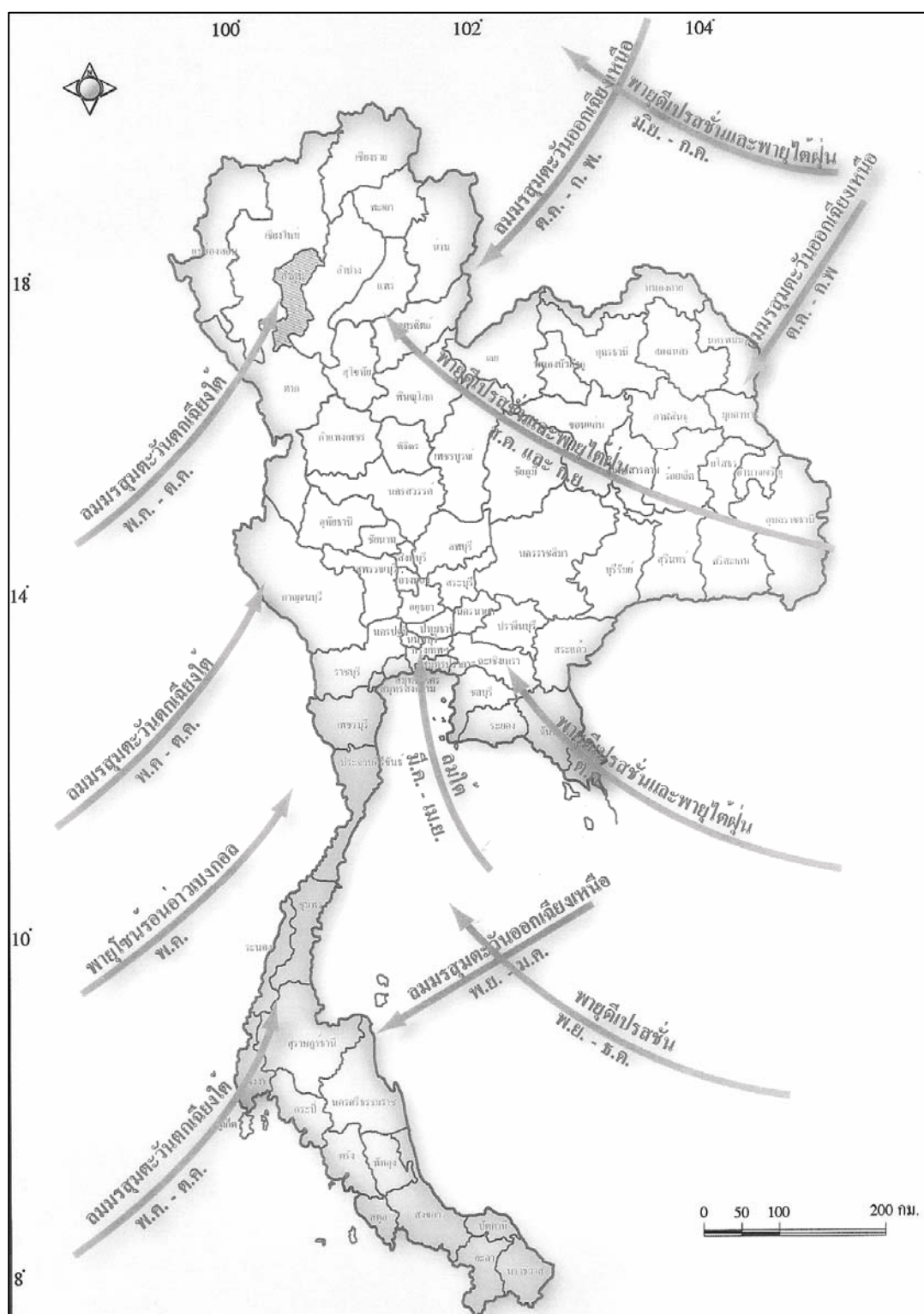
3.1 สภาพภูมิอากาศ

เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำปิงตอนบนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงซึ่งเป็นลักษณะของต้นน้ำลำธารทั่วไป สภาพอากาศโดยทั่วไปมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้วในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากดีเปรสชัน ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม แสดงดังภาพที่ 3 และเนื่องจากกลุ่มน้ำปิงตอนบนมีพื้นที่ครอบคลุม 2 จังหวัด คือ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน แต่พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ จึงใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ณ จังหวัดเชียงใหม่ สถิติช่วงปี พ.ศ. 2514 ถึง 2543 ดังสรุปใน ตารางที่ 3 ได้ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ณ จังหวัดเชียงใหม่ สถิติช่วงปี พ.ศ. 2514 ถึง 2543

ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ยรายปี	ช่วงพิสัย ค่าเฉลี่ยราย เดือน	ค่าเฉลี่ยสูงสุด รายเดือน	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด รายเดือน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.6	20.9-28.8	36.0	14.1
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.0	54.0-81.0	93.0	31.0
ความชื้นของเมฆ (0-10)	5.2	2.0-8.5	-	-
ความเร็วลม (ม.ปช.)	2.4	1.3-3.3	99.0	-
ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	1,639.0	98.3-189.4	-	-

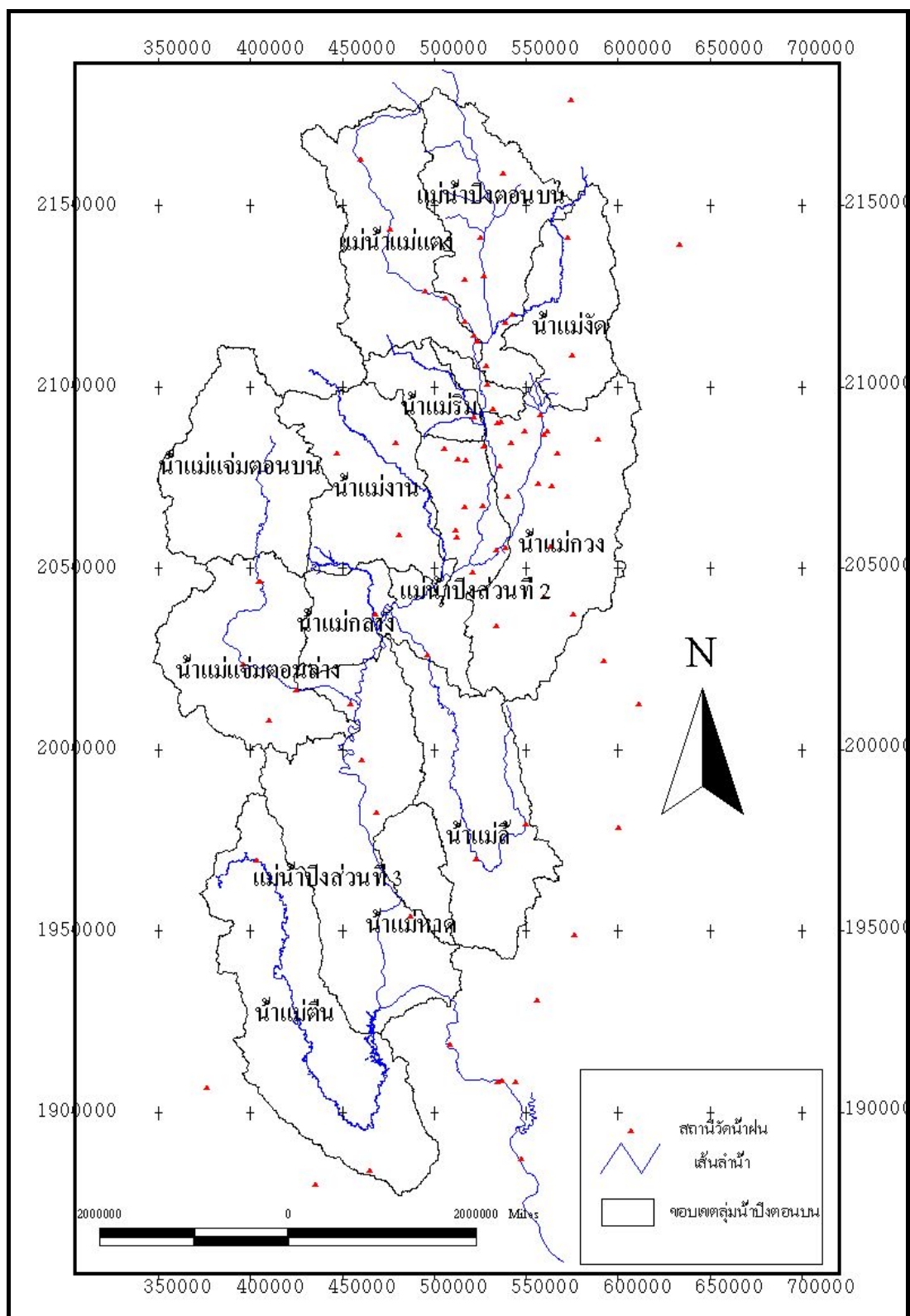
ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)



ภาพที่ 3 ทิศทางของลมมรสุม พายุไต้ฝุ่น และตำแหน่งของร่องความกดอากาศ
 ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

3.2 ปริมาณน้ำฝน

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบนและบริเวณข้างเคียง ซึ่งรวบรวมจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน จำนวนทั้งสิ้น 80 สถานี เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนเกือบทั้งหมดตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ดังนั้น จึงได้สรุปปริมาณน้ำฝน รายเดือนและรายปีเฉลี่ย (ระหว่างปี พ.ศ. 2495 ถึง 2550) ของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ใน จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูนสรุปในตารางที่ 4 และภาพที่ 4 โดยจะเห็นได้ว่า ปริมาณฝนสูงสุดเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม โดยมีค่าเท่ากับ 220 มม. ซึ่งคิดเป็น 19.23 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณฝนของจังหวัดลำพูนเกิดขึ้นในเดือนกันยายน โดยมีค่าเท่ากับ 192 มม. ซึ่งคิดเป็น 19.34 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมด



ภาพที่ 4 สถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและบริเวณข้างเคียง

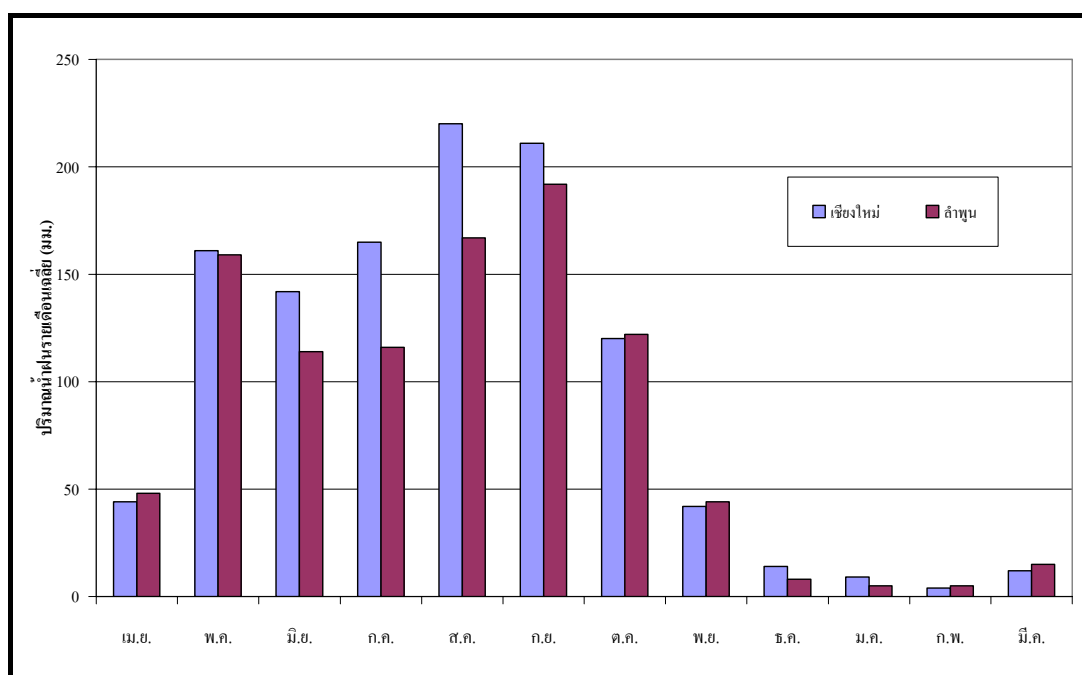
ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในจังหวัด
เชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน

จังหวัด	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
เชียงใหม่	44	161	142	165	220	211	120	42	14	9	4	12	1144
(%)	3.85	14.07	12.41	14.42	19.23	18.44	10.49	3.67	1.22	0.79	0.35	1.05	
ลำพูน	48	159	114	116	167	192	122	44	8	5	5	15	993
(%)	4.83	16.01	11.48	11.68	16.82	19.34	12.29	4.43	0.81	0.50	0.50	1.51	

(หน่วย : มิลลิเมตร)

จากข้อมูลปริมาณฝนข้างต้นแสดงการกระจายของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนได้ ดังภาพที่

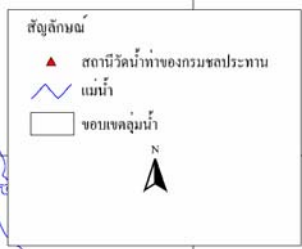
5



ภาพที่ 5 การผันแปรของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน

3.3 ปริมาณน้ำท่า

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบน พบว่า หน่วยงานสำคัญที่ดำเนินการเก็บข้อมูลน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบนคือกรมชลประทาน โดยมีจำนวนสถานีทั้งสิ้น 44 สถานี โดยสถานีเหล่านี้เกือบทั้งหมดเป็นสถานีแบบไม่อัตโนมัติ ยกเว้นสถานี P.1, P. 21 และ P.73 ซึ่งเป็นสถานีแบบอัตโนมัติ สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเหล่านี้แสดงดังในภาพที่ 6 และปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ย ตลอดจนค่า specific yield ของสถานีวัดน้ำเหล่านี้แสดงดังในตารางที่ 6 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่า specific yield ของสถานีเหล่านี้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.34 ถึง 19.13 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร โดยมีค่าสูงสุดที่สถานี P.27A ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้วยแม่ใน จังหวัดเชียงใหม่ และต่ำสุดที่สถานี P.53 ซึ่งตั้งอยู่ที่น้ำแม่ขันธ์ จังหวัดลำพูน



ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน รายปีเฉลี่ย และค่า annual specific yield สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	รหัสสถานี	พื้นที่ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)															Annual Yield
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ล./วิ./ตร.กม.
1	P.1	6,355	29.29	75.81	108.68	130.98	309.81	409.82	263.64	171.92	113.11	57.48	31.00	24.83	1,298.74	427.63	1,726.37	8.61
2	P.4A	1,902	6.28	22.95	34.97	31.91	90.32	110.41	71.68	60.46	38.53	15.38	8.26	6.73	362.24	135.64	497.88	8.30
3	P.4B	1,833	14.71	27.89	33.36	49.29	93.57	135.30	120.44	64.85	42.49	30.63	21.23	17.32	459.85	191.23	651.08	11.26
4	P.5	1,569	4.35	14.47	20.08	33.55	109.99	179.13	117.61	60.58	14.88	5.30	4.07	2.93	474.83	92.11	566.94	11.46
5	P.5A	1,740	7.60	6.42	17.28	12.13	103.50	142.53	39.96	18.65	4.40	2.27	1.92	2.58	321.82	37.42	359.24	6.55
6	P.13	1,765	16.57	28.21	39.49	56.51	115.13	144.65	113.02	64.39	42.49	31.90	21.65	18.69	497.01	195.69	692.70	12.44
7	P.14	3,853	20.83	44.63	57.22	85.04	179.80	244.88	175.86	103.28	63.82	45.09	27.97	22.00	787.43	282.99	1,070.42	8.81
8	P.14A	3,909	25.06	48.05	53.12	91.54	171.46	291.17	268.42	115.41	74.36	52.58	34.29	28.59	923.76	330.29	1,254.05	10.17
9	P.19A	14,023	18.25	86.23	142.85	172.49	492.13	811.60	627.62	341.46	166.45	71.15	24.57	17.50	2,332.92	639.38	2,972.30	6.72
10	P.20	1,355	7.51	12.44	18.16	26.83	69.69	91.41	55.51	33.15	20.13	14.30	9.48	7.41	274.04	91.98	366.02	8.57
11	P.21	515	2.07	7.22	10.33	12.61	26.16	30.91	21.18	13.39	8.74	4.71	2.47	1.88	108.41	33.26	141.67	8.72
12	P.22	135	0.99	1.43	1.42	1.83	3.47	6.34	5.42	2.56	1.87	1.11	0.87	0.89	19.91	8.29	28.20	6.62
13	P.23	1,777	3.32	17.56	22.24	21.13	53.83	99.60	72.32	48.49	28.42	13.29	5.27	2.64	286.68	101.43	388.11	6.93
14	P.24	616	3.66	13.97	16.53	15.19	32.18	63.95	59.01	28.50	19.16	10.23	4.78	4.53	200.83	70.86	271.69	13.99
15	P.24A	460	2.05	8.45	8.21	8.21	17.50	32.52	32.30	24.05	10.48	5.85	2.14	1.82	107.19	46.39	153.58	10.59
16	P.24B	CANAL	1.21	1.53	1.66	2.52	3.47	3.41	3.56	1.76	1.47	2.15	1.74	1.69	16.15	10.02	26.17	-
17	P.24C	CANAL	1.58	2.22	2.40	2.51	4.42	4.41	5.62	2.24	1.62	2.26	1.76	1.33	21.58	10.79	32.37	-
18	P.25	572	0.00	4.18	2.51	3.65	17.89	43.14	21.12	10.18	9.82	0.71	0.00	0.00	92.49	20.71	113.20	6.28
19	P.27	24	0.23	0.47	0.33	0.10	0.55	0.37	0.23	0.32	0.23	0.12	0.09	0.10	2.05	1.09	3.14	4.15
20	P.27A	18	0.40	0.59	0.65	0.89	1.46	1.86	1.59	1.10	0.82	0.63	0.45	0.42	7.04	3.82	10.86	19.13

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับที่	รหัสสถานี	พื้นที่ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)															Annual Yield
			ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ล./วิ./ตร.กม.
21	P.28	1,261	4.81	13.84	18.91	34.66	100.88	89.53	48.59	29.10	17.28	11.89	5.41	4.15	306.41	72.64	379.05	9.53
22	P.29	1,970	2.52	10.08	9.61	6.01	12.39	54.44	49.30	25.88	5.53	2.19	0.51	0.63	141.83	37.26	179.09	2.88
23	P.30	466	2.92	6.21	10.37	15.90	44.53	37.40	21.89	12.04	8.36	5.83	3.35	2.91	136.30	35.41	171.71	11.68
24	P.34	566	3.70	6.98	9.36	26.63	43.04	49.59	28.39	15.29	8.84	8.30	6.10	4.78	163.99	47.01	211.00	11.82
25	P.36	35	0.73	0.94	0.82	1.57	2.49	3.24	3.48	1.76	1.04	0.83	0.62	0.59	12.54	5.57	18.11	16.41
26	P.37	14	0.18	0.27	0.37	0.69	0.98	1.20	0.90	0.51	0.30	0.25	0.18	0.15	4.41	1.57	5.98	13.54
27	P.38	34	0.19	0.64	0.46	0.47	0.35	1.87	0.80	0.41	0.60	0.21	0.10	0.07	4.59	1.58	6.17	5.75
28	P.41	426	4.82	9.63	13.35	12.35	15.71	25.49	32.94	24.13	13.30	9.32	6.01	4.59	109.47	62.17	171.64	12.78
29	P.42	315	0.31	2.32	2.04	1.67	3.57	9.94	8.73	3.39	1.05	0.49	0.24	0.27	28.27	5.75	34.02	3.42
30	P.44	35	0.00	0.01	0.09	0.14	0.15	0.69	0.63	0.40	0.16	0.09	0.08	0.10	1.71	0.83	2.54	2.30
31	P.48	74	0.03	0.46	0.69	0.48	0.92	1.17	1.34	0.69	0.15	0.08	0.06	0.02	5.06	1.03	6.09	2.61
32	P.53	146	0.04	0.25	0.35	0.12	0.46	1.44	1.41	1.57	0.33	0.11	0.07	0.01	4.03	2.13	6.16	1.34
33	P.56A	539	2.49	8.04	6.40	11.71	27.13	41.22	16.69	15.64	6.13	3.44	1.46	1.50	111.19	30.66	141.85	8.35
34	P.63	45	0.07	0.29	0.71	0.58	0.90	1.03	1.72	0.43	0.27	0.22	0.15	0.15	5.23	1.29	6.52	4.59
35	P.64	503	2.70	10.76	13.16	26.55	49.13	46.18	37.73	16.66	9.62	5.35	3.02	2.94	183.51	40.29	223.80	14.11
36	P.65	240	1.25	4.41	4.70	7.51	22.84	23.45	12.32	5.94	3.84	2.39	1.50	1.38	75.23	16.30	91.53	12.09
37	P.66	6,367	22.90	64.62	102.15	101.24	729.97	905.58	344.62	201.73	175.18	79.95	30.23	33.81	2,248.18	543.80	2,791.98	13.90
38	P.67	FloodP	41.11	72.84	72.69	66.75	142.34	215.99	101.44	96.18	53.65	26.43	15.98	21.92	672.05	255.27	927.32	-
39	P.69	1,602	7.40	12.12	12.80	29.16	88.83	104.06	64.78	31.72	3.75	4.37	8.85	8.55	311.75	64.64	376.39	7.45
40	P.71	1,771	2.31	18.56	16.56	9.15	37.43	74.12	50.09	42.96	14.34	7.14	2.43	1.67	205.91	70.85	276.76	4.96

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับที่	รหัสสถานี	พื้นที่ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)															Annual Yield ต./วิ./ตร. กม.
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดู แล้ง	รายปี	
41	P.73	FloodP	41.20	215.84	171.34	168.30	504.30	921.81	490.82	467.03	144.69	62.53	26.39	21.63	2,472.41	763.47	3,235.88	-
42	P.75	3,090	36.85	46.37	32.27	37.31	92.96	126.16	59.37	56.06	32.41	26.25	21.74	28.76	394.44	202.07	596.51	6.12
43	P.76	1,541	2.10	15.44	13.61	5.15	27.46	93.17	49.01	33.30	8.06	3.18	1.57	1.99	203.84	50.20	254.04	5.23
44	P.77	547	0.26	2.20	4.24	4.38	15.67	26.80	10.10	7.37	2.39	1.61	1.08	0.94	63.39	13.65	77.04	4.47
	ค่าเฉลี่ย	1627.21	7.88	21.54	25.19	30.17	87.74	129.61	79.85	51.29	26.69	14.31	7.75	6.99	374.11	114.92	489.03	8.62
	ค่าสูงสุด	14023.00	41.20	215.84	171.34	172.49	729.97	921.81	627.62	467.03	175.18	79.95	34.29	33.81	2472.41	763.47	3235.88	19.13
	ค่าต่ำสุด	14.00	0.00	0.01	0.09	0.10	0.15	0.37	0.23	0.32	0.15	0.08	0.00	0.00	1.71	0.83	2.54	1.34

4. สภาพคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

กรมควบคุมมลพิษ (2542) ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง โดยมีจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งสิ้น 5 จุด ตลอดแนวลำน้ำปิงดังแสดงในภาพที่ 7 โดยผลการสำรวจพบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมจัดอยู่ในเกณฑ์ดีโดยจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ซึ่งหมายถึง “แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ รวมถึงการอุปโภคบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก่อน” (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) อย่างไรก็ตาม ผลการสำรวจพบว่า คุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงที่ไหลผ่านเทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลเมืองตาก และเทศบาลเมืองกำแพงเพชร มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยมีปริมาณแบคทีเรียจำพวกฟิคอลโคลิฟอร์มเจลลียสูงเกินกว่า 4,000 หน่วย และปริมาณ BOD สูงกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงโดยรวมพบว่า ปริมาณ DO โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแบคทีเรียประเภท ฟิคอลโคลิฟอร์มเจลลียเท่ากับ 3,000 หน่วย



ภาพที่ 7 สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำปิง
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2542)

5. ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้ว ซึ่งอาจเป็นการใช้ประโยชน์ภายในบ้านเรือน ในการเกษตรกรรม หรือในกิจการในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ การใช้น้ำเหล่านี้ทำให้น้ำมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เช่น มีอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปหรือมีสิ่งเจือปนมากขึ้น หรือน้อยลง โดยชนิดและความเข้มข้นของสิ่งเจือปนขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้น้ำ เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือนจะมีปริมาณสารอินทรีย์สูง น้ำเสียจากการเกษตรจะมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตลอดจนสารพิษ และสารเคมีที่ใช้การเกษตรปะปนอยู่มาก ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีลักษณะพิเศษขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม (ฉัตรไชย, 2539)

ประเภทของแหล่งกำเนิดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน แหล่งกำเนิดน้ำเสียอุตสาหกรรม และแหล่งกำเนิดน้ำเสียเกษตรกรรม

5.1 แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียจากแหล่งชุมชนอาจแบ่งออกได้เป็น แหล่งน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย แหล่งน้ำเสียจากสถานทำการต่างๆ เช่น สถานศึกษา สำนักงาน โรงพยาบาล แหล่งน้ำเสียที่ใช้ในการพักผ่อนหย่อนใจหรือันทนาการ เช่น รีสอร์ท โรงแรม บ้านพักตากอากาศ แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชนดังที่กล่าวมาแล้วจะมีคุณสมบัติของน้ำเสียที่มีความใกล้เคียงกันในองค์ประกอบของน้ำเสียแต่อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของปริมาณน้ำเสีย (พัฒนา, 2539)

5.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมเกิดจากการใช้น้ำในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมต่างๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการล้างวัตถุดิบ น้ำล้างวัสดุอุปกรณ์ น้ำล้างทำความสะอาดโรงงาน น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ใช้ในการหล่อเย็นของอุปกรณ์ทำความร้อน เป็นต้น คุณลักษณะและปริมาณของน้ำเสียนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทของอุตสาหกรรม ขนาดของกิจการอุตสาหกรรม และการควบคุมกำกับการค้าเนินกิจการอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์หาปริมาณ และคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละโรงงานและแต่ละประเภทของการ

ประกอบกิจการที่กระทำภายในโรงงาน ถึงแม้บางโรงงานจะประกอบอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน แต่คุณลักษณะและปริมาณของน้ำเสียที่เกิดขึ้นอาจมีความแตกต่าง (พัฒนา, 2539)

5.3 แหล่งกำเนิดน้ำเสียเกษตรกรรม

น้ำเสียจากเกษตรกรรมเกิดขึ้นจากการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืช และเกิดจากการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์ โดยน้ำเสียจากการปลูกพืชจะมีปริมาณเกลือแร่สูง ทั้งนี้เนื่องจากการคายน้ำและการชะล้างเอาเกลือแร่ในดินออกมา ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง นอกจากนั้นยังมีการพืษตกค้างจากสารเคมีที่ใช้การเกษตรกรรมอีกหลายอย่าง เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช ยาฆ่าหนู เป็นต้น ส่วนน้ำเสียจากการปศุสัตว์ เช่น การเลี้ยงสุกร เป็ด ไก่ โค กระบือ ปลา และกุ้ง จะมีปริมาณสารอินทรีย์และสารเคมีในปริมาณสูง โดยเฉพาะการเลี้ยงสุกรจะก่อให้เกิดน้ำเสียมากที่สุด ซึ่งในปัจจุบันมีการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นให้พอเพียงต่อการบริโภคที่เพิ่มขึ้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการเลี้ยงโดยให้น้ำและยาในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้เกิดปริมาณความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ และสารเคมีต่างๆปนเปื้อนในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูงขึ้น

6. พารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำ

6.1 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ

พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญที่อธิบายในที่นี้ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ ของแข็งที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ของแข็งทั้งหมด และ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ สำหรับอิทธิพลของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มีต่อสภาพคุณภาพน้ำสรุปได้ดังนี้

6.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (water temperature)

ประเทือง (2534) กล่าวว่า อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและพืชน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยควบคุมปฏิกิริยาเคมีในน้ำเช่น การสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจ การละลายของออกซิเจน โดยปกติความผันแปรของอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ ความเข้มข้นของแสงสว่างจากรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ หรือ

ความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ ทั้งนี้ อุณหภูมิของน้ำในลำธารในพื้นที่ทุกแห่งที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ จะมีค่าผันแปรตามอุณหภูมิอากาศหรือฤดูกาล (จำเนียรและนิวัติ, 2524) นอกจากนี้ อนันตศักดิ์ (2525) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณป่าต้นน้ำจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของน้ำในลำธาร โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 23 – 32 องศาเซลเซียส

6.1.2 ของแข็งที่ละลายและไม่ละลายน้ำ (total dissolved and undissolved solids)

ปริมาณและชนิดของสารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว การหาค่าของแข็งที่ละลายและไม่ละลายน้ำทำได้โดยหาค่าของแข็งของส่วนที่ผ่านการกรองกับส่วนที่ยังไม่ได้ผ่านการกรอง ทั้งนี้สารที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่าของแข็งแขวนลอย (suspended solids หรือ suspended matter) แหล่งน้ำมาตรฐานต้องมีค่าของแข็งละลายน้ำไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร (ณรงศ์, 2526)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยเป็นค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำโสโครก บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำเสีย ตลอดจนบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียต่าง ๆ ในการศึกษาความสกปรกของทางน้ำ ถือว่าของแข็งแขวนลอยเป็นของแข็งตกตะกอน เพราะเวลาในการตกตะกอนไม่จำกัดเนื่องจาก การสะสมทับถมกันของของแข็งที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนทางเคมีและชีวเคมี (กรรณิการ์, 2544)

6.1.3 ของแข็งทั้งหมด (total solids)

สำหรับการวิเคราะห์น้ำโสโครกและน้ำเสียจากบ้านเรือน ค่าของแข็งทั้งหมดมีความสำคัญน้อยมาก เนื่องจากทำการศึกษาได้ยาก อย่างไรก็ตาม ค่าของแข็งทั้งหมดสามารถใช้ตรวจการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของน้ำเสียซึ่งจะมีผลต่อการตกตะกอน เนื่องจากน้ำที่มีค่าของแข็งทั้งหมดสูงเมื่อเกิดการสลายตัวของแร่ธาตุต่าง ๆ จะได้เกลือแร่เป็นจำนวนมาก ทำให้ความหนาแน่นของน้ำเสียสูงและตกตะกอนได้ยาก กรรณิการ์ (2544) รายงานว่า ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำบริโภคมักอยู่ระหว่าง 20 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.1.4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัวการที่เป็นสื่อในการนำไฟฟ้าในน้ำคือ อีออน (ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ (unorganic substances) เช่น กรดอนินทรีย์ ด่าง และเกลือ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของอีออนที่อยู่ในน้ำ อุณหภูมิ และ pH ของน้ำ โดยทั่วไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติมีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 150 – 300 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

6.2 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางเคมี

พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางเคมีที่สำคัญที่อธิบายในที่นี้ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ปริมาณออกซิเจนละลาย และปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี สำหรับอิทธิพลของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มีต่อสภาพคุณภาพน้ำสรุปได้ดังนี้

6.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า pH เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่าน้ำหรือสารละลายนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเป็นด่าง (ประเทือง, 2534) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH คือ ลักษณะภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม เช่น ลักษณะดินและหิน ปริมาณฝน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ กรรณิการ์ (2544) กล่าวว่า pH ของน้ำธรรมชาติจะอยู่ในช่วง 4 – 9 แต่ส่วนใหญ่แล้วค่อนข้างเป็นเบสเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ทั้งนี้ น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่า pH ระหว่าง 5 – 9 และค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือ 6.5 – 9

6.2.2 ไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate – nitrogen)

ประเทือง (2534) กล่าวว่า ไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นสารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอน พืชน้ำและสัตว์น้ำ และเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในลำธารและทะเลสาบ (ศิริเพ็ญ, 2543) ทั้งนี้ ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะด้านการเกษตร เนื่องจากไน

เตรทเป็นสารประกอบที่ถูกชะล้าง (leaching) ได้ง่าย เมื่อเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไปแหล่งน้ำผิวดินในธรรมชาติไม่ควรมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเกินค่ามาตรฐานคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริเพ็ญ, 2543)

6.2.3 ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (phosphate – phosphorus)

ประเทือง (2534) กล่าวว่า ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ โดยเฉพาะพืชชั้นต่ำจะใช้ฟอสเฟตในการสังเคราะห์แสง ทั้งนี้ สาเหตุการปนเปื้อนฟอสเฟตในแหล่งน้ำ ได้แก่ การถูกชะล้างโดยน้ำฝน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมการใช้ผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างจาน ปุ๋ยการเกษตร จากการรายงานของ (Palmer, 1970) พบว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีปริมาณฟอสเฟตไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ หากมีปริมาณมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้มีอาหารในธรรมชาติมากเกินไป และหากมีปริมาณเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเกิดปัญหาหมอกควันเนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากเกินไป ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรม จนเกิดสภาวะที่เรียกว่า eutrophication

6.2.4 ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen; DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายเป็นค่าที่มีความจำเป็นต่อการหายใจของพืชน้ำ และสัตว์น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความสามารถในการฟอกตัวเองของแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไป แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ และการอนุรักษสัตว์น้ำ ควรมีค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ สัตว์น้ำส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ ที่ระดับของค่า DO ไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร อ่างเก็บน้ำบางแห่งอาจตรวจวัดค่า DO ได้สูงเกินกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของสาหร่ายในแหล่งน้ำ (algae bloom) เป็นเหตุให้เกิดการผลิตค่าออกซิเจนละลายมากผิดปกติและอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ทำให้เกิดโรค gas bubble disease โดยมีฟองอากาศในระบบหมุนเวียนโลหิต ขณะที่ในเวลากลางคืนค่าออกซิเจนละลายเหล่านี้นั้นจะลดต่ำลงมาก เนื่องจากการหายใจของสาหร่าย ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนอย่างกะทันหัน ซึ่งกลายเป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำขาดอากาศหายใจจนตายได้ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2546)

กรณิการ์ (2544) กล่าวว่าความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำแปรผันโดยตรงกับความดัน และแปรผันแบบผกผันกับอุณหภูมิและปริมาณเกลือแร่ที่ละลายในน้ำ

นอกจากนี้ หากในแหล่งน้ำมีการอัตราสังเคราะห์แสงมาก ปริมาณออกซิเจนก็ละลายมาก และหากมีการสลายตัวของสารอินทรีย์มาก ออกซิเจนในน้ำจะถูกไปใช้และทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายลดลง

กรณีการ (2544) ได้กล่าวถึงความสำคัญของค่า DO ไว้ดังนี้

- 1) ค่า DO เป็นตัวชี้ว่าปฏิกิริยาทางชีวะที่จะเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ สำหรับ aerobic organism จะใช้ออกซิเจนอิสระเพื่อการออกซิไดส์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย ในขณะที่ anaerobic organism ทำให้เกิดการรีดิวซ์เกลืออนินทรีย์บางตัว เช่น SO_4^{2-} เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเหม็น สิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนี้พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องรักษาพวก aerobic organism เพื่อรักษาสภาวะ aerobic condition ในน้ำธรรมชาติ
- 2) ค่า DO มีความสำคัญในการที่จะรักษาสภาวะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่น คือให้มีค่า DO ในปริมาณที่พอเหมาะ เช่น ไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 3) ค่า DO เป็นค่าพื้นฐานของค่าปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD) เพื่อหาความสกปรกของน้ำเสียและอัตราการออกซิเดชันทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาค่า DO ที่เหลือ ณ เวลาต่างๆ
- 4) ค่า DO เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการกักกรองของเหล็ก โดยเฉพาะในท่อประปา และหม้อต้มน้ำ

6.2.5 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD)

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี คือปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ค่าบีโอดีสูง หมายถึง แหล่งน้ำมีความสกปรกมากเนื่องจากจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสิ่งปฏิกูล ทำให้ออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำลดลง จนทำให้น้ำเน่าเสีย โดยทั่วไปแหล่งน้ำผิวดินที่อนุรักษ์ไว้สำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและการผลิตน้ำประปาไม่ควรมีค่าบีโอดีเกินกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านเกษตรกรรมไม่ควรมีค่าบีโอดีเกิน 2

มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านอุตสาหกรรมไม่ควรมีค่าบีโอดีเกินกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2546)

กรณีการ (2544) กล่าวถึงความสำคัญของค่า BOD ว่า

- 1) เพื่อหาค่าลึงของน้ำเสียชุมชน (sewage) และของเสียจากอุตสาหกรรม (industrial waste) ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์
- 2) ใช้หาปริมาณความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปคำนวณอัตราการออกซิไดส์ที่เกิดหรือเพื่อหาอัตราที่ BOD ที่จะถูกใช้ไป
- 3) เพื่อใช้ในการควบคุมความสกปรกของแม่น้ำลำธารว่าควรจะทำบำบัดสารอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำแค่ไหน เพื่อให้ได้ระดับออกซิเจนในน้ำตามที่ต้องการ
- 4) ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
- 5) ใช้ตรวจคุณภาพของ effluent ที่ปล่อยทิ้งลงแหล่งน้ำ
- 6) ใช้หาประสิทธิภาพของโรงบำบัดน้ำโสโครก

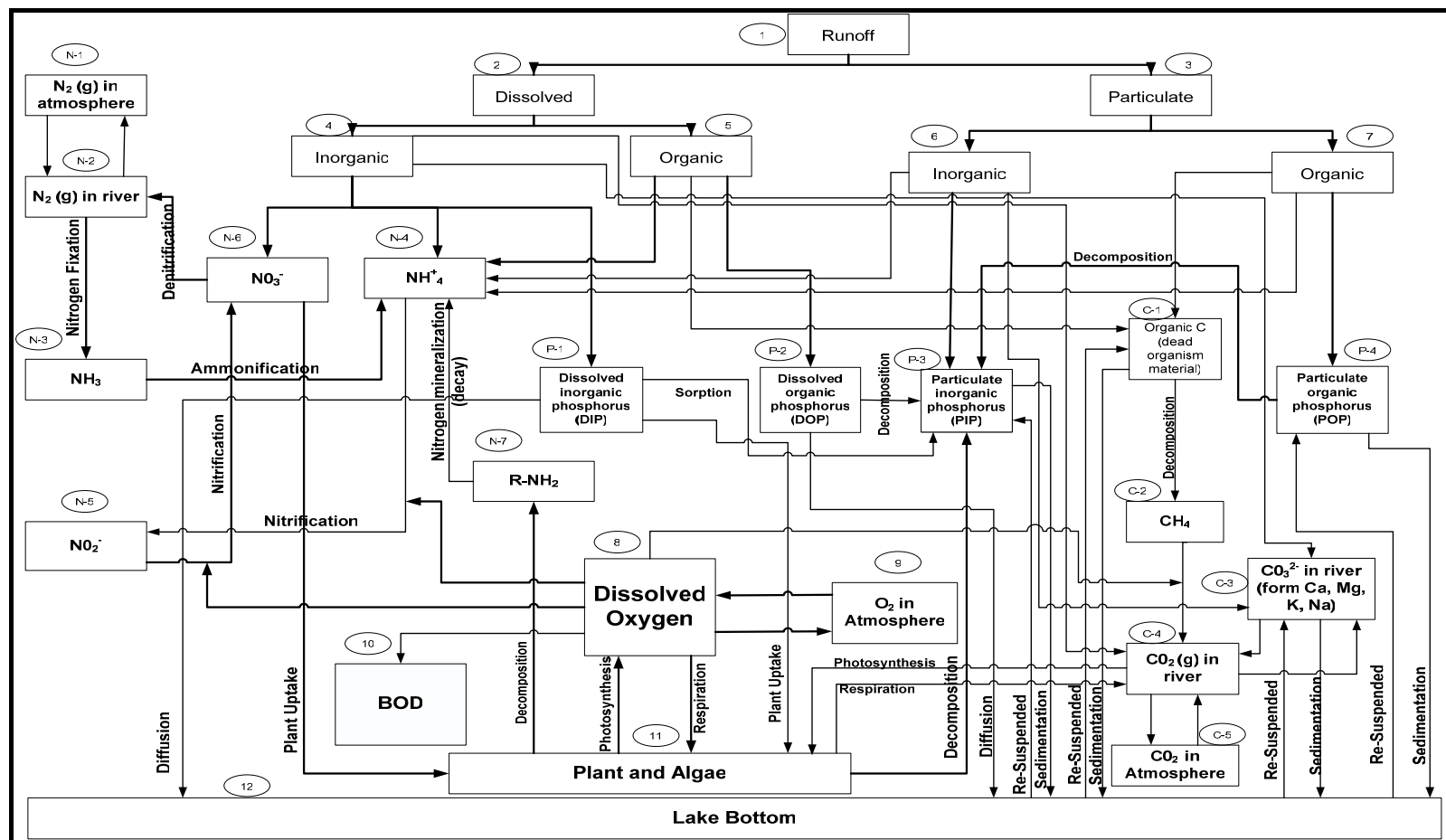
6.3 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

การตรวจคุณภาพน้ำทางชีวภาพนิยมตรวจจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่สามารถบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ที่น้ำอาจจะได้รับการปนเปื้อนจากเชื้อโรค โดยเฉพาะโรคทางเดินอาหารของคนหรือสัตว์ (Olivieri, 1982) รายงานว่า จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียที่เป็นตัวบ่งชี้ด้านสาธารณสุข คือแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ได้แก่ total coliform และ fecal coliform เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกเป็น จุลินทรีย์ที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ง่าย รวดเร็ว และไม่สิ้นเปลือง ทั้งนี้ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดหรือผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ควรมีจุลินทรีย์ในปริมาณเท่าใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้

น้ำแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม หมายถึง กลุ่มแบคทีเรียรูปร่างท่อนสั้น ดิคลีแกรมลบไม่สร้างสปอร์ เช่น *Escherichia coli*. ซึ่งมีแหล่งอาศัยปกติในทางเดินอาหารของคน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ดังนั้นจึงพบมากในอุจจาระ และแบคทีเรียวงศ์ *Enterobacter* ซึ่งนอกจากจะพบในทางเดินอาหารแล้วยังพบในดินและปนเปื้อนกับพืชผักต่างๆ ดังนั้นการตรวจพบแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าอาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระ ซึ่งเป็นที่มาของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค สำหรับมาตรฐานของน้ำดื่มทั่วไปกำหนดให้ค่า MPN ของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

7. แบบจำลองแนวความคิดทางด้านคุณภาพน้ำ

แบบจำลองแนวความคิดทางด้านคุณภาพน้ำได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการของพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำในระบบของแหล่งน้ำ เช่น ทะเลสาบ บึง และแม่น้ำ เป็นต้น โดยแบบจำลองแนวความคิดที่พัฒนาขึ้นจะแสดงความสัมพันธ์แบบไออะแกรม ของการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำต่างๆ ทั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอก สำหรับพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่พิจารณาในแบบจำลองประกอบด้วย DO, BOD ในโตรเจน ฟอสฟอรัส คาร์บอน ตะกอน และพืชน้ำหรือสาหร่ายที่มีส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 8 (นุชนารถและคณะ, 2550)



ภาพที่ 8 แบบจำลองแนวความคิดทางด้านคุณภาพน้ำแบบภาพรวม

ที่มา: นชนารถและคณะ (2550)

รายละเอียดของแบบจำลองและพารามิเตอร์ ต่างๆสามารถอธิบายได้ดังนี้

7.1 ไนโตรเจน (nitrogen) ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ DNA RNA และ โปรตีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะใช้ไนโตรเจนในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต โดยการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในระหว่างชั้นอากาศ ชั้นสิ่งมีชีวิต และชั้นพื้นดิน ซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างกัน

วัฏจักรของไนโตรเจน (Harrison, 1998) ประกอบด้วย 5 กระบวนการหลักๆ ได้แก่ nitrogen fixation, nitrogen uptake, nitrogen mineralization (การย่อยสลาย), nitrification และ denitrification

nitrogen fixation โดยเป็นกระบวนการในการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในอากาศไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) โดยตัวแปรสำคัญในปฏิกิริยานี้ก็คือแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตในน้ำ (แบคทีเรียสีน้ำเงินซึ่งอาศัยอยู่ในลำน้ำ) ที่ใช้เอนไซม์ในการทำปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทางเคมีของกระบวนการ nitrogen fixation แสดงได้ดังสมการที่ (1) โดยจะเห็นได้ว่าผลที่ได้ของปฏิกิริยาก็คือแอมโมเนียสองโมเลกุลต่อการใช้ก๊าซไนโตรเจนหนึ่งโมเลกุล และใช้พลังงาน ATP 16 โมเลกุล รวมทั้งได้ผลิตผลของอิเล็กตรอน และโปรตอน (ไฮโดรเจนไอออน)



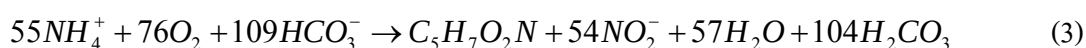
โดยแอมโมเนีย ที่เป็นผลของกระบวนการ nitrogen fixation นั้นสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) ได้โดยปฏิกิริยา ammonification ซึ่งมีสมการเคมีดังแสดงในสมการที่ (2)



แอมโมเนียม บางส่วนที่ได้จากกระบวนการ nitrogen fixation และกระบวนการย่อยสลาย (nitrogen mineralization) จะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า nitrification ซึ่งต้องใช้ ออกซิเจน ในการทำปฏิกิริยา โดยมีแบคทีเรียที่สำคัญในปฏิกิริยานี้สองชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย *Nitrosomonas* ซึ่งเปลี่ยนแอมโมเนียมไปเป็นไนไตรท์ และแบคทีเรีย *Nitrobacter* ซึ่งเปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท ซึ่งแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้จะปล่อยพลังงานออกมา (น้ำตาล) ใน

กระบวนการนี้ด้วย ซึ่งปฏิกิริยาเคมีซึ่งเกิดจากแบคทีเรียดังกล่าวแสดงในสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

สำหรับแบคทีเรีย *Nitrosomonas*



สำหรับแบคทีเรีย *Nitrobacter*

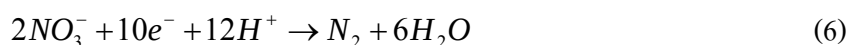
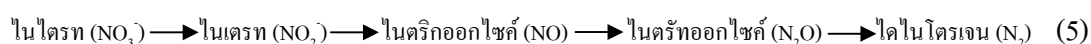


จากสมการที่ (3) สังเกตได้ว่าแอมโมเนียม เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) จะได้ผลผลิตเป็น เนื้อเยื่อ ($\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$), ไนไตรท์ (NO_2^-), น้ำ และกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)

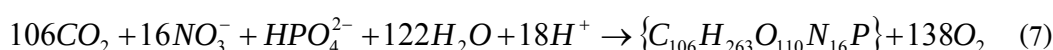
ส่วนในสมการที่ (4) เมื่อไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียม กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3), ไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) และออกซิเจน จะได้ผลผลิตเป็นเนื้อเยื่อ ($\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$), น้ำ และไนเตรท (NO_3^-) เป็นจำนวนมาก

กระบวนการ denitrification เป็นปฏิกิริยา reduction หรือเป็นกระบวนการในการ ลดจำนวนออกซิเจนออกจากสารประกอบไนโตรเจน เช่นการเปลี่ยนรูปของไนไตรท์ และไนเตรทไปเป็นไดไนโตรเจน (N_2) หรือก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งปฏิกิริยานี้เป็นกระบวนการแบบแอนาโรบิก (anaerobic) ที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียในน้ำ

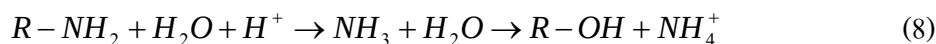
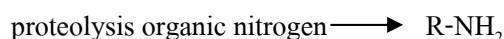
กระบวนการ denitrification แสดงได้ดังสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ



เมื่อพืชน้ำดึงไนเตรทที่เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากปฏิกิริยา nitrification ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ดังแสดงสมการในสมการที่ (7) พืชน้ำ จะทำการเปลี่ยน ไนเตรทในรูปของโปรตีนที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช โดยความเข้มข้นของไนเตรท นั้นจะมีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัส คาร์บอน และออกซิเจนซึ่งแสดงในสมการการสังเคราะห์แสงของพืช



เมื่อไนโตรเจนถูกเปลี่ยนรูปเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อในพืช และเมื่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง ไนโตรเจนที่อยู่ในเนื้อเยื่อจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า nitrogen mineralization ดังในสมการที่ (8)



7.2 ฟอสฟอรัส (phosphorus) ฟอสฟอรัส เป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับพืชและสัตว์ และเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งน้ำ เช่น ทะเลสาบ แม่น้ำ และปากแม่น้ำ เป็นต้น ปริมาณของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำยังบ่งชี้ถึงที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์

ในอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในรูปแบบของตะกอน ซึ่งเกิดขึ้นจาก การชะล้าง การกักตุน ของแร่ธาตุต่างๆตามธรรมชาติลงสู่แหล่งน้ำ ในระบบแหล่งจะปรากฏอยู่ใน 3 ลักษณะคือ 1) สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปแบบอนุภาค (particulate organic phosphorus: (POP)) ซึ่งมักพบในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และไฟโตแพลงตอน (phytoplankton) 2) สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปสารละลาย (dissolved organic phosphorus: (DOP)) ซึ่งพบได้จากของเสียของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชูแพลงตอน (zooplankton) และ 3) สารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปสารละลาย (dissolved inorganic phosphorus: (DIP)) ซึ่งอยู่ในรูปฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และในรูปแบบออร์โธฟอสเฟต (HPO_4^{2-})

กระบวนการที่สำคัญของวัฏจักรของฟอสเฟตในระบบแหล่งน้ำสามารถอธิบายดังต่อไปนี้

การแพร่ (diffusion): ฟอสฟอรัสในรูปของสารละลายจะแพร่ไปเกาะติดกับตะกอน โดยการแพร่ของสารละลายนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น โดยจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย

การนำไปใช้ของพืช (plant uptake): สารประกอบอนินทรีย์ของฟอสฟอรัส เช่น HPO_4^{2-} และ H_2PO_4^- จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของพืชซึ่งจะดูดซึมฟอสฟอรัสผ่านทางราก

การตกตะกอน (sedimentation): อนุภาคของสารประกอบฟอสฟอรัส (รูปของตะกอนอินทรีย์และตะกอนอนินทรีย์) จะถูกพัดพาสู่ระบบแหล่งน้ำ และตกทับถมเป็นตะกอนในระบบแหล่งน้ำนั้นๆ ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดปัญหาการตื้นเขินแล้วยังส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของพืชน้ำด้วยเช่นกัน

การย่อยสลาย (decomposition): ฟอสฟอรัสที่เป็นส่วนประกอบในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต เช่น ซากพืช ซากสัตว์ ตะกอนสารอินทรีย์ และถ่านหินเมื่อเกิดการย่อยสลายโดยกระบวนการที่ใช้ออกซิเจนจะเปลี่ยนรูปไปเป็นฟอสเฟตทั้งในรูปแบบสารละลายและอนุภาค ซึ่งอาจจะไปเกาะกับตะกอนโดยผ่านกระบวนการ sorption แล้วถูกพัดพาไปทับถมในแหล่งน้ำต่อไป

การดูดซึม (sorption): การดูดซึมสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ การดูดซึมของออร์โธฟอสเฟตโดยอนุภาคของดิน (clay) เหล็ก (iron) และอลูมิเนียมออกไซด์ในดิน และการดูดซึมฟอสเฟต (PO_4^{3-}) โดยเหล็ก (iron) และอลูมิเนียมออกไซด์ หรือสารละลายแคลเซียมที่เป็นส่วนประกอบของดิน (Fe- and Al-phosphates or Ca-phosphates) ในแหล่งน้ำ

7.3 คาร์บอน (carbon) คาร์บอนไดร็อกไซด์ในแหล่งน้ำมีแหล่งกำเนิดจากก๊าซมีเทนในแหล่งน้ำ การหายใจของพืชน้ำ การเติมอากาศของคาร์บอนไดร็อกไซด์ในอากาศ และการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนเนต และในทางกลับกันคาร์บอนไดร็อกไซด์ จะถูกใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืช การแพร่ของคาร์บอนไดร็อกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ และการเปลี่ยนรูปกลับไปเป็นคาร์บอนเนต

โดยสารละลายคาร์บอนेट (CO_3^{2-}) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของคาร์บอนไดร็อกไซด์ และน้ำ ซึ่งจะไม่เสถียรในธรรมชาติ จึงต้องทำการรวมตัวกับธาตุบางชนิดไม่ว่าจะเป็นแคลเซียม แมกนีเซียม และโปแทสเซียม อย่างไรก็ตามคาร์บอนेट เหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปกลับกลายเป็นคาร์บอนไดร็อกไซด์ได้เช่นกัน

สารประกอบคาร์บอน (จากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว) จะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ โดยตัวย่อยสลายต่างๆเช่น เห็ดรา และแบคทีเรีย เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปเห็ดรา มักมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีกว่าแบคทีเรีย โดยมีกระบวนการย่อยสลายดังนี้

7.3.1 การแตกสลายเริ่มแรกของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเกิดจากเห็ดรา และ actinomycetes ซึ่ง hyphal นั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการย่อยสลาย ซึ่งเห็ดราจะทำการย่อยสลายเซลลูโลส เนื่องจากเซลลูโลสนั้นเป็นส่วนแรกที่เกิดขึ้น เมื่อย่อยสลายแล้วก็จะกลายมาเป็นเซลลูโลส hemicellulose และลิกนิน

7.3.2 เป็นการย่อยสลายอีกขั้นหนึ่งซึ่งย่อยสลายส่วนที่เกิดขึ้นในขั้นแรก โดยตัวย่อยสลายครั้งนี้จะเป็นเห็ดรา และแบคทีเรีย ซึ่งขั้นนี้จะเป็นสารย่อยสลายเนื้อเยื่อซึ่งจะเกิด ก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์เกิดขึ้น

7.3.3 การย่อยสลายขั้นสุดท้ายเรียกว่า recalcitrant จะเป็นส่วนที่ย่อยสลายจนถึงส่วนที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนในรูปแบบสารละลาย ที่เกิดจากการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตซึ่งประมาณ 10%-20% ของสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นอะไร แต่จะอยู่ร่วมกับกรดอะมิโน กรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต ฟีนอล สเตอรอย และอื่นๆ

สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนในรูปแบบอนุภาค เกิดจากสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนในรูปแบบสารละลายถูกดูดซับโดยอนุภาคต่างๆ

สารประกอบคาร์บอน (จากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วที่อยู่ในแหล่งน้ำ) ทั้งแบบที่เป็นสารละลาย และแบบอนุภาค จะถูกย่อยสลายโดยตัวย่อยสลายที่อยู่ในแหล่งน้ำเปลี่ยนรูปเป็น ก๊าซ

มีเทน (CH_4) โดยในกระบวนการดังกล่าวจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ออกมาในปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยานี้มักเกิดขึ้นในส่วนที่เป็น aerobic zone ของตะกอนเพราะต้องใช้ ออกซิเจน ในการทำปฏิกิริยาดังนั้นจึงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า sediment oxygen demand (SOD)

7.4 dissolved oxygen (DO) หมายถึงก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ แหล่งกำเนิดที่สำคัญของปริมาณ DO คือกระแสลมที่พัดผ่านบนผิวน้ำ การไหลของน้ำ การเกิดคลื่นน้ำและกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ในทางกลับกันปริมาณ DO ในแหล่งน้ำจะลดลงอันเนื่องมาจากในแหล่งน้ำมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ซึ่งมีการดึงก๊าซออกซิเจนไปใช้ในการดำรงชีวิต ได้แก่ การหายใจของพืชน้ำและสาหร่าย, oxidation of nitrification reaction, biochemical oxygen demand: (BOD) และ sediment oxygen demand กระบวนการที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ DO อธิบายได้ดังนี้

7.4.1 reaeration การเติมออกซิเจนนั้นจะขึ้นอยู่กับความลึกและความเร็วของน้ำและลม โดยปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำและในอากาศนั้นสามารถมีการแลกเปลี่ยนกันได้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนทั้งในแหล่งน้ำและอากาศ และความเร็วของน้ำและความเร็วลม ซึ่งชั้นอากาศและชั้นน้ำนั้นจะสร้างสมดุลของกันและกันในกรณีที่สามารรถแลกเปลี่ยนปริมาณออกซิเจนให้แก่กันและกันได้ดังแสดงในสมการที่ (9)

สมการ reaeration

$$K_a = 5.026 \frac{U}{H^{1.67}} \quad \text{Churchill (1992)} \quad (9)$$

โดยที่	K_a	=	อัตราของ Reaeration (d^{-1})
	U	=	ความเร็ว (mps)
	H	=	ความสูงของระดับน้ำ (m)

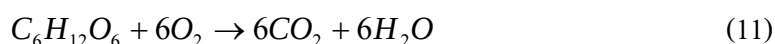
7.4.2 กระแสลม (wind wave) กระแสนั้นมีผลต่อการเติมอากาศของ ก๊าซออกซิเจน แต่เนื่องจากมีอิทธิพลที่มากมายทำให้ วิศวกรจึงได้ไม่พิจารณาผลกระทบของผลที่เกิดขึ้นต่อการเติมอากาศ

7.4.3 การสังเคราะห์แสง/การหายใจ (photosynthesis/respiration) โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชจะเป็นกระบวนการในการเพิ่มออกซิเจน แต่กระบวนการหายใจของพืชนั้นเป็นกระบวนการในการใช้ออกซิเจน ดังสมการที่ (10) และ (11) ตามลำดับ

กระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis)



กระบวนการหายใจ (respiration)



7.4.4 nitrification รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการ nitrification จะอธิบายในหัวข้อของไนโตรเจน

7.4.5 biochemical oxygen demand: (BOD) BOD คือปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ โดย BOD สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) carbonaceous biochemical oxygen demand: (CBOD) ความต้องการออกซิเจนของสารประกอบคาร์บอนจะเกิดขึ้นก่อน เนื่องจากแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับขบวนการ nitrification ที่ใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปแบบต่างๆของไนโตรเจนนั้นต้องอาศัยระยะเวลาในการเจริญเติบโต CBOD จะถูกนำไปใช้กับสิ่งมีชีวิตที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบในเซลล์เพื่อสร้างเนื้อเยื่อให้แก่สิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

สารประกอบคาร์บอนในเนื้อเยื่อจะดึงออกซิเจนไปใช้สำหรับส่วนประกอบย่อยๆข้างในเนื้อเยื่อเหล่านั้น เพื่อสร้างเนื้อเยื่อใหม่ โดยเนื้อเยื่อเหล่านี้จะทำการแปลงออกซิเจนไปเป็น ก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ และน้ำ ต่อไป

2) nitrogenous biochemical oxygen demand: (NBOD) หลังจากที่เกิด CBOD เกิดขึ้นแล้วก็จะเกิดขบวนการที่สอง ซึ่งเป็นขบวนการในการใช้ก๊าซออกซิเจนในสารประกอบของไนโตรเจนที่ประกอบอยู่ในแหล่งน้ำ

โดย NBOD จะเกิดขึ้นจากการนำออกซิเจนในการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็น ไนไตรท์ และไนเตรทเป็นไนโตรเจนในตอนท้ายสุด โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่เหมาะสม โดย NBOD จะถูกวัดได้จากการเติมด้วยยีสต์ nitrification ในขวดวัดค่า BOD ซึ่งหลังจากนี้จะวัดได้เพียงแต่ค่า CBOD โดยค่า BOD จะถูกวัดได้จากการไม่เติมด้วยยีสต์ลงไป ดังนั้น ค่า NBOD ก็จะได้จากค่าส่วนต่างของทั้งสองนั่นเอง ซึ่งขบวนการ nitrification จะกล่าวอย่างละเอียดในส่วนของไนโตรเจน

8. แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ 3 แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 1) แบบจำลอง URBS ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall-runoff model) 2) แบบจำลอง FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) และ 3) แบบจำลอง WASP ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ (water quality model) สำหรับทฤษฎีและหลักการของแบบจำลองแต่ละแบบจำลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

8.1 แบบจำลอง URBS

แบบจำลอง URBS ถูกพัฒนาโดย Queensland Department of Natural Resources and Mines ในปี ค.ศ. 1990 แบบจำลอง URBS มีความสามารถ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ สามารถจำลองแบบอัตราการไหลและระดับน้ำในลักษณะเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง โดยสามารถแสดงผลได้ทั้งแบบข้อความและกราฟ (กราฟน้ำฝนและกราฟน้ำท่า) รวมทั้งข้อมูลในรูปแบบของ spreadsheet นอกจากนั้นแล้วยังสามารถจำลองการชะล้างและการพัดพาของตะกอน และสามารถวิเคราะห์ค่าเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม

แบบจำลอง URBS มีแบบจำลองย่อย 3 แบบจำลอง ที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า คือ แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณ

น้ำฝน และแบบจำลองการประเมินปริมาณการไหลพื้นฐาน โดยรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองย่อยสรุปได้ดังนี้

8.1.1 แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า

แบบจำลอง URBS เป็นหนึ่งในแบบจำลองประเภทโครงข่ายการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า (runoff-routing networked models) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง URBS ประกอบด้วย แบบจำลอง Basic และแบบจำลอง Split

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่าของแบบจำลอง URBS ประกอบด้วย ความยาวลำน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของทางน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ สัดส่วนพื้นที่ชุมชนเมือง สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ที่แบบจำลองต้องการอย่างน้อยที่สุดคือ ความยาวลำน้ำ ในขณะที่พารามิเตอร์ที่เหลือทั้งหมดนั้นได้มาจากกระบวนการจำลองการไหลซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามดุลยพินิจของผู้ใช้งานแบบจำลอง โดยรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง Basic และแบบจำลอง Split สรุปได้ดังนี้

1) แบบจำลอง Basic (Basic model)

สมมติฐานของแบบจำลอง Basic คือปริมาตรเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะถูกพิจารณารวมเป็นปริมาตรเก็บกักเดียวกันในลักษณะของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง (non-linear reservoir) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหล (S-Q) ของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรงตามแนวความคิดสามารถแสดงได้ดังนี้

$$S = k_c^1 Q^m \quad (12)$$

เมื่อ k_c^1 คือ ค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนตัวแบบไม่เป็นเส้นตรงของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นฟังก์ชันกับลักษณะเฉพาะของปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำ เมื่อทำการแทนค่า k_c^1 ด้วยลักษณะเฉพาะดังกล่าวส่งผลให้สมการของปริมาตรเก็บกักเปลี่ยนรูปดังนี้

$$S = \left\{ \frac{\alpha f L n (1+F)^2}{\sqrt{S_c} (1+U)^2} \right\} Q^m \quad (13)$$

เมื่อ	S	=	ปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำ (ลบ.ม. ชม./วินาที)
	α	=	พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของ การเก็บกัก (storage lag parameter)
	f	=	แฟคเตอร์ความยาวของช่วงลำน้ำ
	L	=	ความยาวลำน้ำ (กม.)
	U	=	สัดส่วนพื้นที่เมืองของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (fraction urbanization of sub-catchment)
	F	=	สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (fraction of sub-catchment forested)
	n	=	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ
	S_c	=	ความลาดชันของทางน้ำ
	Q	=	ปริมาณน้ำไหลออก (ลบ. ม./วินาที)
	m	=	พารามิเตอร์ความเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็น เส้นตรงของพื้นที่ลุ่มน้ำ (catchment non-linearity parameter)

ความไม่มีเสถียรภาพของการวิเคราะห์สามารถตรวจสอบได้โดยการนำค่า k_c^1 หารด้วยช่วงเวลาการวิเคราะห์ (δT) ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับเกณฑ์การวิเคราะห์แสดงดังสมการดังนี้

$$\frac{k_c^1}{\delta T} \leq 0.01 \quad (14)$$

อย่างไรก็ตาม เมื่อความไม่มีเสถียรภาพเกิดขึ้น ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรปรับเปลี่ยนให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรืออาจลดค่าช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

2) แบบจำลอง Split (Split model)

แบบจำลอง Split เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่าซึ่งมีหลักการคล้ายกับแบบจำลอง Basic แต่ปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำและลำน้ำจะถูกแบ่งแยกจากกันอย่างอิสระ โดยเมื่อฝนตกลงบนพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย ปริมาณน้ำฝนจะเคลื่อนตัวผ่านปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่กลุ่มน้ำ เพื่อไหลไปสู่ลำน้ำโดยใช้หลักการการเคลื่อนตัวของน้ำท่าบนพื้นที่กลุ่มน้ำ จากนั้นปริมาณการไหลออกจากปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำซึ่งเปรียบเสมือนเป็นปริมาณการไหลเข้าปริมาตรเก็บกักลำน้ำจะถูกเคลื่อนตัวไปตามทางน้ำด้วยวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยหลักการการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำผ่านปริมาตรเก็บกักกลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักลำน้ำแสดงได้ดังนี้

(1) การเคลื่อนตัวบนพื้นที่กลุ่มน้ำ (catchment routing)

สำหรับการเคลื่อนตัวบนพื้นที่กลุ่มน้ำนั้นจะใช้ปริมาตรเก็บกักกลุ่มน้ำเป็นตัวแทนอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหลแสดงได้ดังนี้

$$S_{catch} = \left\{ \frac{\beta \sqrt{A}(1+F)^2}{(1+U)^2} \right\} Q^m \quad (15)$$

เมื่อ	S_{catch}	=	ปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำ (ลบ. ม./วินาที)
	β	=	พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของกลุ่มน้ำ (catchment lag parameter)
	A	=	พื้นที่กลุ่มน้ำย่อย (ตร. กม.)
	U	=	สัดส่วนพื้นที่เมืองของพื้นที่กลุ่มน้ำ
	F	=	สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่กลุ่มน้ำ
	m	=	พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็น เส้นตรงของกลุ่มน้ำ

(2) การเคลื่อนตัวในลำน้ำ (channel routing)

สำหรับการเคลื่อนตัวในลำน้ำมีพื้นฐานมาจากวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรงซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$S_{chnl} = \alpha f \frac{nL}{\sqrt{S_c}} (xQ_u + (1-x)Q_d)^{n^1} \quad (16)$$

เมื่อ	S_{chnl}	=	ปริมาตรเก็บกักในลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
	α	=	พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลำน้ำ (channel lag parameter)
	f	=	แฟกเตอร์ความยาวลำน้ำ
	L	=	ความยาวลำน้ำ (กม.)
	S_c	=	ความลาดชันทางน้ำ
	Q_u	=	ปริมาณการไหลเข้าทางด้านเหนือลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
	Q_d	=	ปริมาณการไหลออกทางด้านท้ายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
	x	=	พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของ Muskingum
	n^1	=	พารามิเตอร์แบบไม่เป็นเส้นตรงของ Muskingum
	n	=	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

8.1.2 แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall runoff-loss models)

แบบจำลอง URBS มีแนวคิดในการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน 2 วิธี คือ การจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียว และแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง โดยการจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียวและแบบต่อเนื่องนั้นมีสิ่งที่คล้ายกันคือผู้ใช้ต้องกำหนดปริมาณการสูญเสียของปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำก่อนที่จะเกิดปริมาณน้ำท่า ซึ่งสามารถเรียกการสูญเสียประเภทนี้ว่า การสูญเสียเริ่มต้น (initial loss)

1) การจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียว (event base rainfall loss modelling)

สำหรับการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียว ของแบบจำลอง URBS นั้น มีวิธีการวิเคราะห์การสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียวทั้งสิ้น 3 วิธี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่ทึบน้ำ (impervious loss model)

แบบจำลอง URBS จะสมมติค่า default ว่าไม่มีการสูญเสียเริ่มต้น และปริมาณการไหลออกจากพื้นที่ที่ทึบน้ำจะเป็น 100% อย่างไรก็ตาม มีการทำการวิจัยเกี่ยวกับการสูญเสียเริ่มต้น โดยได้แนะนำว่าค่าการสูญเสียเริ่มต้นมีค่าประมาณ 1 ถึง 2 มม. และสัดส่วนของการกลายเป็นปริมาณน้ำท่าควรมีค่าอยู่ระหว่าง 90% ถึง 100% นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยกลุ่มหนึ่งเช่น Boyd et al. (1993) ได้แนะนำว่า สัดส่วนใช้การของพื้นที่ที่ทึบน้ำ (effective fraction impervious) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 และ 0.9

(2) แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (pervious loss models)

แบบจำลอง URBS มีแบบจำลองย่อยในการจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้จำนวน 3 แบบจำลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(2.1) แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (continuing loss model)

แบบจำลองย่อยนี้มีสมมติฐานว่ามีปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (i_l มม.) ก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นปริมาณน้ำฝนใช้การ (effective rainfall) หลังจากนั้นอัตราการสูญเสียต่อเนื่อง (c_l มม./ชม.) จะถูกประยุกต์กับปริมาณน้ำฝน

(2.2) แบบจำลองปริมาณน้ำท่าแบบสัดส่วน (proportional runoff model)

แบบจำลองย่อยนี้สมมติว่า มีปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (il : มม.) ก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นปริมาณน้ำฝนใช้การ (effective rainfall) หลังจากนั้นสัดส่วนของปริมาณน้ำท่า (pr) จะถูกสมมติขึ้น

(2.3) แบบจำลองการสูญเสียของ Manley-Phillips (Manley-Phillips loss model)

แบบจำลองนี้จะทำการสมมติว่าอัตราการสูญเสียมีพื้นฐานมาจากสมการต่อไปนี้

$$f_i = \frac{1}{2}(2kP)^{1/2}t^{-1/2} + k \quad (17)$$

เมื่อ f_i = อัตราการสูญเสียหลังจากเวลา t (มม./ชั่วโมง)

t = เวลา (ชั่วโมง)

P = เสดของน้ำที่ถูกดูดซึม (capillary suction head) (มม.)

k = อัตราการสูญเสียอิ่มตัว (มม./ชั่วโมง)

(3) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ที่มีผลกระทบต่อพารามิเตอร์ในแบบจำลองการสูญเสีย (including spatial variability effects in loss model parameters)

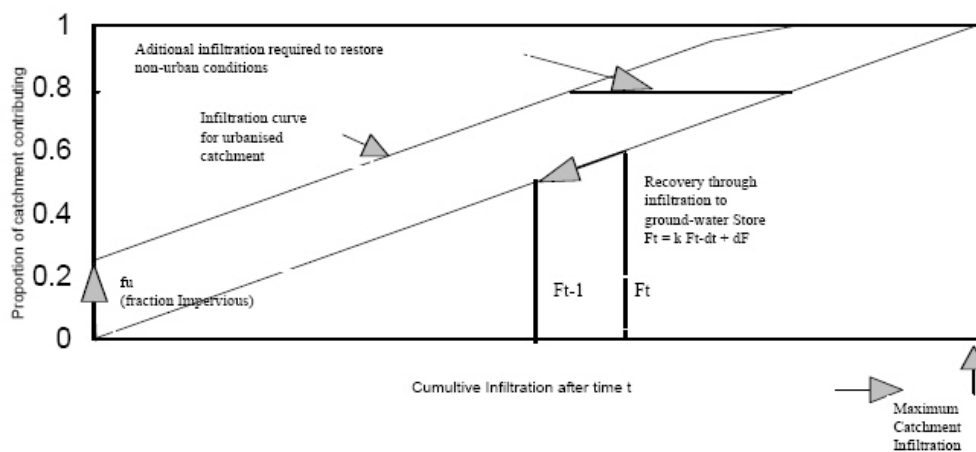
วิธีการนี้ เมื่อมีการซึมลงสู่ชั้นดินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้โดยมีระยะทาง x มม. แล้วจะสามารถคาดเดาได้ว่าจะมีสัดส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ y ที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำท่า โดยแบบจำลอง URBS ได้สมมติแบบจำลองที่ง่ายที่สุดในลักษณะของการกระจายตัวแบบเส้นตรงเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$f_{ect} = f_u + \frac{F_t}{F_{\max}}, \quad \text{Max}(f_{ect}) = 1 \quad (18)$$

เมื่อ f_{ect} = พื้นที่ที่เปียกน้ำอย่างแท้จริง
 f_u = พื้นที่ที่เปียกน้ำปัจจุบัน
 F_t = ปริมาณการซึมลงดินสะสมในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (มม.) หลังจากเวลา t
 $F_{\max}$ = ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยแบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินแสดงได้ดังภาพที่ 9

ดังนั้นปริมาณน้ำฝนส่วนเกินในแต่ละช่วงเวลาสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (19)

$$R_i = f_{eff} C_{imp} R_i^{tot} + (1 - f_{eff}) R_i^{per} \quad (19)$$



ภาพที่ 9 แบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินบนพื้นฐานของพื้นที่

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

เมื่อ R_i^{tot} = ความลึกของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด
 C_{imp} = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่เปียกน้ำ

$$R_i^{per} = \text{ความลึกของปริมาณน้ำฝนส่วนเกินในพื้นที่
ที่น้ำซึมผ่านได้ซึ่งถูกคำนวณผ่านทางแบบ
จำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้}$$

สำหรับการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียสามารถทำได้โดยการ
ลดลงของปริมาณการซึมลงสู่ชั้นดินหลังจากช่วงเวลาการคำนวณซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$F_t = k_{\delta T} F_d, k_{\delta T} = k^{\frac{\delta T}{24}} \quad (20)$$

เมื่อ $k_{\delta T}$ คือ สัมประสิทธิ์การลดลง
 k_{24} คือ สัมประสิทธิ์สำหรับเวลา 24 ชั่วโมง

2) การจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และการจำลองปริมาณการสูญเสีย
แบบต่อเนื่อง (rainfall-runoff model/continuous loss modeling)

แบบจำลอง URBS มีแบบจำลองในการคำนวณปริมาณการสูญเสีย
แบบต่อเนื่อง 2 วิธี คือ แบบจำลองคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น และแบบจำลองสมดุล
น้ำแบบ third party water model

(1) แบบจำลองการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (recovering
initial loss models: RILM)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่องหรือปริมาณการ
สูญเสียแบบสัดส่วน ของแบบจำลองแบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (pervious loss
models) ในการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียว (event base rainfall loss
modelling) ยังไม่สามารถวิเคราะห์การคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นในช่วงหลังฤดูแล้ง
ได้ แต่แบบจำลอง RILM เป็นแบบจำลองที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

แบบจำลอง RILM เป็นแบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบง่าย ๆ โดย
ความจุของปริมาตรเก็บกักของการสูญเสียเริ่มต้น (IL_{max}) จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้ แต่ถ้าไม่มีการ

กำหนดแบบจำลองจะคำนวณจากเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรก โดยคำนวณจากกรณีที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยกว่าสัจการสูญเสีย ซึ่งปริมาณน้ำที่ขาดนี้จะถูกกำหนดให้เป็นปริมาตรเก็บกักของการสูญเสียเริ่มต้น ดังนั้นเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรกควรเริ่มในช่วงฤดูแล้ง โดยแบบจำลอง RILM ประกอบด้วย แบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1.1) แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (continuing loss model)

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองง่าย ๆ ที่ถูกพัฒนาเพื่อยอมให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} IL_{(i+1)} &= IL_i, & R_i &> clr_i \cdot \delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_i + f \cdot (clr_i \delta t - R_i), & R_i &\leq clr_i \cdot \delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_{\max}, & IL_i &> IL_{\max} \end{aligned} \quad (21)$$

เมื่อ R_i = อนุกรมของปริมาณน้ำฝน
 clr_i = อนุกรมของอัตราการสูญเสียแบบต่อเนื่อง
 δt = ช่วงเวลา

f = พารามิเตอร์สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองและเป็นตัวแทนโดย f ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 และ 0.5 Markar (2001)

(1.2) แบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน (proportional loss model)

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองแบบง่าย ๆ ที่ถูกพัฒนาเพื่อที่จะอนุญาตให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} IL_{(i+1)} &= IL_i, & prR_i &> rlr_i \cdot \delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_i + rlr_i \delta t - R_i, & R_i &\leq rlr_i \cdot \delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_{\max}, & IL_i &> IL_{\max} \end{aligned} \quad (22)$$

เมื่อ R_i = อนุกรมของปริมาณน้ำฝน
 pr = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าแบบเป็นสัดส่วน
 rlr = การคืนสภาพของอัตราการสูญเสีย เมื่ออัตราของปริมาณฝนน้อยกว่าอัตราการสูญเสียแล้วปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นสามารถที่จะคืนสภาพได้

(2) Third party water balance models

แบบจำลองสมดุลน้ำ อาทิเช่น แบบจำลอง AWBM (Boughton, 1993) อาจถูกนำมาใช้เพื่อหาปริมาณการสูญเสียสำหรับเหตุการณ์ที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองนี้จะให้ผลการวิเคราะห์คือปริมาณน้ำท่าหรือปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่ตำแหน่งตั้งสถานีตรวจวัด โดยแบบจำลอง URBS สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้โดยจะพิจารณาเป็นรายลุ่มน้ำย่อยไป และเมื่อแบบจำลองนี้ถูกนำไปใช้จะสามารถแน่ใจได้ว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับแบบจำลองการสูญเสียเหตุการณ์เดียวจะถูกกำหนดว่าไม่สามารถทำให้เกิดการสูญเสียได้

8.1.3 แบบจำลองปริมาณการไหลพื้นฐาน (baseflow model)

แบบจำลอง URBS สามารถประเมินปริมาณการไหลพื้นฐานได้ทั้งแบบคงที่และแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยค่าเริ่มต้นของปริมาณการไหลพื้นฐานสามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าแรกของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่กำหนดใน gauging station files (Q_r) สำหรับการประเมินการไหลพื้นฐานแบบคงที่จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ Q_r ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ในขณะที่ปริมาณการไหลพื้นฐานแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาสามารถคำนวณได้โดยการใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Qb_i = BR(Qb_{i-1}) + BC(Qr)^{BM} \quad (23)$$

เมื่อ Qb_i, Qb_{i-1} = ปริมาณการไหลพื้นฐานสำหรับช่วงเวลา i และ $i-1$
ตามลำดับ

BR = ค่าคงที่ถดถอยรายวันของปริมาณการไหลพื้นฐาน
(daily baseflow recession factor)

BC = ค่าคงที่การไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำท่า
(baseflow constant applied to runoff)

BM = ค่าเลขกำลังการไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูล
น้ำท่า (baseflow exponent applied to runoff)

พารามิเตอร์เหล่านี้สามารถกำหนดได้จากคำสั่ง “DEFAULT PARAMETERS” ใน catchment definition file ซึ่งจะอธิบายต่อไปในตัวอย่าง สำหรับแบบจำลอง URBS version ปัจจุบันนี้ ค่า BM จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 และค่า BR, BC และ BM จะกำหนดให้มีค่าคงที่ทุกจุดพิจารณาของกลุ่มน้ำ

8.2 แบบจำลอง FLDWAV

แบบจำลองคณิตศาสตร์ FLDWAV เป็นแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic) ประเภท public domain ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย National Weather Service (NWS) โดยมีพื้นฐานจากแบบจำลอง DWOPER (released in 1984) และแบบจำลอง DAMBRK (released in 1988) แบบจำลอง FLDWAV เป็นแบบจำลองที่ใช้จำลองการไหลแบบ unsteady flow ในทางน้ำ

สายเดี่ยว หรือทางน้ำที่มีสาขา โดยแบบจำลองสร้างขึ้นบนพื้นฐานของการแก้สมการเซนต์-วีแนนท์ โดยวิธี weighted four-point implicit finite-difference scheme

8.2.1 ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง FLDWAV สรุปได้ดังนี้

1) จำลองการเคลื่อนตัวทางชลศาสตร์ของกราฟปริมาณการไหลออก (outflow hydrograph) สู่ด้านท้ายน้ำผ่านระบบแม่น้ำ โดยการประยุกต์ใช้สมการเซนต์-วีแนนท์

2) การพิจารณาผลกระทบด้านท้ายน้ำของเขื่อน สะพาน คันกั้นน้ำ จุดบรรจบลำน้ำ พื้นที่เก็บกักน้ำนอกทางน้ำ ความคลาดเคลื่อนของแม่น้ำ และน้ำที่เอ่อจากการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล

3) จำลองลักษณะการไหลที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (newtonian) และการไหลที่มีโคลน/ตะกอนดิน (non-newtonian)

4) การแสดงผลด้านนอก ประกอบด้วย

(1) ระดับน้ำตามแนวลำน้ำ

(1.1) ระยะเวลาการเคลื่อนตัวของน้ำท่วม

(1.2) กราฟของปริมาณน้ำ/ระดับน้ำ/ความเร็วในการไหล

5) ข้อมูลด้านนอกสำหรับการจัดทำแผนที่น้ำท่วม

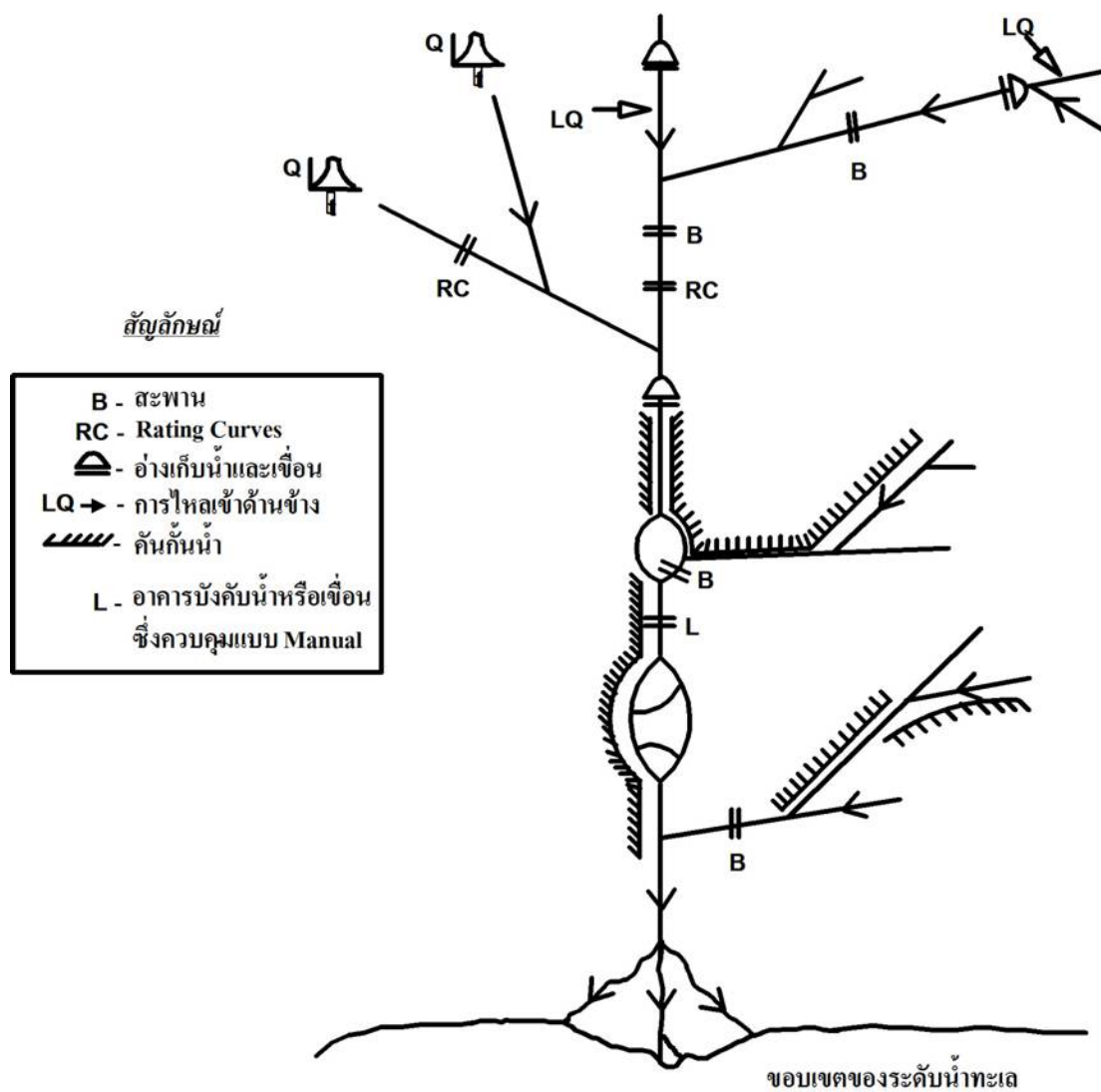
(1) ตำแหน่งของลำน้ำ (พิกัดที่ตั้ง)

(2) ระดับตลิ่งของลำน้ำตามแนวยาวลำน้ำ

(3) ระดับผิวน้ำตามแนวยาวลำน้ำ สำหรับพื้นที่ที่จะจัดทำแผนที่น้ำท่วม

(4) ความกว้างของลำน้ำ ซึ่งตรงกับระดับน้ำผิวน้ำตามแนวยาวลำน้ำ

สำหรับแผนผังการประยุกต์ใช้ของแบบจำลอง FLDWAV แสดงดังใน ภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนผังการประยุกต์ใช้ของแบบจำลอง NWS-FLDWAV

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

8.2.2 ชีตความสามารถของแบบจำลอง FLDWAV สรุปแสดงได้ดังนี้

1) มิติของตัวแปร (variable dimensioning) โครงสร้างของข้อมูลด้านเข้าแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของขนาด array จะถูกจัดเตรียมและตรวจสอบให้ขึ้นอยู่กับระบบแม่น้ำ ซึ่งวิธีการนี้ จะช่วยกำจัดปัญหาของการขาดจำนวนช่วงเวลา และรูปตัดขวางลำน้ำ

2) ระบบแม่น้ำ (multiple rivers) แบบจำลอง FLDWAV สามารถจำลองแบบระบบแม่น้ำทั้งแบบแม่น้ำสายเดียวหรือมีลำน้ำสาขา (dendritic river) และแบบโครงข่ายแม่น้ำ (channel network)

3) เขื่อนและสะพาน/คันกั้นน้ำ (dam and bridge/embankment) ความสามารถในการจำลองแบบเขื่อน สะพาน ยังคงมีอยู่เหมือนกับที่มีในแบบจำลอง DAMBRK

4) ทางเลือกของคันกั้นน้ำ (levee option) การไหลล้นข้ามคันกั้นน้ำ ซึ่งตั้งอยู่แต่ละฝั่งของแม่น้ำสายหลัก หรือลำน้ำสาขา สามารถจำลองได้โดยใช้แบบจำลอง FLDWAV

5) การคำนวณอย่างต่อเนื่อง (simultaneous method of computation) แบบจำลอง FLDWAV สามารถจำลองการเคลื่อนตัวของการไหลแบบ unsteady ซึ่งเกิดจากระบบแม่น้ำที่มีลำน้ำสาขาได้อย่างต่อเนื่องกัน นอกจากนี้ ยังคำนวณการควบคุมการไหลโดยอาคารชลศาสตร์ชนิดต่าง ๆ ในลำน้ำ ได้แก่ เขื่อน สะพาน และคันกั้นน้ำ เป็นต้น และยังสามารถคำนวณการพังทลายของอาคารชลศาสตร์เหล่านั้นได้

6) ลักษณะของการไหล (flow regime) แบบจำลอง FLDWAV สามารถจำลองลักษณะการไหลได้ทั้งแบบ sub-critical, super-critical, critical หรือรวมกันหลายๆ ลักษณะการไหล ได้ทั้งสถานที่และเวลา โดยใช้ทฤษฎีการแก้สมการการไหลแบบ mixed flow ที่เรียกว่า Local Partial Inertia (LPI)

7) เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) ขอบเขตด้านเหนือน้ำ สามารถใช้ได้ทั้งกราฟระดับน้ำหรือกราฟปริมาณการไหล สำหรับแต่ละลำน้ำ ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำสามารถ

ใช้ได้ทั้งกราฟระดับน้ำปริมาณการไหล ระดับน้ำทะเล หรือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหล

8) เงื่อนไขเริ่มต้น (initial conditions) เงื่อนไขเริ่มต้น กำหนดได้ทั้งระดับผิวน้ำตามแนวยาวลำน้ำ หรือปริมาณการไหล สำหรับแต่ละรูปตัดขวางลำน้ำ แบบจำลอง FLDWAV สามารถเริ่มต้นคำนวณโดยอยู่ในทั้งสถานะแบบ steady-state หรือ unsteady-state ถ้าประยุกต์ใช้กับการจัดการน้ำจะต้องทราบค่าเริ่มต้นของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ หรือระดับของประตูน้ำ เป็นต้น

9) ช่วงเวลาในการคำนวณ (computational time step) ช่วงเวลาในการคำนวณ (computational time step): ช่วงเวลาในการคำนวณเริ่มต้นโดย แบบจำลองจะทำการตรวจสอบจากช่วงเวลาที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดในแต่ละกราฟน้ำท่าที่ไหลเข้า (ขอบเขตด้านเหนือ) แล้วนำค่าช่วงเวลานั้นมาหารด้วย 20 ซึ่งค่าที่ได้นี้จะนำไปปรับใช้ในการคำนวณ เพื่อให้การวิเคราะห์การพังทลายของอาคารชลศาสตร์สามารถกระทำได้ แบบจำลองจะเลือกใช้ค่าต่ำสุดระหว่างค่าช่วงเวลาที่ทำให้เกิดการคำนวณที่ทำให้เกิดการพังทลาย (failure time step) กับค่าช่วงเวลาการคำนวณเริ่มต้น (initial time step)

10) สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ (roughness coefficients) ค่าแมนนิงถูกกำหนดสำหรับแต่ละช่วงลำน้ำซึ่งอยู่ระหว่างสถานีวัดน้ำท่า และถูกระบุเป็นฟังก์ชันของทั้งค่าระดับน้ำและปริมาณการไหลตามแนวลำน้ำ การประมาณค่าแบบเชิงเส้นตรงจะถูกนำมาใช้ในการหาค่าแมนนิงที่เหมาะสมสำหรับค่าระดับน้ำหรือปริมาณการไหล โดยส่วนมากแล้วนั้นค่าแมนนิงจะถูกกำหนดจากรูปตัดลำน้ำด้านเหนือ และจำลองอยู่ภายในช่วงลำน้ำระหว่างแต่ละรูปตัดขวางลำน้ำ

11) การปรับเทียบแบบอัตโนมัติ (automatic calibration) เป็นทางเลือกในการตรวจสอบหาค่าแมนนิงที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ผลต่างของค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดจริง มีค่าต่างกันน้อยที่สุด นอกจากนี้ สำหรับในพื้นที่ศึกษาที่ไม่สามารถหาข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำได้ แบบจำลองนี้ยังมีทางเลือกในหาค่าเฉลี่ยของรูปตัดขวางลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ

12) การจัดพิมพ์ข้อมูลด้านออก (printer output) แบบจำลอง FLDWAV สามารถแสดงและพิมพ์ข้อมูลด้านเข้า ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลด้านชลศาสตร์ของทุกรูปตัดขวางลำน้ำ ในทุก

ช่วงเวลาการคำนวณ ข้อมูลกราฟปริมาณน้ำนองสูงสุด ระดับน้ำ และปริมาณการไหล รวมทั้งค่าทางสถิติของค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการบันทึก

13) การเคลื่อนตัวตามแนวลำน้ำ (multiple routing) ทฤษฎีการเคลื่อนตัวตามแนวลำน้ำในระบบแม่น้ำ ในปัจจุบันมีอยู่ 4 วิธี คือ 1) dynamic implicit 2) dynamic explicit 3) level pool (storage) และ 4) diffusion โดยในแต่ละช่วงลำน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างรูปตัดขวางลำน้ำ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดให้ใช้ทฤษฎีการเคลื่อนตัวของน้ำที่แตกต่างกันได้ จากค่าพารามิเตอร์ KRCH และวิธีการคำนวณแบบ LPI ก็จะถูกประยุกต์ใช้กับลำน้ำบางประเภท

14) วิธีการแก้ไขค่าผิดพลาด (Kalman filter) ถ้าระบบแม่น้ำใดมีสถานีวัดน้ำท่ามากกว่าสองสถานีขึ้นไป จะสามารถใช้วิธีการแก้ไขค่าผิดพลาดโดยวิธี Kalman filter ซึ่งสามารถคำนวณได้จากแบบจำลอง กับค่าที่ตรวจวัดได้จริง เพื่อทำนายระดับน้ำหรือปริมาณการไหล สำหรับทางเลือกนี้จะสามารถประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์น้ำตามเวลาจริง (real-time) หรือกรณีที่มีข้อมูลการตรวจวัดน้ำ

15) ช่วงเวลา (Δt time series) ทางเลือกนี้ ยอมให้ให้ผู้ใช้สามารถจะจงใช้ช่วงเวลาหลายค่า ที่มาจากช่วงเวลาของกราฟปริมาณน้ำไหลได้

16) ทางเลือกสำหรับการไหลที่มีส่วนผสมของโคลน/ตะกอนดิน (mudflow/debris flow option): แบบจำลอง FLDWAV มี 3 วิธีการในการวิเคราะห์เกี่ยวกับโคลน/ตะกอนดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเทอมของความลาดชัน เนื่องมาจากการกระจายความหนืดภายในของของไหลแบบ non-newtonian และความเสียดทานของเส้นไถลจากการเคลื่อนตัวของเมล็ดทราย/ตะกอนดิน

8.2.3 การแก้สมการเซนท-วีแนนท์ โดยวิธีการ implicit finite-difference โดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก 4 จุด (weighted four-point) ด้วยสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial s_c(A + A_o)}{\partial t} - q_L = 0 \quad (24)$$

$$\frac{\partial(s_m Q)}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q^2 / A)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \overline{S_f} + S_e + S_i \right) + L + W_f B = 0 \quad (25)$$

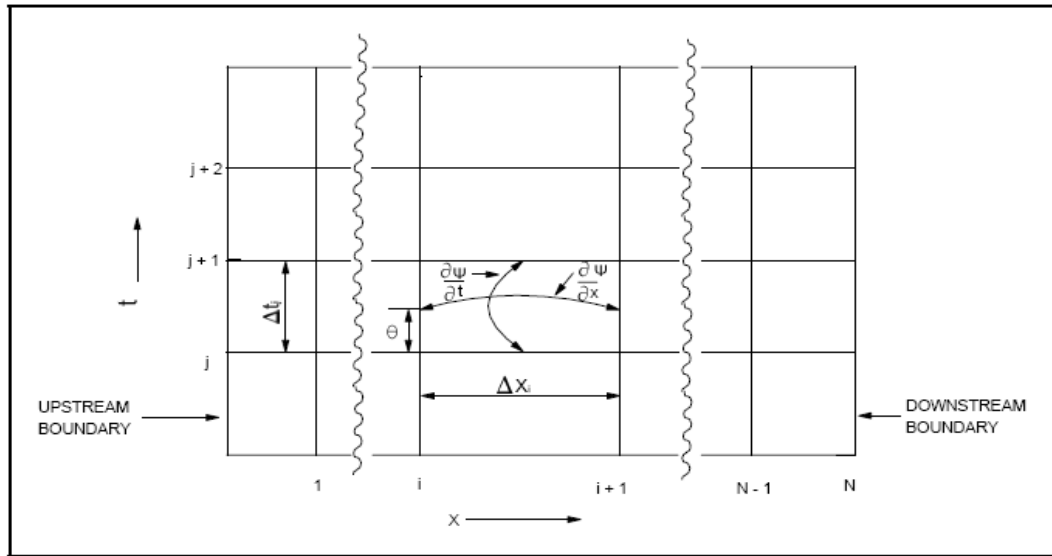
เมื่อ	Q	คือ	ปริมาณการไหล
	A	คือ	พื้นที่ส่วนเปียกน้ำของรูปตัดตามขวางลำน้ำ
	A _o	คือ	พื้นที่ส่วนเปียกน้ำของรูปตัดนอกลำน้ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคัน กั้นน้ำหรือจุดบรรจบของลำน้ำสาขา
	B	คือ	ความกว้างของลำน้ำ
	s _c และ s _m	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของความคดเคี้ยว ซึ่งขึ้นอยู่กับความลึกน้ำ สำหรับมวลและโมเมนตัม ตามลำดับ
	β	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนตัม สำหรับความเร็วการไหลแบบ non-uniform
	q	คือ	การไหลเข้าด้านข้าง (ถ้าเป็นการไหลเข้า จะมีค่าเป็นบวก ส่วนการไหลออก จะมีค่าเป็นลบ)
	t	คือ	ระยะเวลา
	x	คือ	ระยะทางที่วัดตามแนวของค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยในท่อน้ำ ท่อม
	g	คือ	ค่าคงที่ของอัตราความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	h	คือ	ระดับของผิวน้ำ
	L	คือ	ผลกระทบจากโมเมนตัมของปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (L = -qv _x เมื่อ v _x คือ ความเร็วของปริมาณการไหลเข้าด้าน ตามแนวแกน X, L = -qQ/(2A) สำหรับปริมาณการไหล ออกแบบรัวซึม, L = -qQ/A สำหรับปริมาณการไหลออก ด้านข้าง เช่น การไหลข้ามคันกั้นน้ำ

S_f	คือ	ความลาดเทของขอบเขตความเสียดทาน (Boundary friction slope) หรือ $(S_f = (Qn / (1.49AR^{2/3}))^2$ เมื่อ n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ และ R คือ ค่ารัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
S_e	คือ	ความลาดชันเนื่องจาก local expansion-contraction (Large eddy loss)
W_f	คือ	เทอมของความเร็วลม

จากสมการที่ (24) และ (25) นั้น แบบจำลอง FLDWAV สามารถแก้สมการนี้ได้ทั้งเทคนิคแบบ explicit หรือ implicit finite-difference โดยวิธีการ explicit นั้น ถึงแม้ว่าจะมีความง่ายในการประยุกต์ใช้ แต่ก็ข้อจำกัดในเรื่องความมีเสถียรภาพในการคำนวณ ต้องกำหนดค่าให้ใช้ช่วงเวลา (computational time step) น้อยมาก ๆ ในการคำนวณ ซึ่งจะส่งผลให้วิธีการ explicit นั้น ไม่มีประสิทธิภาพ และความเหมาะสมสำหรับการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากต้องใช้เวลานานมากในการคำนวณ

สำหรับวิธีการ implicit finite-difference โดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก 4 จุด (weighted four-point) นั้น จะหาค่าระดับน้ำ (H) และปริมาณการไหล (Q) จาก continuous x - t (space-time) region ซึ่งเป็นโครงข่ายแบบสี่เหลี่ยมของจุดที่แยกออกจากกัน ดังแสดงในภาพที่ 11 โดยจุดต่าง ๆ ในโครงข่ายเป็นของตัวแปรอิสระ x และ t ซึ่งจะถูกคำนวณมาจากจุดตัดกันระหว่างเส้นที่ขนานกับแกน t (time axis) เป็นตัวแทนของตำแหน่งของรูปตัดขวางลำน้ำตามแนวลำน้ำ ซึ่งมีระยะห่างเท่ากับ Δx_i และเส้นที่ขนานกับแกน x (distance line) เป็นตัวแทนของเวลา ซึ่งค่าเท่ากับ Δt_j โดยแต่ละจุดจะถูกบ่งชี้ด้วยตัวห้อย (subscript i) สำหรับบอกตำแหน่ง และตัวยก (superscript j) สำหรับบอกเวลา

สำหรับอนุพันธ์ของเวลา (time derivatives) ประมาณค่าโดยวิธีความแตกต่างแบบย้อนไปข้างหน้า (forward-difference) ระหว่างจุด i^h และ $i+1$ ตามแกน x ดังแสดงใน สมการที่ (26)



ภาพที่ 11 แกน x-t สำหรับวิธีการ implicit finite-difference

ที่มา: นุชนารดและคณะ (2550)

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{\Psi_i^{j+1} + \Psi_{i+1}^{j+1} - \Psi_i^j - \Psi_{i+1}^j}{2\Delta t_j} \quad (26)$$

เมื่อ Ψ คือ ตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ $Q, h, A, A_o, s_{co}, s_m$ และอื่น ๆ

สำหรับอนุพันธ์ของระยะทาง (spatial derivatives) ประมาณค่าโดยวิธีความแตกต่างแบบย้อนไปข้างหน้า (forward-difference) ระหว่างจุด 2 จุดที่อยู่ติดกันในเส้นของเวลา (time lines) และค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก θ และ $(1-\theta)$ ดังแสดงในสมการที่ (27)

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} = \theta \left[\frac{\Psi_{i+1}^{j+1} - \Psi_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right] + (1-\theta) \left[\frac{\Psi_{i+1}^j - \Psi_i^j}{\Delta x_i} \right] \quad (27)$$

สำหรับอนุพันธ์ของตัวแปรอื่น ๆ ก็จะถูกประมาณค่าที่ช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ อนุพันธ์ของระยะทางและใช้ค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักค่าเดียวกัน ดังแสดงในสมการที่ (28)

$$\Psi = \theta \left[\frac{\Psi_i^{j+1} + \Psi_{i+1}^{j+1}}{2} \right] + (1-\theta) \left[\frac{\Psi_i^j + \Psi_{i+1}^j}{2} \right] \quad (28)$$

ค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (θ) ถ้ามีค่าเท่ากับ 1.0 จะเรียกว่าเป็นวิธีการแบบ fully implicit หรือ backward difference โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.55 ถึง 0.60 เพื่อช่วยลดความไม่มีเสถียรภาพในการคำนวณ อย่างไรก็ตาม ค่า θ นั้น สามารถถูกกำหนดได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งจะมีค่ามากกว่าค่าที่ใช้เป็นปกติ โดยกำหนดผ่านตัวพารามิเตอร์ F1 ในแบบจำลอง FLDWAV

สมการที่ (26) ถึง (28) จะถูกแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ (24) และ (25) ดังแสดงสมการแบบ implicit finite difference โดยวิธีถ่วงน้ำหนัก 4 จุด (weighted four-point) ได้ดังสมการที่ (29) และ (30)

$$\begin{aligned} & \theta \left[\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right] - \theta q_i^{j+1} + (1-\theta) \left[\frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x_i} \right] - (1-\theta) q_i^j \\ & + \left[\frac{s_{co_i}^{j+1} (A + A_0)_i^{j+1} + s_{co_i}^{j+1} (A + A_0)_{i+1}^{j+1} - s_{co_i}^j (A + A_0)_i^j - s_{co_i}^j (A + A_0)_{i+1}^j}{2\Delta t_j} \right] = 0 \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} & \left[\frac{(s_{m_i} Q)^{j+1} + (s_{m_i} Q)^{j+1} - (s_{m_i} Q)^{j+1} - (s_{m_i} Q)^{j+1}}{2\Delta t_j} \right] + \theta \left[\frac{(\beta Q^2 / A)_{i+1}^{j+1} - (\beta Q^2 / A)_i^{j+1}}{\Delta x_i} \right. \\ & + g \bar{A}^{j+1} \left(\frac{h_{i+1}^{j+1} - h_i^{j+1}}{\Delta x_i} + \bar{S}_f^{j+1} + \bar{S}_e^{j+1} + \bar{S}_i^{j+1} \right) + L_i^{j+1} + (W_f \bar{B})_i^{j+1} - \left. \right] \\ & + (1-\theta) \left[\frac{(\beta Q^2 / A)_{i+1}^j + (\beta Q^2 / A)_i^j}{\Delta x_i} + g \bar{A}^j \left(\frac{h_{i+1}^j - h_i^j}{\Delta x_i} + \bar{S}_f^j + \bar{S}_e^j + \bar{S}_i^j \right) \right. \\ & + L_i^j + (W_f \bar{B})_i^j \left. \right] = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

เมื่อ

$$\bar{A} = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} \quad (31)$$

$$\overline{S_f} = \left[\frac{n_i^2 \overline{Q} \overline{Q}}{\mu^2 \overline{A}^2 \overline{R}^{4/3}} \right] = \frac{Q \overline{Q}}{\overline{K}^2} \quad (32)$$

$$\overline{Q} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \quad (33)$$

$$\overline{R} = \frac{\overline{A}}{\overline{B}} \quad or \quad \overline{R} = \frac{\overline{A}}{\overline{P}} \quad (34)$$

$$\overline{B} = \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \quad (35)$$

$$\overline{K} = \frac{K_i + K_{i+1}}{2} \quad (36)$$

$$\overline{P} = \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \quad (37)$$

เมื่อ P_i คือ เส้นขอบเปียก (wetted perimeter) แสดงได้ดังนี้

$$P_{i_1} = B_{i_1} \quad (38)$$

$$P_{i_k} = P_{i_{k-1}} + 2 \left[0.25 (B_{i_k} - B_{i_{k-1}})^2 + (h_{i_k} - h_{i_{k-1}})^2 \right]^{1/2} \quad (k = 2, 3, \dots) \quad (39)$$

ค่ารัศมีชลศาสตร์ (R) ที่ใช้ในสมการ (32) และ (34) นั้น โดยปกติแบบจำลอง FLDWAV จะประเมินค่าจาก A/B หรือเรียกว่า ค่าความลึกชลศาสตร์ (D) ซึ่งให้ค่าที่น่าพอใจสำหรับเกือบจะทุก ๆ สภาพลำน้ำ ที่มีค่า $A/B \approx A/P$ แต่ลำน้ำที่มีลักษณะรูปตัดขวางแคบและลึก ($B < 10D$) การประมาณค่า R จะไม่ค่อยดีนัก ดังนั้น ในแบบจำลอง FLDWAV จึงได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุม KPRES สำหรับให้ผู้ใช้งานได้เลือกใช้การประมาณค่าเส้นขอบเปียก (P) จากการคำนวณค่าระหว่างความกว้างบนสุดของลำน้ำ (B_k) กับ ค่าระดับ (H_k) ดังแสดงในสมการที่ (38) และ (39)

จากสมการที่ (29) และ (30) เทอมของเส้นเวลา j^{th} เป็นตัวแปรที่ทราบค่าจากเงื่อนไขตั้งต้น หรือการคำนวณก่อนหน้านี้ได้แก่ ค่า h_i^j and Q_i^j ที่แต่ละจุดตามแกน x สำหรับช่วงเวลาเริ่มต้น ($j=1$)

ดังนั้น ตัวไม่ทราบค่า 4 ตัว ได้แก่ Q_i^{j+1} , h_i^{j+1} , Q_{i+1}^{j+1} , h_{i+1}^{j+1} จากสมการเพียง 2 สมการ คือ สมการต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัม จะถูกพิจารณาใน (N-1) rectangular grids ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งอยู่ระหว่างขอบเขตด้านเหนือ (upstream boundary) ที่ i เท่ากับ 1 และขอบเขตด้านท้ายน้ำ (downstream boundary) ที่ i เท่ากับ N จึงทำให้มีจำนวนสมการเท่ากับ $2N-2$ สมการ โดยมีเทอมไม่ทราบค่า 2 เทอมเพิ่มเติมในแต่ละ N grid points (Q และ h) เมื่อพิจารณาจากเทอมไม่ทราบค่า จะมีกำลังแตกต่างจากกำลังหนึ่ง ดังนั้น ระบบสมการจึงเป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง มีจำนวนทั้งสิ้น $2N$ สมการ และมีเทอมไม่ทราบค่าจำนวน $2N$ เทอม ซึ่งสามารถแก้ได้ในแต่ละช่วงเวลา (time step) โดยเทคนิคการวนซ้ำของ Newton-Raphson

การคำนวณด้วยเทคนิคการวนซ้ำของ Newton-Raphson สำหรับระบบสมการไม่เป็นเส้นตรงนั้น เริ่มต้นจากกำหนดค่าสมมติสำหรับเทอมไม่ทราบค่า $2N$ เทอม แล้วแทนค่าที่ได้จากการลองผิดลองถูก ลงในระบบสมการ ทำให้ได้ส่วนที่เหลืออยู่ (residual) จำนวน $2N$ ค่า จากนั้น จะทำการลองผิดลองถูกค่าสมมติสำหรับเทอมไม่ทราบค่า แล้วคำนวณซ้ำ จนกว่าส่วนที่เหลืออยู่จะมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งโดยปกติวิธีการนี้ จะทำสำเร็จในการวนซ้ำเพียงหนึ่งหรือสองครั้ง โดยใช้วิธีประมาณค่าแบบ linear extrapolation จากค่าที่สมมติในครั้งแรก

8.2.4 เทคนิคแบบ Local Partial Inertia (LPI)

เทคนิคแบบ local partial inertia (Fread et al., 1996) เป็นการใช้ประโยชน์จากการกำหนดค่าตัวกรองเชิงตัวเลข หรือเรียกว่า numerical filter (σ) ให้อยู่ในเทอมของความเฉื่อย (inertial term) ในสมการโมเมนตัม ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติของการไหลแปรผันระหว่างช่วงการเคลื่อนตัวของน้ำแบบ dynamic ไปจนถึง diffusion ซึ่งการเคลื่อนตัวของน้ำแบบ diffusion นั้น จะมีเสถียรภาพมากในช่วงที่มีการไหลเข้าใกล้ช่วงการไหลแบบวิกฤต หรือ มีค่า Froude number เข้าใกล้ 1.0 ($F_r \cong 1.0$) หรือมีการไหลแบบผสมผสานระหว่างการไหลแบบเหนือและใต้จุดวิกฤต (supercritical/subcritical flows) และก็ยังคงมีความถูกต้องในการคำนวณตามทฤษฎีของ dynamic

สมการโมเมนตัมที่ถูกเพิ่มเติมด้วยค่าตัวกรองเชิงตัวเลข หรือ numerical filter (σ) ในเทอมของความเฉื่อยต่าง ๆ ซึ่งทำให้เทอมนี้ถูกละทิ้งไปบางส่วนหรือทั้งหมดในช่วงการไหลบางสถานการณ์ แสดงได้ดังสมการที่ (40) และ (41)

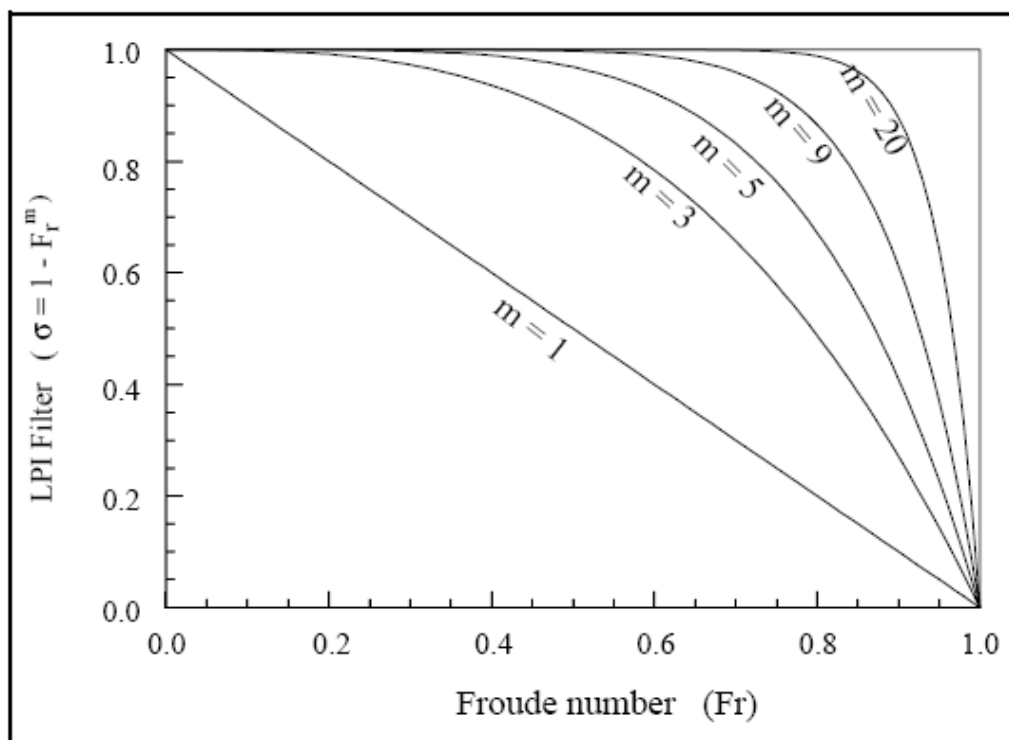
$$\sigma \left[\frac{\partial(s_m Q)}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q^2 / A)}{\partial x} \right] + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + s_f + s_e + s_i \right) + L + W_f B = 0 \quad (40)$$

$$\sigma = \begin{cases} 1.0 & -F_r^m & (F_r \leq 1.0; \quad m \geq 1) \\ 0 & & (F_r > 1.0) \end{cases} \quad (41)$$

เมื่อ เลขยกกำลัง (m) คือ ค่าคงที่ที่กำหนดเอง โดยปกติจะอยู่ระหว่าง $3 \leq m \leq 5$

ภาพที่ 12 แสดงค่าผันแปรระหว่างค่า σ กับค่า F_r ที่ค่าเลขยกกำลัง (m) ต่าง ๆ ซึ่งค่า σ จะผันแปรตามค่า F_r จากฟังก์ชันเชิงเส้นตรงไปจนถึงฟังก์ชันแบบ dirac-delta ค่าของ Froude number ถูกคำนวณในแต่ละจุดและช่วงเวลา และ σ เป็นค่าพารามิเตอร์เฉพาะถิ่น (Local parameter) โดยที่ส่วนของช่วงลำน้ำที่มีค่า Froude number (F_r) ต่ำ จะถูกจำลองแบบด้วยเทอมของความเฉื่อยทั้งหมด ในขณะที่ส่วนของช่วงลำน้ำที่มีค่า F_r เข้าใกล้ 1.0 จะถูกจำลองแบบด้วยเทอมของความเฉื่อยเพียงบางส่วน และส่วนของช่วงลำน้ำที่มีการไหลแบบเหนือวิกฤต ($F_r > 1$) นั้นจะถูกจำลองแบบโดยการตัดเทอมของความเฉื่อยออกไป จากจำลองแบบทั้งหมด พบว่า ค่าของเลขยกกำลัง (m) ที่มีค่าน้อยกว่า จะทำให้มีแนวโน้มของเสถียรภาพในการคำนวณที่ดีกว่า แต่ในบางกรณีที่มีค่าของเลขยกกำลัง (m) ที่มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีความถูกต้องในการคำนวณมากกว่า

การใช้เทคนิคนี้ ในแบบจำลอง FLDWAV จะเปลี่ยนค่า σ ให้แบบอัตโนมัติ เพื่อเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนตัวแบบ dynamic ไปสู่ diffusion เมื่อค่า F_r เข้าใกล้ 1.0 ทำให้มีเสถียรภาพในการคำนวณ ซึ่งแต่ก่อนนั้น ค่า σ จะถูกแนะนำให้ใช้ค่าเท่ากับ $1-F_r^2$ (Havnes and Brorsen, 1986) อย่างไรก็ตาม ค่า σ นั้น ไม่ได้ถูกจำกัดเฉพาะถิ่นไม่เหมือนกับค่าความผิดพลาดของมันที่วิเคราะห์ได้



ภาพที่ 12 ค่าตัวกรองเชิงตัวเลข หรือ LPI Filter (σ)

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

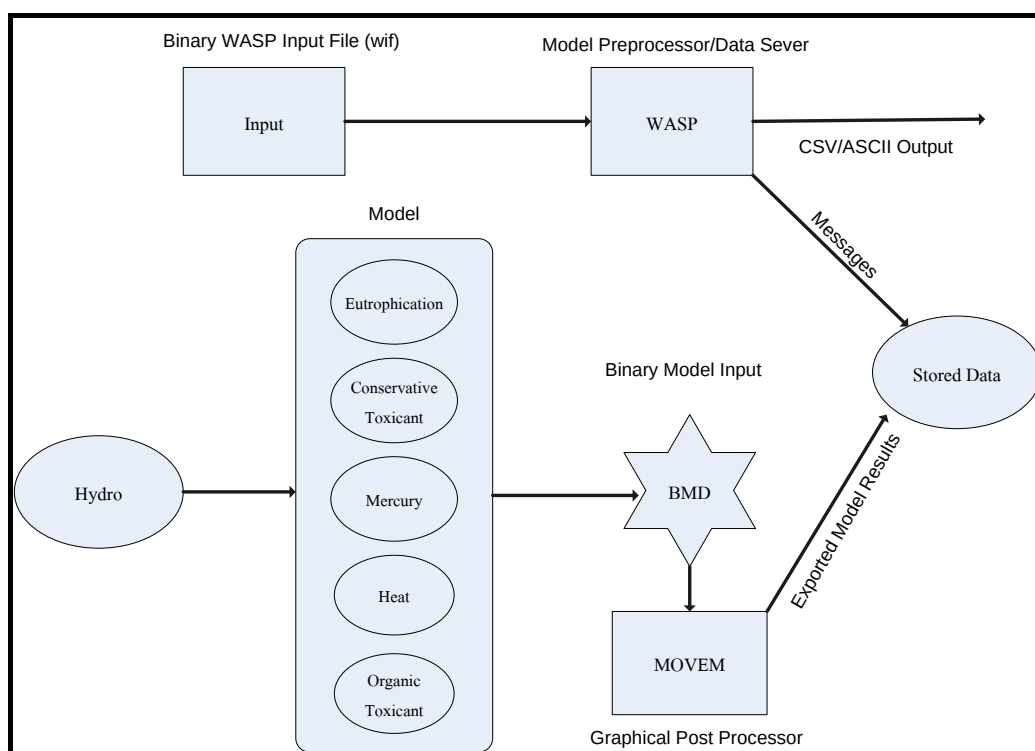
8.3 แบบจำลองทางด้านคุณภาพน้ำ WASP

8.3.1 บทนำแบบจำลอง WASP

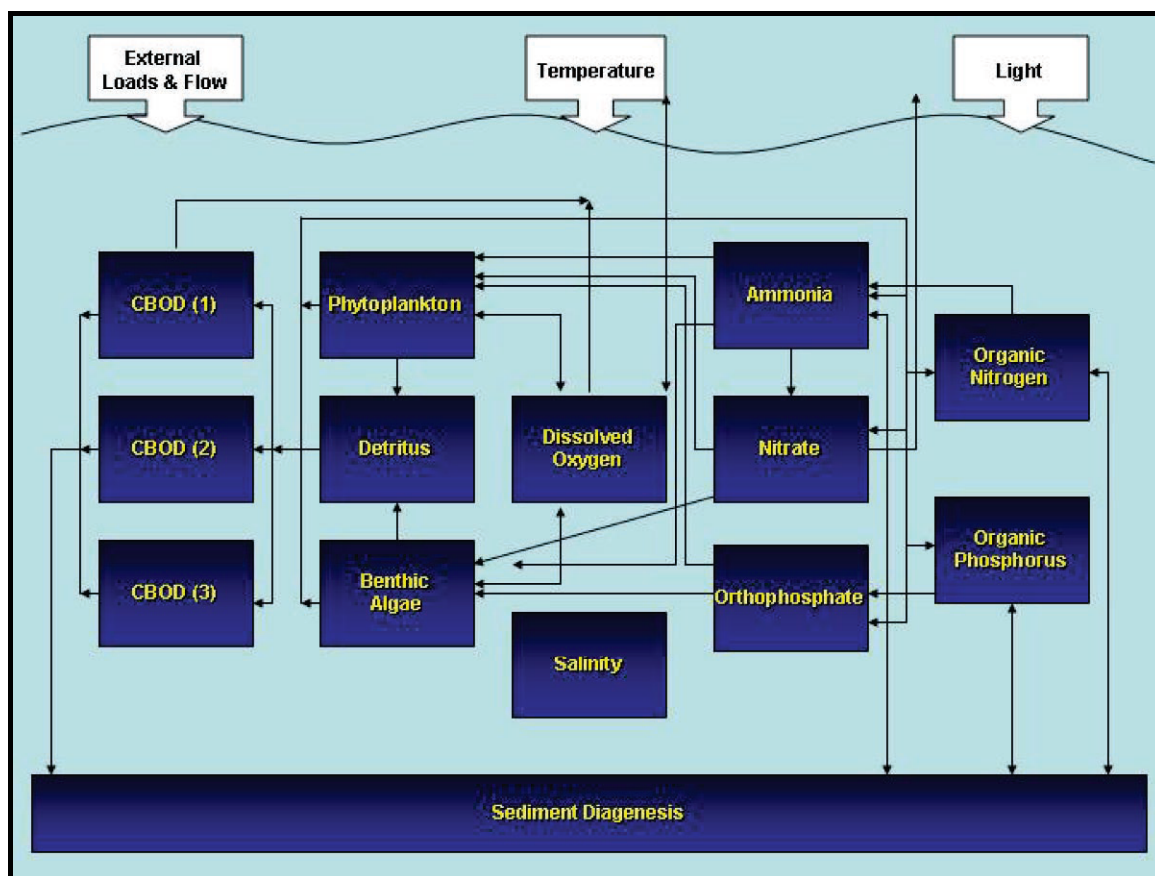
ชุดแบบจำลอง WASP เป็นแบบจำลองคุณภาพน้ำประเภท dynamic compartment-modeling สำหรับระบบแหล่งน้ำ ซึ่งรวมไปถึงอิทธิพลของสัตว์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่มีต่อ water column ที่ถูกพัฒนาจาก U.S. Environment Protection Agency (USEPA) แบบจำลอง WASP สามารถประมวลผลได้ทั้ง 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยเพิ่มเติมจาก WASP เวอร์ชันเริ่มแรกสำหรับเวอร์ชันที่ใช้ในการศึกษานี้คือเวอร์ชัน 7 ที่มีความสามารถในการศึกษาสภาพและทำนายคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์

ชุดแบบจำลอง WASP 7 ประกอบด้วย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง DYNHYD5 และ WASP 7 ซึ่งสามารถรันร่วมกันในจุดเชื่อมหรือรันแยกกันได้ โดย DYNHYD5 เป็นแบบจำลอง

ประเภท hydrodynamics ซึ่งใช้วิเคราะห์การไหลของน้ำ สำหรับ WASP 7 เป็นแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ ที่ใช้ประมวลผลการไหลของสารและปฏิกิริยาของสารในน้ำ โดย DYNHYD5 จะทำการส่งข้อมูลให้กับ WASP 7 ดังแสดงในภาพที่ 13 และภาพที่ 14 โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้แบบจำลอง hydrodynamic ตัวอื่นในการพิจารณาทางด้านอุทกพลศาสตร์ เช่น แบบจำลอง RIVMOD ซึ่งเป็นการคำนวณแบบ unsteady flow สำหรับการไหล 1 มิติ และแบบจำลอง SED3D ซึ่งเป็นการคำนวณแบบ unsteady flow สำหรับการไหล 3 มิติ โดยแบบจำลองทั้งสองจะดำเนินการโดยการนำผลการคำนวณด้านพลศาสตร์เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง WASP 7 (โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลง format) ในขณะที่แบบจำลอง DYNHYD5 และ WASP 7 สามารถรันพร้อมกันได้ นอกจากนั้นแล้วแบบจำลอง WASP 7 ยังสามารถรับผลการประเมินทางด้านพลศาสตร์จากแบบจำลองอื่นๆได้ โดยต้องทำการเปลี่ยนแปลง format ของข้อมูลด้านเข้าตามที่กำหนดไว้สำหรับแบบจำลอง WASP 7



ภาพที่ 13 ภาพโครงสร้างของแบบจำลองทางด้านคุณภาพน้ำ WASP



ภาพที่ 14 Flowchart การทำงานของแบบจำลอง WASP

ที่มา: USEPA (2005)

แบบจำลองคุณภาพน้ำ WASP 7 ตั้งอยู่บนพื้นฐานของกฎทรงมวล (conservation of mass) ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางและเวลา ในการใช้งานแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องกำหนดสถานะภาพเริ่มต้น (initial condition) ของส่วนต่างๆทั้งสิ้น 7 ส่วนดังนี้

1) การควบคุมการจำลองแบบและการควบคุมข้อมูลด้านออก (simulation and output control)

2) ส่วนย่อยของแบบจำลอง (model segmentation)

3) ประเภทการนำพาและการแพร่กระจายของสาร (advective and dispersive transport)

4) ค่าความเข้มข้นของปริมาณสารที่จุดขอบเขตต่างๆ (boundary concentrations)

5) แหล่งกำเนิดของปริมาณของเสียแบบจุดและแบบกระจาย (point and diffuse source waste loads)

6) พารามิเตอร์ของการเคลื่อนที่แบบคินติก ค่าคงที่ และฟังก์ชันของเวลา (kinetic parameters, constants, and time functions)

7) ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น (initial concentrations)

โดยค่าเริ่มต้นที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองจะเป็นตัวแทนในการแก้ปัญหาสำหรับสมการของกฎทรงมวล และสมการการเคลื่อนที่แบบคินเมติก

แบบจำลอง WASP 7 มีส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลอง WASP รุ่นก่อนๆ คือ (1) สามารถใช้งานบน Windows ได้โดยง่าย (2) มีเครื่องมือช่วยจัดการรูปแบบข้อมูลด้านเข้า (3) มีการวิเคราะห์กระบวนการ eutrophication และเคมีอินทรีย์ที่รวดเร็ว และ (4) สามารถแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการดำเนินงานของแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม โดยแบบจำลองจะพิจารณากระบวนการนำพา การแพร่ และการฟุ้งกระจายของปริมาณสารที่อยู่ในแหล่งน้ำ รวมทั้งการแลกเปลี่ยนมวลสาร ตลอดจนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของปริมาณสารทั้งหมดที่อยู่ในแหล่งน้ำ

การดำเนินการในการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองมีการพัฒนาทางด้านการใส่ข้อมูลให้รวดเร็วขึ้น โดยความสามารถในการใส่ข้อมูลสามารถทำการตัด และวาง (cut and paste) ข้อมูลที่ต้องการได้ โดยการดำเนินการของแบบจำลองจะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับคำอธิบาย พารามิเตอร์ของแบบจำลอง และค่าคงที่ของ kinetic สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างแบบจำลอง WASP กับแบบจำลองทางด้าน hydrodynamic นั้นสามารถดำเนินการได้โดยง่ายโดยการเลือก (pointing) แต่

ละส่วน (segments) ในหน้าต่างการทำงานในไฟล์ลิงค์ของแบบจำลอง hydrodynamic โดยได้เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการของแบบจำลองที่สำคัญดังนี้

1) สามารถนำเข้าข้อมูลช่วงเวลาผ่านทางฐานข้อมูล WRDB, Spreadsheet และ Text Files

2) สามารถนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง hydrodynamic เข้าสู่ระบบแบบจำลอง WASP โดยอัตโนมัติ

3) สามารถรันแบบจำลองโดยพิจารณาหลายๆพารามิเตอร์ตลอดจนผลกระทบซึ่งกันและกันของแต่ละพารามิเตอร์ในเวลาเดียวกัน (multi-session capable)

4) สามารถเลือกช่วงเวลาในการรันได้ตามต้องการ (run time diagnosis)

โดยหลักการพื้นฐานของแบบจำลอง hydrodynamic และคุณภาพน้ำในระบบแบบจำลอง WASP จะพิจารณามวลสารโดยใช้กฎทรงมวล โดยพิจารณาทั้งปริมาณน้ำ และปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำ โดยจะพิจารณาเกี่ยวกับการเดินทางและปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งช่วงเวลาและสถานที่ (time and space) โดยสมการพื้นฐานของแบบจำลอง hydrodynamic คือสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม

ระบบแบบจำลอง WASP แบ่งการไหลออกเป็น 3 แบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) net flow หมายถึงการคำนวณการเคลื่อนที่ในแต่ละจุดบรรจบของแต่ละส่วน (segment) จะนำปริมาณการไหลของแต่ละส่วนย่อยรวมกันเป็นปริมาณการไหลออก และในกรณีที่มีการไหลในทิศทางตรงกันข้ามที่มีขนาดเท่ากันก็จะไม่เกิดการไหล

2) gross flow หมายถึงการพิจารณาการเคลื่อนที่ของมวลสารและน้ำโดยไม่พิจารณา net flow

3) hydrodynamic linkage หมายถึงการเชื่อมต่อระหว่างแบบจำลอง WASP กับ hydrodynamic model โดยผู้ใช้ไม่สามารถเพิ่มข้อมูลการไหลได้ และจะต้องสร้างไฟล์ให้มินามสกุล *.HYD เพื่อการใช้งานในส่วนนี้

8.3.2 การทำงานของแบบจำลอง WASP

สมการ Kinetic ในแบบจำลอง WASP เพื่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทางด้านคุณภาพน้ำ สามารถคำนวณได้ 2 แบบ คือ

1) conventional pollution ซึ่งพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ DO, BOD, eutrophication และสารอาหาร (nutrients)

2) toxic pollution ซึ่งพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเคมีชีวภาพ (organic chemicals) โลหะ (metals) และตะกอน (sediment)

องค์ประกอบของแต่ละ module ในแบบจำลอง WASP แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งแยกออกเป็น Eutrophication module (EUTRO) และ Organic chemical module (TOXIC)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของแต่ละ module ในแบบจำลอง WASP

Eutrophication Module	OrganicChemical Module
Dissolved Oxygen	Chemical 1
CBOD (1)	Chemical 2
CBOD (1)	Chemical 3
CBOD (1)	Solids 1
Ammonia	Solids 2
Nitrate	Solids 3
Organic Nitrogen	
Orthophosphate	
Organic Phosphorous	
Algae	
Benthic Algae	
Detritus	
Sediment Diagenesis	
Salinity	

8.3.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา

1) ดีโอ (dissolved oxygen; DO) ออกซิเจนละลายน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ นอกจากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยังเป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำอีกด้วย

ปริมาณการละลายออกซิเจนในระยะเวลาใดขึ้นยากับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็มของน้ำ ปริมาณการละลายออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ยกตัวอย่างเช่นออกซิเจนจะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงจาก 25 องศาเซลเซียส ไปจนกระทั่งเกือบถึง 0 องศาเซลเซียส ส่วนความกดอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำเพิ่มมากขึ้น และการที่น้ำมีความเค็ม

สูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง ตัวอย่างเช่นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส น้ำจืดจะมีออกซิเจนมากกว่าน้ำทะเลประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันสิน, 2538)

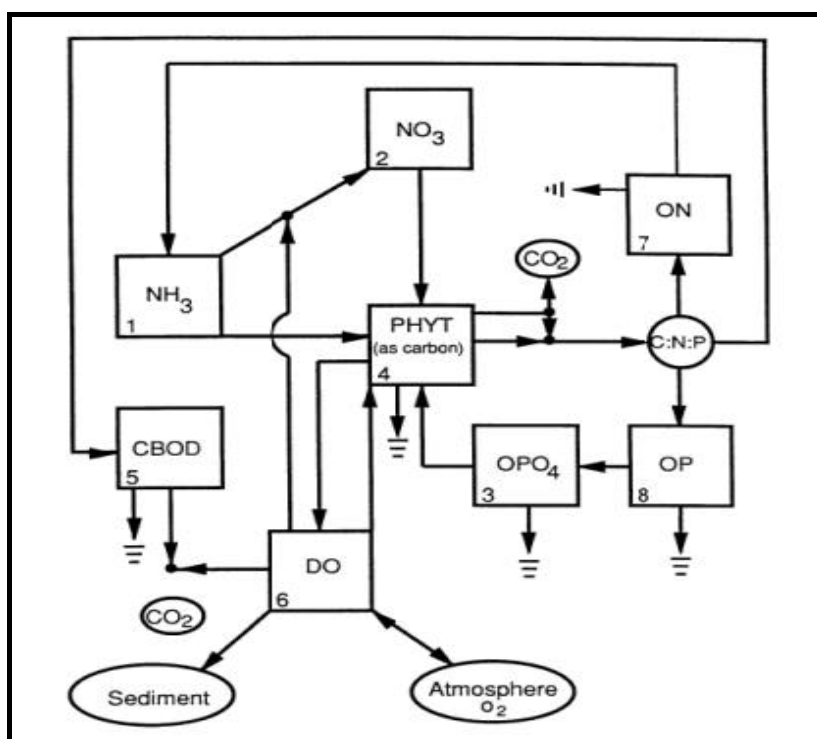
แหล่งที่มาของออกซิเจนละลายน้ำที่สำคัญได้มาจากหลายแหล่ง แหล่งแรกคือจากการแพร่จากบรรยากาศผ่านผิวน้ำ โดยในอากาศมีออกซิเจนอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ หรือ 210 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลิตร จำนวนนี้เป็นประมาณ 25 เท่าของออกซิเจน ที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน แหล่งที่สองก็เกิดจากการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และในทางกลับกันการหายใจของพืชก็จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงได้เช่นกัน แหล่งที่สามมาจากลำน้ำสาขาที่ไหลเข้ามาบรรจบ

2) บีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD) หมายถึงค่าประมาณของปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีอากาศ โดยส่วนมากค่าบีโอดีจะถูกใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งค่าบีโอดีที่ใช้หาความต้องการของออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์นิยมใช้ค่าบีโอดี₅ (มันสิน, 2538) เพราะปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวภาพ (Biological Oxidation) โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นช้ามาก ไม่ทราบเวลาที่แน่นอนว่าจะทำการย่อยสลายเสร็จสิ้นสมบูรณ์ลงเมื่อใด แต่คาดว่าจุลินทรีย์จะสามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์อื่นได้ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมดในเวลาประมาณ 20-30 วัน และเมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นเวลา 5 วัน จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ 60-70 เปอร์เซ็นต์ จึงนิยมใช้ค่าบีโอดี 5 วัน เป็นค่าในการบ่งชี้การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำและน้ำเสีย เพราะถ้าใช้เวลาในการวิเคราะห์นานถึง 20 วัน จะทำให้ผลทราบช้าเกินไป และที่สำคัญถ้ามีการปล่อยให้มีการย่อยสลายนานเกิน 5 วัน แล้วอาจจะเกิดความผิดพลาดของค่าที่วิเคราะห์ได้ อันเนื่องมาจากในน้ำหรือน้ำเสียอาจมีแบคทีเรียบางชนิดซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการออกซิเดชันสารอินทรีย์คือแอมโมเนียเป็นไนเตรท และไนไตรท์กลายเป็นไนเตรทตามลำดับ (พัฒนา, 2539) โดยทั่วไปแหล่งน้ำผิวดินที่อนุรักษ์ไว้สำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและการผลิตน้ำประปาไม่ควรมีค่าบีโอดีเกินกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านเกษตรกรรมไม่ควรมีค่าบีโอดีเกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านอุตสาหกรรมไม่ควรมีค่าบีโอดีเกินกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2546)

8.3.4 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้นในลำน้ำ

1) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) จะถูกพิจารณาในแบบจำลองย่อยที่ชื่อว่า EUTRO ในแบบจำลอง WASP ซึ่งจะเป็นการพิจารณาทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของปริมาณสารในแหล่งน้ำ ไฟโตแพลงตอน สารจำพวกคาร์บอนेट และออกซิเจนละลายน้ำในระบบแหล่งน้ำที่พิจารณา โดยขบวนการความสัมพันธ์ของสารในแบบจำลองย่อย EUTRO แสดงดังในภาพที่ 15 ซึ่งมีสมการในการคำนวณ 4 รูปแบบ คือ (1) Streeter-Phelps (2) modified Streeter-Phelps (3) full linear DO balance (4) nonlinear DO balance โดยการคำนวณแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันเพียงระดับของการพิจารณาความหลากหลายของขบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO โดยการคำนวณทั้ง 4 รูปแบบมีพื้นฐานของสมการที่เหมือนกัน ดังแสดงในสมการ 42 (carbonaceous biochemical oxygen demand) และ 43 (dissolved oxygen)



ภาพที่ 15 ขบวนการความสัมพันธ์ของสารในแบบจำลองย่อย EUTRO

ที่มา: USEPA (2005)

$$\frac{\partial C_5}{\partial t} = \partial_{oc} K_{1D} C_4 - k_D \Theta_D^{(\Gamma-20)} \left(\frac{C_6}{K_{SOD} + C_6} \right) C_5 - \frac{v_{s3}(1-f_{D5})}{D} C_5 - \frac{532}{414} k_{2D} \Theta_D^{(\Gamma-20)} \left(\frac{K_{NO3}}{K_{NO3} + C_6} \right) C_2 \quad (42)$$

$$\frac{\partial C_6}{\partial t} = k_2 (C_0 - C_6) - k_d \Theta_d^{(\Gamma-20)} \left(\frac{C_6}{K_{BOD} + C_6} \right) C_5 - \frac{64}{14} k_{12} \Theta_{12}^{(\Gamma-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NIT} + C_6} \right) C_1 - \frac{SOD}{D} \Theta_2^{(\Gamma-20)} + G_{P1} \left(\frac{32}{12} + \frac{4814}{1412} (1 - P_{NH3}) C_4 \right) - \frac{32}{12} k_{1R} \Theta_2^{(\Gamma-20)} C_4 \quad (43)$$

(1) การเติมอากาศ (reaeration)

ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการเติมอากาศ (reaeration rate coefficient) ขึ้นอยู่กับความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ความลึกของแหล่งน้ำ กระแสลม และอุณหภูมิ ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์อัตราการเติมอากาศได้ทั้งแบบค่าคงที่ หรือค่าที่แปรเปลี่ยนลงที่ตามระยะทาง หรือการให้แบบจำลองทำการคำนวณค่าโดยใช้พื้นฐานของการไหล และกระแสลม โดยจะใช้พื้นฐานสมการของ Covar method (Covar, 1976) ซึ่งเป็นกระบวนการคำนวณการเติมอากาศที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันของความเร็วและความลึกของแหล่งน้ำ ซึ่งสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัตราการเติมอากาศได้จากสมการของ Owens, Churchill และ O'Connor-Dobbins โดย Owens เหมาะสำหรับการไหลที่มีระดับความลึกต่ำกว่า 2 ฟุต สำหรับในกรณีที่ความลึกเกิน 2 ฟุต จะพิจารณาใช้สมการของ Churchill และ O'Connor-Dobbins โดยในกรณีที่แหล่งน้ำที่มีความลึกมากกว่าและไหลช้า (deeper, slowly) ควรเลือกใช้สมการของ O'Connor-Dobbins และสำหรับแหล่งน้ำที่ค่อนข้างตื้นและไหลเร็วกว่า (moderately shallow, faster) ควรเลือกใช้สมการของ Churchill โดยการคำนวณของทุกวิธีการจะกำหนดให้อุณหภูมิในแต่ละส่วน (segment) มีค่าเท่า 20°C

(2) carbonaceous oxidation

แบบจำลองย่อย Eutro แบ่งการพิจารณาขบวนการ carbonaceous oxidation ไว้เป็น 3 เทอม คือ (1) first order rate constant (2) temperature correction material และ (3) low DO correction term โดยสองเทอมแรกเป็นการแสดงขบวนการที่เกิดขึ้นแบบมาตรฐาน แต่ในเทอมที่สามจะเป็นส่วนที่แสดงการลดลงของอัตราในปฏิกิริยา aerobic oxidation ซึ่งมีค่า DO เท่ากับ 0 โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าคงที่ของครึ่งหนึ่งของการอิ่มตัว (half-saturation, K_{BOD}) โดยค่านี้จะเป็นการแสดงถึงระดับปริมาณ DO ในส่วนที่อัตรา oxidation ลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง แต่ค่านี้จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 สำหรับสถานภาพแบบ anaerobic conditions

(3) nitrification

แบบจำลองย่อย Eutro แบ่งการพิจารณาขบวนการ nitrification ไว้เป็น 3 เทอม คือ (1) first order rate constant (2) temperature correction material และ (3) low DO correction term โดยสองเทอมแรกเป็นการแสดงขบวนการที่เกิดขึ้นแบบมาตรฐาน แต่ในเทอมที่สามจะเป็นส่วนที่แสดงการลดลงของอัตราในปฏิกิริยา aerobic oxidation ซึ่งมีค่า DO เท่ากับ 0 โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าคงที่ของครึ่งหนึ่งของการอิ่มตัว (half-saturation, K_{NIT}) โดยค่านี้จะเป็นการแสดงถึงระดับปริมาณ DO ในส่วนที่อัตรา oxidation ลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง แต่ค่านี้จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 สำหรับสถานภาพแบบ anaerobic conditions

(4) denitrification

แบบจำลองย่อย Eutro แบ่งการพิจารณาขบวนการ denitrification ไว้เป็น 3 เทอม คือ (1) first order rate constant (2) temperature correction material และ (3) low DO correction term โดยสองเทอมแรกเป็นการแสดงขบวนการที่เกิดขึ้นแบบมาตรฐาน แต่ในเทอมที่สามจะเป็นส่วนที่แสดงการลดลงของอัตราในปฏิกิริยา aerobic oxidation ซึ่งมีค่า DO เท่ากับ 0 โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าคงที่ของครึ่งหนึ่งของการอิ่มตัว (half-saturation, K_{NO_3}) โดยค่านี้จะเป็นการแสดงถึงระดับปริมาณ DO ในส่วนที่อัตรา oxidation ลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง แต่ค่านี้จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 สำหรับสถานภาพแบบ anaerobic conditions

(5) การตกตะกอน (settling)

สภาวะการไหลที่มีวัสดุ (particulate) ของ CBOD ผสมอยู่นั้นสามารถตกตะกอนได้ในบริเวณท้องน้ำ โดยการตกตะกอนทับถมของปริมาณ CBOD และ phytoplankton จะไปเพิ่มความต้องการออกซิเจนของตะกอน (sediment oxygen demand) โดยปริมาณตะกอน CBOD สามารถฟุ้งกระจายขึ้นมาได้ (resuspension) เมื่อมีการไหลที่มีความเร็วสูง

แบบจำลองย่อย Eutro ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมการ kinetic ต้องการพารามิเตอร์ที่สำคัญสองพารามิเตอร์คือ ความเร็วของการตกตะกอน (particulate settling velocity, v_{s3}) และขนาดของตะกอน CBOD ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1- mD5 โดยที่ mD5 คือขนาดตะกอน CBOD ของ

ส่วนที่ละลายน้ำ (fraction dissolved CBOD) โดยความเร็วของการตกตะกอนนั้นจะขึ้นอยู่กับเวลา และ segment โดยสามารถใส่ค่านี้ได้ในส่วนของการ advection transport สำหรับการฟุ้งกระจายนั้น สามารถใส่ค่าเริ่มต้นได้โดยแยกกับฟังก์ชันของเวลาและความเร็ว โดยค่าต่างๆเหล่านี้จะใส่เป็นค่าเริ่มต้นในส่วนของแต่ละ segment

(6) การเจริญเติบโตของไฟโตแพลงตอน (phytoplankton growth)

ผลผลิตของกระบวนการสังเคราะห์แสงคือออกซิเจน โดยอัตราของออกซิเจนที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตของไฟโตแพลงตอน กระบวนการสังเคราะห์แสงจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อปริมาณแอมโมเนียในแหล่งน้ำมีเหลือน้อยและไฟโตแพลงตอนสามารถเจริญเติบโตได้พอสมควรที่จะดูดซับไนเตรตไปใช้ได้ โดยการดูดซับไนเตรตนั้นจะเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียและออกซิเจน

(7) การสูญเสียของไฟโตแพลงตอน (phytoplankton death)

การสูญเสียของไฟโตแพลงตอนนั้นเป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่ทำให้เกิดกระบวนการ oxidation ตามพื้นฐานของสมการ kinetic ซึ่งอธิบายกระบวนการย้อนกลับของไฟโตแพลงตอนคาร์บอน (phytoplankton carbon) โดยมีวิธีการในการวิเคราะห์ 2 ประเภท คือ (1) first order death rate และ (2) stoichiometric oxygen to carbon ratio 32/12

(8) ความต้องการออกซิเจนของตะกอน (sediment oxygen demand)

ปริมาณตะกอนที่ทับถมอยู่ในชั้นของพื้นน้ำนั้นส่งผลกระทบท่อปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในแหล่งน้ำ โดยปริมาณตะกอนจะใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่างๆ สำหรับในส่วนของการแบบจำลองย่อย EUTRO จะทำการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปในโครงข่ายของ segment ที่อยู่ในแหล่งน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะต้องกำหนดค่าความต้องการออกซิเจนของตะกอนในแต่ละ segment เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลโดยเฉพาะอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณ SDO ดังนั้นอุณหภูมิจะต้องกำหนดในแต่ละ segment นอกจากนั้นแล้ว แบบจำลอง WASP7 ได้มีการให้กำหนดรายละเอียดของความเร็วที่ทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายนอกเหนือจากความเร็วในการตกตะกอน

ปัจจัยสำคัญในการเลือกความหนาของชั้นตะกอนประกอบด้วยสองส่วนคือ ชั้นความหนาของชั้นตะกอนที่มีแปรเปลี่ยนอันเนื่องมาจาก water column และช่วงเวลาที่ทำการตกตะกอน ซึ่งการกำหนดชั้นความหนาของตะกอนนั้นเป็นการเลือกที่ยากเนื่องจากปริมาณความหนาของชั้นตะกอนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปตามช่วงเวลาและระยะทาง

2) ตะกอน (Sediment)

การเคลื่อนที่ของตะกอนเป็นกระบวนการที่สำคัญในระบบแหล่งน้ำ โดยปริมาณตะกอนมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับออกซิเจนในแหล่งน้ำ ซึ่งสารเคมีส่วนมากจะถูกดูดซับอยู่ในเม็ดตะกอนและติดตามไปกับตะกอน

ตะกอนส่วนมากจะอยู่ในรูปแบบแขวนลอยและจะถูกพัดพาไปตามแหล่งน้ำ โดยการประเมินปริมาณตะกอนนั้นเป็นเรื่องยากเนื่องจากในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อันเนื่องมาจากการตกตะกอน การฟุ้งกระจาย การกัดเซาะดิน การเชื่อมต่อกันของลำน้ำสาขา

แบบจำลองย่อย organic chemical module (TOXIC) ซึ่งแสดงไว้ในองค์ประกอบของ module ต่างๆ ในแบบจำลอง WASP (ภาพที่ 15) นั้นแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้สามารถเลือกชนิดของตะกอนได้จากประเภทของตะกอน 3 ชนิด คือ solid1, solid2 และ solid3 โดยแต่ละชนิดจะมีค่าปริมาณการตกตะกอนและการกัดเซาะที่แตกต่างกัน

การคำนวณเกี่ยวกับตะกอนจะใช้สมการของกฎทรงมวลในแต่ละพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการนำพา (advection) การแพร่กระจาย (dispersion) รวมทั้งการตกตะกอน (deposition) การกัดเซาะ (scour) และปริมาณตะกอนที่ท้องน้ำ (bed load)

(1) กระบวนการเคลื่อนที่ของตะกอน (sediment transport processes)

(1.1) การเคลื่อนตัวของ Water column (water column transport)

ปริมาณตะกอนและเม็ดเงินของสารเคมีในแหล่งน้ำจะตกตะกอนในแต่ละ segment โดยความเร็วของตะกอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานที่ ซึ่งเมื่อนำมาคูณกับรูปตัดลำนน้ำจะได้เป็นอัตราการไหลของปริมาณตะกอน โดยความเร็วในการตกตะกอนเป็นไปตามพื้นฐานของ Stoke ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอน ดังแสดงในสมการที่ (44)

$$V_s = \frac{8.64g}{18\mu}(\rho_p - \rho_w)d_p^2 \quad (44)$$

เมื่อ V_s = ความเร็วตามพื้นฐานของ Stoke สำหรับตะกอนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง d_p และความหนาแน่น μ (เมตร/วินาที)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

μ = ความหนืดสมบูรณ์ของน้ำ (absolute viscosity of water)
= 0.01 poise (กรัม/ลบ.ม.-วินาที) ที่ 20 ° C

ρ_p = ความหนาแน่นของตะกอน (กรัม/ลบ.ซม.)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (1.0 กรัม/ลบ.ซม.)

d_p = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอน (มม.)

ความเร็วของการกักเซาะและการตกตะกอนนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของตะกอนและเม็ดเงินสารเคมี อธิบายได้ดังในสมการที่ (45)

$$W_{Bs} = A_{ij}(w_R S_i - w_D S_j) \quad (45)$$

เมื่อ W_{Bs} = อัตราการตกตะกอนรวม (กรัม/วินาที)

S = ปริมาณความเข้มข้นของตะกอน (กรัม/วินาที)

w_D = ความเร็วในการตกตะกอน (เมตร/วินาที)

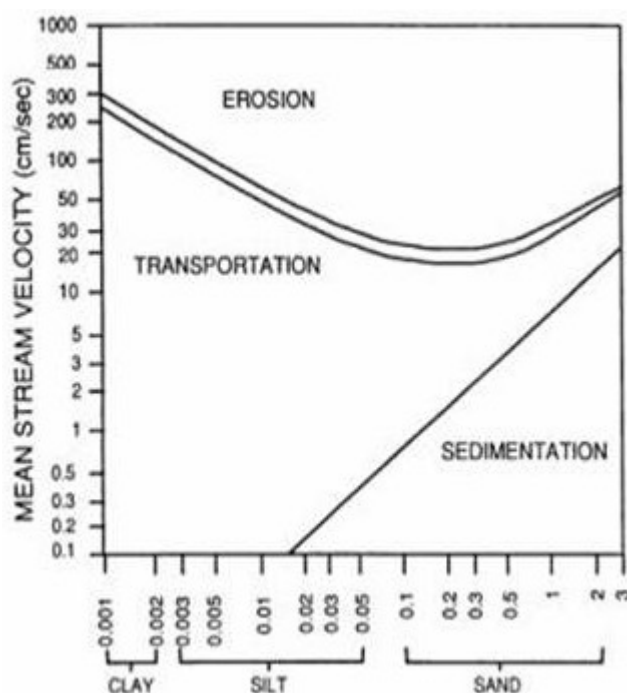
w_R = ความเร็วในการกักเซาะ (เมตร/วินาที)

A_{ij} = พื้นที่ผิวในแต่ละ segment (ตร.ม.)

i = benthic segment

j = water segment

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำและขนาดของเม็ดตะกอนที่สัมพันธ์กับสถานะการตกตะกอน การกัดเซาะ และการเคลื่อนที่ของตะกอน แสดงดังใน ภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำและขนาดของเม็ดตะกอนที่สัมพันธ์กับสถานะการตกตะกอน การกัดเซาะ และการเคลื่อนที่ของตะกอน

ที่มา: USEPA (2005)

(1.2) ปริมาณตะกอน (Sediment loading)

ปริมาณตะกอน (sediment loading) เกิดจากการกัดเซาะของน้ำหรือการพังทลายของชายฝั่ง ซึ่งสามารถวัดหรือประเมินได้โดยใช้เทคนิคต่างๆ และจะใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าในลักษณะ point source load สำหรับปัญหาในการประเมินปริมาณตะกอนเฉลี่ยในระยะยาว (long-term average sediment loads) จะใช้สมการ Universal Soil Loss Equation (Wischmeier and

Smith, 1978) นอกจากนั้น Mills et al (1985) ได้เสนอสมการอีกรูปแบบหนึ่ง อย่างไรก็ตาม สมการดังกล่าวไม่เหมาะสมกับการประเมินปริมาณตะกอนเฉลี่ยในระยะสั้น (short-term average sediment loads)

ในช่วงน้ำหลากจะมีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นมากกว่าช่วงเวลาปกติ โดยปริมาณตะกอนแขวนลอยสามารถวัดได้ที่สถานีวัดตะกอนและในบริเวณที่ไม่มีการวัดสามารถประมาณค่าในระหว่าง (extrapolate) จากข้อมูลตะกอนที่ได้จากพื้นที่ที่มีการวัดข้อมูลตะกอนแขวนลอยไว้ หรืออีกทางหนึ่งกระทำได้โดยการคำนวณข้อมูลการไหลรายวันโดยใช้แบบจำลองประเภท watershed model เพื่อป้อนข้อมูลการไหลรายวันเข้าสู่แบบจำลอง WASP ในส่วนของไฟล์ nonpoint source เพื่อการประเมินปริมาณตะกอนในช่วงน้ำหลาก

(1.3) ตะกอนท้องน้ำ (sediment bed)

ตะกอนท้องน้ำเป็นตัวกลางสำคัญในการเคลื่อนที่ของปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำ โดยตะกอนท้องน้ำจะดูดซับปริมาณสารเหล่านั้น ในขณะที่เดียวกันสารเหล่านั้นสามารถหลุดออกจากตะกอนท้องน้ำได้เนื่องจากการกัดเซาะของน้ำ การพิจารณาตะกอนท้องน้ำแบ่งออกเป็นสองกรณี คือ

(1.3.1) ปริมาตรตะกอนท้องน้ำในแต่ละ segment มีค่าคงที่และความเข้มข้นของตะกอนเปลี่ยนแปลงตามการตกตะกอนและการกัดเซาะ (deposition and scour)

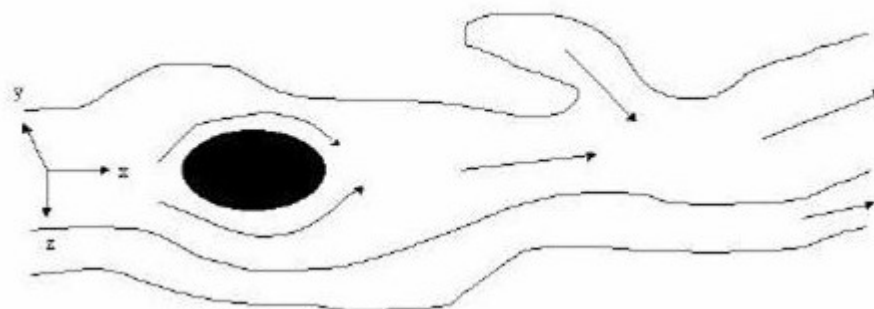
(1.3.2) ปริมาตรตะกอนท้องน้ำในแต่ละ segment มีการถูกกดอัด (compacted) หรือถูกกัดกร่อน (eroded) ในขณะที่เกิดการตกตะกอนหรือการกัดเซาะ

ในกรณีแรกจะไม่พิจารณาการเพิ่มหรือลดขนาดของ segment แต่จะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณตะกอน โดยปริมาณการตกตะกอนและการฟุ้งกระจายขึ้นอยู่กับความเร็ว (ซึ่งเกี่ยวข้องกับขนาดของตะกอนที่กำหนดไว้ในตอนแรก) สำหรับแบบที่สองจะพิจารณาลำยคลึงกับกรณีแรกแต่จะมีการเปลี่ยนแปลงของขนาด segment อันเนื่องจากการเพิ่มหรือลดขนาดของ segment

8.3.5 สมการพื้นฐานของแบบจำลอง

1) สมการทรงมวล (mass balance equation)

สมการกฎทรงมวลจะใช้ในการแก้ปัญหาในแหล่งน้ำ โดยจะพิจารณาจำนวนของปริมาณสารที่เข้ามาและออกไป โดยครอบคลุมกระบวนการฟุ้งกระจาย การนำพาและการแพร่ รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีและกายภาพ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีววิทยา โดยระบบแกนของสมการกฎทรงมวลแสดงดังในภาพที่ 17 และการคำนวณของกฎทรงมวลแสดงดังในสมการ (46)



ภาพที่ 17 ระบบแกนของสมการกฎทรงมวล

ที่มา: USEPA (2005)

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) \\ & + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) \\ & + S_L + S_B + S_K \end{aligned} \quad (46)$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของปริมาณสารในแหล่งน้ำ
(มล.กรัม/ลิตร หรือ กรัม/ลบ.ม.)

t = เวลา (วัน)

U_x, U_y, U_z = อัตราความเร็วของการนำพาในทิศทางไหลใน
แนวนอน ด้านข้าง และแนวตั้ง (เมตร/วัน)

E_x, E_y, E_z	=	สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทางแนวนอน ด้านข้าง และแนวตั้ง (ตร.ม./วัน)
S_L	=	ทิศทางและอัตราการฟุ้งกระจายของปริมาณสาร (กรัม/ลบ.ม.-วัน)
S_B	=	อัตราของปริมาณสารในพื้นที่ขอบเขต (รวมถึงด้าน เหนือ น้ำ ทำนน้ำ ชื้นใต้ น้ำ และอากาศ) (กรัม/ลบ.ม.-วัน)
S_K	=	อัตราการเคลื่อนที่รวมแบบ kinetic (กรัม/ลบ.ม.-วัน)

จากความสัมพันธ์ของ finite-difference ในสมการที่ (46) เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่เป็นแบบ 1 มิติ โดยสมมติว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในแนวแกนตั้งและแกนด้านข้าง ดังแสดงในสมการที่ (45)

$$\frac{\partial}{\partial t}(AC) = \frac{\partial}{\partial x} \left(-U_x AC + E_x A \frac{\partial C}{\partial x} \right) + A(S_L + S_B) + AS_K \quad (47)$$

เมื่อ A = พื้นที่รูปตัดลำน้ำ (ตร.ม.)

โดยสมการที่ (47) แสดงให้เห็นถึงทอมสามทอมของกระบวนการทางด้านคุณภาพน้ำสำหรับองค์ประกอบในส่วนของการเคลื่อนที่ ปริมาณสาร และการเปลี่ยนรูป ตามลำดับ

2) สมการการนำพา (advection Equation)

แบบจำลองมีการแบ่งประเภทการไหลออกเป็น 6 ประเภท ตามความแตกต่างของประเภทสารที่นำมาพิจารณา ดังนี้คือ

(1) surface water flow เป็นการนำพาทั้งแบบชนิดเม็ด (particulate) และละลายน้ำ (dissolved) ในกรณีที่ใช้งานแบบจำลองเลือกการเชื่อมต่อบทอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic linkage) จะไม่สามารถใช้งานในส่วนนี้ได้

(2) pore water เป็นการนำพาเฉพาะแบบละลายน้ำ (dissolved)

(3) solids transport 1 เป็นการเคลื่อนที่ของดินประเภทที่ 1

(4) solids transport 2 เป็นการเคลื่อนที่ของดินประเภทที่ 2

(5) solids transport 3 เป็นการเคลื่อนที่ของดินประเภทที่ 3

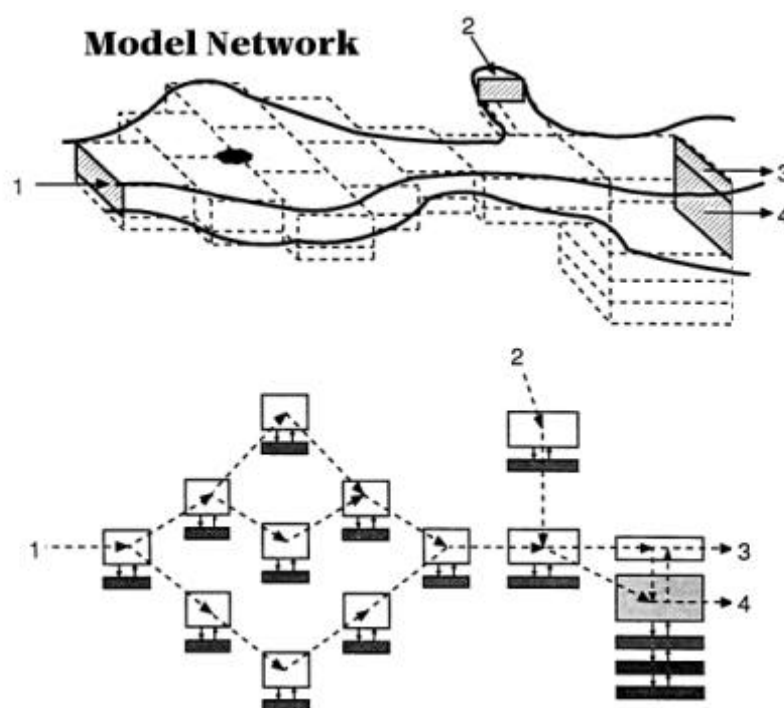
(6) Evaporation/Precipitation เป็นส่วนแสดงการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำที่คำนวณจาก model network โดยไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร

8.3.6 โครงข่ายของแบบจำลอง (model network)

โครงข่ายของแบบจำลองจะพิจารณาตามแกนแนวนอน โดยจะแบ่งออกเป็น segment ซึ่งในแต่ละ segment จะมีจุดเชื่อมต่อซึ่งกันและกันเพื่อการถ่ายโอนข้อมูล ในลักษณะโครงข่ายของ segment ดังแสดงในภาพที่ 18 ซึ่งโครงข่ายของแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือแบบจำลองทางด้านคุณภาพน้ำ และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ เนื่องจากการเชื่อมต่อข้อมูลในแต่ละจุดบรรจบของแต่ละ segment ดังนั้นความเข้มข้นของปริมาณสารในแหล่งน้ำจะถูกคำนวณในแต่ละ segment ในขณะที่อัตราการไหลจะถูกคำนวณในแต่ละจุดเชื่อมต่อของ segment

ในการศึกษาปริมาณสารนั้นแบบจำลองจะพิจารณาแบ่ง segment ออกเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะพิจารณาการเคลื่อนที่ของปริมาณสารและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารแตกต่างกันออกไป ดังนี้คือ

- 1) Epilimnion (surface water)
- 2) Hypolimnion layers (subsurface)
- 3) Upper benthic layer
- 4) Lower benthic layers



ภาพที่ 18 โครงข่ายการแบ่ง segment ของแบบจำลอง
ที่มา: USEPA (2005)

8.3.7 Model transport scheme

การเคลื่อนที่ในที่นี้หมายถึงการนำพาและการแพร่กระจายของปริมาณสารในแหล่งน้ำ ซึ่งในแบบจำลอง WASP แบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ (1) surface water flow (2) pore water (3) solids transport 1 (4) solids transport 2 (5) solids transport 3 และ (6) evaporation /precipitation ดังได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้วข้างต้น

สำหรับการไหลแบบ surface water flow จะเป็นการรวมกันระหว่างการนำพาและการแพร่ ซึ่งการนำพาจะเป็นการนำปริมาณสารไหลจากเหนือน้ำไปสู่ท้ายน้ำซึ่งมีน้ำเป็นตัวกลาง ส่วนการแพร่จะเป็นการผสมและการรวมตัวของปริมาณสารระหว่างส่วนที่มีความเข้มข้นมากกับส่วนที่มีความเข้มข้นน้อย

สำหรับการไหลแบบ pore water จะเป็นการเคลื่อนที่ของสารในชั้นดินโดยปริมาณสารที่ละลายนั้นจะถูกนำพาโดยน้ำที่อยู่ในเม็ดดินผ่านชั้นดิน ซึ่งจะมีการแลกเปลี่ยนปริมาณสารระหว่างชั้นดินกับผิวน้ำด้านบนโดยขบวนการฟุ้งกระจายของน้ำในชั้นดิน

สำหรับการไหลแบบ solids transport 1, solids transport 2 และ solids transport 3 นั้นจะเป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เกี่ยวข้องกับการตกตะกอน การฟุ้งกระจายกลับ (resuspention) และตะกอนของเม็ดดิน โดยปริมาณสารส่วนมากจะรวมตัวกับอนุภาคของตะกอน และเคลื่อนที่ติดกันไปกับเม็ดของตะกอน โดยผู้ใช้งานแบบจำลองสามารถเลือกชนิดของตะกอนให้เข้ากับการเคลื่อนที่ตามขนาดของอนุภาคตะกอน

สำหรับการไหลแบบ evaporation/precipitation นั้นจะเป็นการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องกับการระเหยหรือปริมาณน้ำฝนที่มาจาก segment อื่น

ในการใช้งานแบบจำลองนั้นผู้ใช้ต้องกำหนดข้อมูลอัตราการไหลหรือความเร็วของน้ำ โดยข้อมูลอัตราการไหลนั้นสามารถใช้ค่าที่ได้จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรมคุณภาพน้ำ

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

Malone (2000) ได้ประยุกต์แบบจำลอง URBS เพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าตามเวลาจริงในแม่น้ำขนาดใหญ่ของรัฐ Queensland ประเทศออสเตรเลีย มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 ซึ่งแบบจำลองนี้พัฒนาโดย the Department of Natural Resources รัฐ Queensland แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่จำลองการเปลี่ยนปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่าที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่และเวลา สำหรับหลักการในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS นั้น พื้นที่ศึกษาจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากนั้นจะถูกเชื่อมโยงเป็นอนุกรมของทางน้ำ โดยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดซึ่งถูกประยุกต์ที่จุดศูนย์กลางของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้นจะถูกแปลงเป็นปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ด้วยวิธีการคิดปริมาณการสูญเสียแบบง่าย ๆ จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการสูญเสียเริ่มต้นและ

การสูญเสียต่อเนื่อง (initial loss – continuing loss; IL-CL) หรือแบบจำลองการสูญเสียเริ่มต้นและสัดส่วนปริมาณน้ำท่า (initial loss – proportional runoff; IL-PR) โดยแบบจำลอง IL-CL มีความเหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลน้ำฝนที่มีช่วงเวลาการเก็บข้อมูลที่สั้น ในขณะที่แบบจำลอง IL-PR มีความเหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ซึ่งไม่จำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลฝนด้วยช่วงเวลาสั้น ๆ เหมือนกับในลุ่มน้ำขนาดเล็ก

สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่านั้น สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SPLIT หรือแบบจำลอง BASIC สำหรับแบบจำลอง SPLIT นั้น จะแบ่งการเคลื่อนตัวออกเป็นการเคลื่อนตัวบนพื้นที่ลุ่มน้ำและการเคลื่อนตัวในทางน้ำ โดยเริ่มจากปริมาณฝนส่วนเกินจะถูกเคลื่อนตัวผ่านปริมาตรเก็บกักที่ตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำด้วยวิธีการเคลื่อนตัวบนพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นจะเคลื่อนตัวมาตามแม่น้ำและไหลลงสู่ปริมาตรเก็บกักที่ตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำถัดไป โดยการคำนวณการเคลื่อนตัวใช้วิธี Muskingum สำหรับแบบจำลอง BASIC นั้น ปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของแม่น้ำจะนำมาคิดรวมกันเสมือนเป็นปริมาตรเก็บกักเดียวและทำการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวด้วยวิธีอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SPLIT ให้ผลลัพธ์ในการจำลองกราฟน้ำท่าได้ดีกว่าแบบจำลอง BASIC สำหรับในกรณีที่แม่น้ำได้รับผลกระทบจากการไหลย้อนกลับ (backwater effect) แบบจำลองจะให้ความสำคัญระหว่างปริมาณการไหลและระดับน้ำ (rating curve) เป็นเงื่อนไขควบคุมสถานการณ์ นอกจากนี้แบบจำลอง URBS สามารถจำลองสภาพการไหลในกรณีที่มิอาจทราบทางชลศาสตร์แบบง่าย ๆ ได้ เช่น อ่างเก็บน้ำที่ไม่มีประตูควบคุม และฝายทดน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แบบจำลองไม่สามารถจำลองสภาพการไหลในกรณีที่มิโครงสร้างชลศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ ในส่วนของการพยากรณ์น้ำท่วมนั้นได้ประยุกต์ใช้วิธี matching ในการแปลงแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall runoff routing model) เป็นแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่วม (flood routing model)

ในการศึกษานี้เป็นการนำแบบจำลอง URBS มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ 3 ลุ่มน้ำ ในรัฐ Queensland ซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำ Fitzroy, Burdekin และ Cooper Creek ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 150,000, 130,000 และ 200,000 ตร.กม. ตามลำดับ โดยทำการแบ่งลุ่มน้ำเหล่านี้ออกเป็นลุ่มน้ำย่อยซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 470, 188 และ 138 ลุ่มน้ำย่อย ตามลำดับ นอกจากนี้ระบบของทั้ง 3 แบบจำลองลุ่มน้ำได้แบ่งออกเป็นแบบจำลองย่อยที่มีการเชื่อมโยงกันจำนวน 9, 4 และ 6 แบบจำลอง ตามลำดับ โดยจำนวนของแบบจำลองย่อยที่เชื่อมโยงกันและจำนวนลุ่มน้ำย่อยนั้นมีผล

ต่อการประเมินปริมาณน้ำท่วม สำหรับข้อมูลด้านเข้าทางกายภาพที่ต้องการในการประยุกต์ใช้แบบจำลองประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำย่อยและความยาวลำน้ำ ซึ่งผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองพบว่าแบบจำลอง URBS สามารถประเมินกราฟอัตราการไหลและกราฟระดับน้ำได้เป็นอย่างดี แต่แบบจำลองมีแนวโน้มในการประเมินค่าเกินจริงในช่วงโค้งขึ้นของกราฟน้ำท่า ซึ่งมีสาเหตุมาจากความสามารถในการถ่ายโอนปริมาณการสูญเสียระหว่างแม่น้ำยังไม่ดีพอ อย่างไรก็ตามแบบจำลอง URBS นับได้ว่าสามารถนำมาใช้ได้ดีในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วม นอกจากนี้แบบจำลองยังประสบความสำเร็จในการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของ the Bureau of Meteorology ในรัฐ Queensland แบบตามเวลาจริง

9.2 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

Sylvestre et al. (2002) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่ในปี ค.ศ. 2000 โดยคณะของ National Weather Service (NWS) กับระบบแม่น้ำ Juniata เพื่อใช้ในการจัดแผนเพื่อการพยากรณ์น้ำท่วม บริเวณเมือง Lewistown มลรัฐ Pennsylvania โดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1996 และ 1997 มาเปรียบเทียบแบบจำลอง และข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมปี ค.ศ. 1999 มาตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ผลจากการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า ค่า Root Mean Square Error (RMSE) สำหรับข้อมูลปี ค.ศ. 1996, 1997 และ 1999 เท่ากับ 0.27, 0.31 และ 0.61 ฟุต ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ จากนั้นจึงได้นำไปประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLDWAV กับเหตุการณ์น้ำท่วมปี ค.ศ. 1984 ในการคำนวณหาระดับน้ำสูงสุดตามแนวลำน้ำ และนำมาใช้ในการสร้างแผนที่น้ำท่วม ด้วยการใช้แบบจำลอง FLDVIEW ซึ่งแผนที่น้ำท่วมที่สร้างขึ้นได้นำมาเปรียบเทียบกับราบน้ำท่วมที่เคยขึ้นในอดีต ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

Xu Xiaoming et al. (2002) ได้กล่าวว่าแบบจำลอง FLDWAV ของหน่วยงาน U.S. National Weather Service (NWS) เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองแบบปรากฏการณ์ที่หลากหลายทางด้าน ชลศาสตร์ในระบบแม่น้ำได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้จำลองการไหลแบบ 1-D unsteady flow ในระบบลำน้ำที่ไม่ซับซ้อนมากนัก หรือเรียกว่าแบบ dendritic channel system แต่ไม่เหมาะสมกับระบบแม่น้ำที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายลำน้ำ หรือเรียกว่าแบบ river networks ดังนั้นทางคณะของ Xu Xiaoming ได้เสนอให้ทำการปรับปรุงแบบจำลองนี้เพื่อจำลองการไหลแบบ unsteady flow และวิเคราะห์ด้านคุณภาพน้ำ ด้วยทฤษฎี relaxation iterative โดยได้นำไปประยุกต์ใช้กับระบบโครงข่ายลำน้ำในเมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) ประเทศจีน ซึ่ง

ประกอบด้วยลำน้ำจำนวนมากกว่า 400 ลำน้ำ การปรับปรุงความสามารถของแบบจำลองในครั้งนี้ทำให้สามารถจำลองแบบในระบบโครงข่ายลำน้ำได้อย่างน่าพอใจ โดยในด้านการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนั้น ได้นำแบบจำลอง WASP5 มาพัฒนาให้ใช้งานร่วมกับแบบจำลอง FLDWAV โดยพัฒนาให้เชื่อมโยงการทำงานร่วมกันได้แบบอัตโนมัติในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายแม่น้ำที่มีความซับซ้อนซึ่งได้ผลดีในระดับหนึ่ง

Buan (2003) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLDWAV กับแม่น้ำ Red ในตอนเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้โครงการ NWS River Forecast System (NWSRFS) สำหรับการพยากรณ์น้ำโดยใช้ข้อมูลแบบ real-time โดยแบบจำลอง FLDWAV ได้ทำการปรับเทียบโดยใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 1996 และ 1997 ส่วนการตรวจพิสูจน์ใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 1999 และ 2001 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง FLDWAV สามารถจำลองสภาพทางชลศาสตร์ที่ซับซ้อนของเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ. 1997 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ผลกระทบจากน้ำท่วม (backwater effect) และการรुक้าและกีดขวางระบบระบายน้ำในทุ่งน้ำท่วม (floodplain) ซึ่งมีพื้นที่กว้างใหญ่และค่อนข้างราบ สำหรับการพัฒนานในอนาคตของโครงการนี้ จะนำความสามารถในการพยากรณ์น้ำในเหตุการณ์แบบ extreme event ให้มีความแม่นยำมากขึ้น และทำการสร้างแผนที่น้ำท่วม (flood inundation map) สำหรับชุมชนที่ตั้งอยู่ในแม่น้ำ Red เพื่อให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นของหน่วยงาน NWS นี้สามารถประยุกต์ใช้กับงานการพยากรณ์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

9.3 แบบจำลองคุณภาพน้ำ

Bella and Dobbin (1968) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการไหลมิติเดียวของ Saint Venant โดยใช้วิธีการ finite difference ในการแก้สมการเพื่อหาคำตอบของค่า BOD และ DO ซึ่งทำให้แบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาสามารถจำลองแบบการไหลที่ได้รับผลกระทบจากเวลาและสถานที่ที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพทางชลศาสตร์ และผลกระทบจากแหล่งน้ำโสโครกที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำหรือปากแม่น้ำ และจากผลการศึกษาพบว่า ความเร็วของน้ำที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในบริเวณปากแม่น้ำจะมีผลกระทบที่สำคัญต่อค่า BOD และ DO

Lohani and Thanh (1978) ได้ทำการประยุกต์แบบจำลองคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยทำการแบ่งช่วงแม่น้ำออกเป็น 93 ช่วง และพิจารณาการไหลเป็นแบบมิติเดียว การจำลองแบบเพื่อหาค่า BOD และ DO กระทำโดยการเลียนแบบสภาพการไหลแบบคงที่ที่ไม่

เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady flow) โดยแบบจำลองจะคำนวณค่าที่เหมาะสมของการรับภาระบรรทุก (loading) ที่จะยังคงรักษาคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงของแม่น้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

Wu and Ahlert (1979) ได้ศึกษาแบบจำลองคุณภาพน้ำภายใต้สภาพการไหลแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady flow) และพิจารณาการไหลเป็นแบบมิติเดียว (one dimensional flow) โดยใช้แบบจำลองประเมินปริมาณ BOD, DO แอมโมเนีย และไนโตรเจน ซึ่งไม่คิดผลกระทบจากน้ำทะเลโดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองสภาพการไหลแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาไม่สามารถนำมาใช้ในการจำลองการไหลตามสภาวะที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างถูกต้อง

Whitehead (1981) ได้นำเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำด้วยวิธี monte carlo analysis มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลคุณภาพน้ำรายวันเพื่อนำมาใช้ในการประเมินปริมาณ BOD, DO คลอไรด์ และไนเตรท เพื่อออกแบบและจัดการกับปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำมูลคัน และประยุกต์ใช้แบบจำลองทางด้านคุณภาพน้ำที่ได้มาเชื่อมต่อกับระบบเตือนภัยคุณภาพน้ำ

ชูชาติ (2527) ได้ทำการศึกษาดัชนีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวังเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์กับความสูงของพื้นที่ โดยในการศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่ของการสำรวจออกเป็น 3 ส่วน คือลุ่มน้ำปิงตอนบน ลุ่มน้ำปิงตอนล่างและลุ่มน้ำวัง ซึ่งในส่วนของลุ่มน้ำปิงตอนบนได้ทำการเก็บตัวอย่างของน้ำและดินทั้งสิ้น 11 สถานี ในพื้นที่ของลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง ลุ่มน้ำย่อยแม่กวัง และลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงสายหลัก สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนล่างได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 5 สถานี ในลุ่มน้ำย่อยแม่ท้อ ลุ่มน้ำย่อยแม่ลานสาว ลุ่มน้ำย่อยคลองลาน ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำปิงสายหลัก และในส่วนของลุ่มน้ำวังได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 4 สถานี ในลุ่มน้ำย่อยแม่จาง และลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำวังสายหลัก ซึ่งในแต่ละสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างมีความสูงของพื้นที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างของน้ำและดินในแต่ละสถานีเดือนละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2526 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2527 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนไม่แปรผันกับระดับความสูงของพื้นที่ โดยปัจจัยที่สำคัญของปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล การใช้ประโยชน์ที่ดินและความลาดชันของพื้นที่

รัชนีกุล (2527) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (total dissolved solid - TDS) ระหว่างช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งในลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง โดยศึกษาอิทธิพลของเมือง ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ และระดับความสูงของลุ่มน้ำ ที่มีผลต่อความเข้มข้นของ TDS ซึ่งวิธีการศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่ที่ตรวจวัดและเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 ประเภท คือ จุดตรวจวัดตามลำน้ำปิงและ ลำน้ำวังจำนวน 18 จุด จุดตรวจวัดบริเวณก่อนที่ลำน้ำจะไหลเข้าสู่เขตเมืองและหลังจากไหลผ่านเขตเมือง จำนวน 24 จุด จุดตรวจวัดตามลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่มีขนาดแตกต่างกัน 12 ลุ่มน้ำย่อย โดยทำการตรวจวัดลุ่มน้ำย่อยละ 1 จุด และทำการตรวจวัดในบริเวณที่มีความแตกต่างกันตามความสูงของพื้นที่ ใน 4 ลุ่มน้ำย่อย ได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยแม่กว้ง แม่กลาง แม่ท้อ และคลองขลุ้ง โดยทำการตรวจวัดในช่วงน้ำหลากเดือนตุลาคม พ.ศ. 2526 และช่วงน้ำแล้งเดือนมีนาคม พ.ศ. 2527 ครั้งละ 54 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ TDS ในลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง มีค่าเฉลี่ย 75 และ 135 ppm ตามลำดับ โดยอิทธิพลของเมืองมีผลต่อความเข้มข้นของปริมาณ TDS ในรูปแบบที่ไม่แน่นอน ในขณะที่ระดับความสูงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ TDS และ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ TDS แต่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น ลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำ ปริมาณฝน การพังทลายของดิน ความลาดชันของพื้นที่ และจำนวนประชากร เป็นต้น

พรชัย (2532) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำในแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของขนาดพื้นที่เมืองและขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งวิธีการศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่ที่ตรวจวัดและเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 ประเภท คือ จุดตรวจวัดตามแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านจำนวน 10 และ 19 จุด ตามลำดับ จุดตรวจวัดบริเวณก่อนที่ลำน้ำจะไหลเข้าสู่เขตเมืองและหลังจากไหลผ่านเขตเมือง จำนวน 14 จุด โดยเป็นจุดตรวจในลุ่มน้ำน่าน 8 จุด จุดตรวจวัดตามลำน้ำยม 6 จุด และการตรวจวัดในลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่มีขนาดแตกต่างกัน 12 ลุ่มน้ำย่อย โดยเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน 9 ลุ่มน้ำและในลุ่มน้ำยมอีก 3 ลุ่มน้ำ โดยมีเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ครั้ง ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2527 เดือนเมษายน พ.ศ.2528 และเดือนสิงหาคม พ.ศ.2528 ซึ่งเป็นช่วงของฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ตามลำดับ ซึ่งพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความกระด้าง ความขุ่น และสีของน้ำ ซึ่งผลการศึกษาพารามิเตอร์ดังกล่าวในแม่น้ำน่านและแม่น้ำยมในรูปแบบของค่าเฉลี่ยแสดงได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำในแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยม

พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ	แม่น้ำน่าน	แม่น้ำยม
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.7	29.2
DO (mg/L)	7.3	7.7
pH	7.5	7.6
ค่าความนำไฟฟ้า ($\mu\text{s/cm}$)	160	263
ค่าความกระด้าง (mg/L)	41.5	76.8
ค่าความขุ่น (FTU)	139	101
สีของน้ำ (หน่วย)	868	714

จากผลการศึกษาพบว่าขนาดของพื้นที่เขตเมืองในแม่น้ำและแม่น้ำยมไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของน้ำ pH ความขุ่น และสีของน้ำ ในขณะที่ค่าความนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าขนาดของพื้นที่เขตเมืองใหญ่ขึ้น ซึ่งจะตรงข้ามกับค่าความกระด้างและค่า DO ที่จะลดลง

Bowornsak (1992) ได้นำแบบจำลองคุณภาพน้ำ มาประยุกต์ใช้ในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยพิจารณาการไหลเป็นแบบมิติเดียว ในการแก้ปัญหасวมการใช้วิธีการประมาณค่าแบบไฟไนท์ดิฟเฟอเรนซ์ สำหรับพารามิเตอร์ที่พิจารณาในแบบจำลองคือ ปริมาณ BOD และ DO ในการศึกษา นั้นได้ทำการจำลองแบบโดยการแบ่งแม่น้ำออกเป็น 33 ช่วง ผลการทำนายคุณภาพน้ำของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี ค.ศ. 2000 พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ของกรมควบคุมมลพิษ

Maqsood (1996) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำรวี ประเทศปากีสถาน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแสดงให้เห็นว่าการจัดการคุณภาพน้ำเป็นนโยบายที่สำคัญ โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ทำการแบบจำลอง ประกอบด้วย BOD, DO และ อุณหภูมิ แบบจำลองถูกประยุกต์ใช้เพื่อทำนายคุณภาพน้ำในกรณีที่มีและไม่มีโครงการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดทำแผนการจัดการคุณภาพน้ำ โดยผลจากการศึกษาได้เสนอแนวทางเลือกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของแม่น้ำรวี 2 แนวทางเลือก คือ การใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงที่มีการกำหนดแหล่งกำเนิดน้ำเสีย และการบำบัดน้ำเสียขั้นต่ำโดยพิจารณาการบำบัดน้ำเสียตลอดความยาวของแม่น้ำรวี

ศูนย์วิจัยน้ำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2539) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิง ซึ่งทำการศึกษาทั้งด้านเคมีชีวภาพและปริมาณอินทรีย์สารในน้ำ โดยทำการติดตั้งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 4 จุดคือ 1) บริเวณที่ผ่านออกมาจากตัวเมืองเชียงใหม่ คือบริเวณสะพานป่าแดด หน้าวัดสุวรรณาราม 2) บริเวณที่ลำคลองแม่ข่าไหลมาบรรจบแม่น้ำปิงคือบริเวณหน้าโรงเรียนบ้านคอนไชย 3) บริเวณห่างจากจุดที่ 2 ประมาณ 3 กิโลเมตร มาทางด้านท้ายน้ำ คือบริเวณบ้านวังสิงห์คำเหนือ 4) บริเวณฝายน้ำล้นแม่ปิงเก่า ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการเก็บเป็นรายเดือนทุกเดือน ตลอดระยะเวลา 1 ปี (มกราคม ถึง ธันวาคม 2539) พบว่า ค่า DO จะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.7 ถึง 8.3 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ค่า BOD มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-6.6 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ค่า FC มีค่าอยู่ระหว่าง 4,600-24,000 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร

กฤษฎา (2539) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 มาทำนายคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีจุดควบคุมทางด้านเหนือน้ำอยู่ที่อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจุดควบคุมทางด้านท้ายน้ำอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2538 คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยปริมาณ BOD ที่ทำการคำนวณได้ในช่วงของฤดูแล้งมีค่าสูงถึง 6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

Webb et al. (1997) ได้ทำการประเมินปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำด้วยวิธี direct estimate โดยวิธีการประเมินปริมาณสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบ interpolation และ extrapolation โดยวิธี interpolate เป็นการสร้างสมมุติฐานว่า ข้อมูลของปริมาณสารและอัตราการไหลที่ทำการเก็บข้อมูลสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่อยู่ในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถประเมินได้จากช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล ส่วนวิธี extrapolation นั้นจะเป็นการใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสาร กับปริมาณการไหลที่เกิดขึ้นในเวลาทำการเก็บข้อมูล และได้ทำการแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเป็นการศึกษาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น โดยมีสถานีตรวจวัดความขุ่นและสถานีวัดปริมาณน้ำแบบเหนือคลื่นเสียง โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยคือการประเมินปริมาณตะกอนรายสัปดาห์ และการเปรียบเทียบการประเมินปริมาณตะกอนที่มีช่วงการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน ส่วนที่สอง จะทำการประเมินปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำทั้งหมด 36 ชนิด เช่น DO, BOD ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น โดยจะมีตัวควบคุมความน่าเชื่อถือได้ในการประเมินปริมาณสาร 2 ตัว คือ ค่าความถูกต้อง และค่าความแม่นยำ โดยมีวิธีการในการปรับแก้ค่าต่าง ๆ คือ ค่าความถูกต้องสูงแต่มีค่าความแม่นยำน้อยนั้น จะทำการเปรียบเทียบระหว่างสถานี ถ้าในกรณีที่ค่าความถูกต้องน้อยแต่มีค่าความแม่นยำมากจะทำการปรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ

สารกับปริมาณการไหล จากการศึกษาพบว่า วิธีการ direct estimate นั้นมีการแปรเปลี่ยน กล่าวคือ เมื่อนำไปประเมินที่หนึ่งอาจได้ค่าที่เกินความเป็นจริงแต่เมื่อนำมาประเมินอีกที่หนึ่งค่าที่ได้กลับเป็นค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งวิธีการหนึ่ง ๆ อาจจะเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมก็ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ปริมาณของข้อมูล เป็นต้น เมื่อมีการใช้ข้อมูลที่มีช่วงนาน ๆ นั้น พบว่า ส่วนมากวิธี direct estimate นั้นจะให้ค่าในการประเมินที่แยกลง แต่มีบางวิธีการที่ให้ค่าดีขึ้น สำหรับในการประเมินปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำนั้น พบว่า ส่วนมากให้ผลในการประเมินที่มีความผิดพลาดมากถึง 25 จากทั้งสิ้น 36 ชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าชนิดของสารที่เราใช้ประเมินนั้นมีความซับซ้อนมากน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณสารที่มีความซับซ้อนมาก เช่นมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ก็จะทำให้ผลของการประเมินนั้นเกิดความผิดพลาดได้มาก

กรมควบคุมมลพิษ (2540) ได้ว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการจัดการคุณภาพน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งครอบคลุม ลุ่มน้ำโขง ชี และมูล รวมพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด 168,188 ตารางกิโลเมตร โดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 กับแม่น้ำสายหลัก ซึ่งประกอบด้วย แม่น้ำพอง ชี มูล ลำตะดอง และแม่น้ำสงคราม พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ทำการจำลองแบบ คือ BOD, DO อุณหภูมิ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยแบบจำลองได้ใช้เพื่อการประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำของแม่น้ำสายหลักในปี พ.ศ. 2547 2552 และ 2562 และได้ใช้ผลจากการศึกษาเพื่อการจัดทำแผนปฏิบัติการฟื้นฟูคุณภาพน้ำเพื่อยกระดับมาตรฐานของแหล่งน้ำให้ดีขึ้นสำหรับในช่วงเวลาดังกล่าว

ศูนย์วิจัยน้ำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2541) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการที่ดำเนินการไว้แล้วในปี พ.ศ.2539 โดยทำการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง ในแต่ละฤดูกาล โดยเก็บที่จุดเดิมทั้ง 4 จุด ดังกล่าวแล้วในผลการศึกษาของปี พ.ศ.2539 ผลการเก็บข้อมูล พบว่า DO ในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าอยู่ในช่วง 5.8 - 7.0, 4.8 ถึง 6.8 และ 4.3 ถึง 6.6 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าค่า DO มีความแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละฤดูกาล สำหรับค่า BOD พบว่า ในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าอยู่ในช่วง 0.8 ถึง 3.5, 1.0 ถึง 2.5 และ 0.3 ถึง 3.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณ TC พบว่า ในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 11,000 ถึง 24,000 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร และในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 24,000 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยปริมาณ TC ในฤดูฝนที่มีค่าสูงกว่าในฤดูร้อนคาดว่าเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่นำพาส่งสกปรกจากพื้นที่รับน้ำฝนลงสู่แม่น้ำปิง

ภัทรา (2541) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการทำนายคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง โดยมีจุดควบคุมทางด้านเหนือที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี และจุดควบคุมทางด้านท้ายน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 3 แต่บางช่วงเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของฤดูแล้งพบว่าปริมาณ BOD มีค่าสูงกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

สุทธิพร (2541) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับทำนายคุณภาพน้ำในลำตะคอง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการ จัดการคุณภาพน้ำของลำตะคอง แบบจำลองนี้เริ่มจากหน้าเขื่อน ลำตะคอง ผ่านสุขาภิบาลสี่คิ้ว สุขาภิบาลสูงเนิน สุขาภิบาลโคกกรวด ไปสิ้นสุดที่เขื่อนระบายน้ำกันผม ที่บ้านกันผม อำเภอจักราช จังหวัด นครราชสีมาเป็นความยาว 109.8 กิโลเมตร แบบจำลองทาง ชลศาสตร์ได้นำสมการโมเมนตัมและสมการการไหล ต่อเนื่องมาใช้ร่วมกับวิธีการผลต่างสืบเนื่อง (finite difference method) ส่วนแบบจำลองคุณภาพน้ำได้นำสมการการแพร่กระจายมาใช้กับวิธีการ ผลต่างสืบเนื่องเพื่อคำนวณหาค่า BOD และ DO ในการเปรียบเทียบและตรวจสอบพบว่า แบบจำลองทางชลศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถเลียนแบบลักษณะทาง ชลศาสตร์ และคุณภาพน้ำของลำตะคองได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่เก็บได้ และได้กำหนดแนวทางในการจัดการคุณภาพน้ำสำหรับแต่ละเขตสุขาภิบาลด้วย

Promkutkaew et al. (1999) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในลำน้ำปิงที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติด้านเคมีและชีววิทยา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ 4 ตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่บริเวณบ้านป่าแดด โรงเรียนศรีดอนชัย บ้านวังสิงคำ และฝายแม่ปิง โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่า DO BOD แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งทำการวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำของพื้นที่บริเวณบ้านป่าแดดมีคุณภาพน้ำดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอื่น ๆ โดยสามารถจัดให้อยู่ในประเภทของแหล่งน้ำผิวดินตั้งแต่ประเภทที่ 2 ถึง ประเภทที่ 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) ในขณะที่ตำแหน่งอื่น ๆ จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ถึงประเภทที่ 5 ซึ่งจัดว่ามีคุณภาพต่ำ โดยพื้นที่บริเวณฝายแม่ปิงมีคุณภาพน้ำต่ำที่สุด เพราะเป็นตำแหน่งท้ายน้ำจึงเป็นที่รองรับสารมลพิษจากตำแหน่งอื่น ๆ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงโดยรวมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการคมนาคมทางน้ำและอุตสาหกรรมเท่านั้น

กรมควบคุมมลพิษ (2542) ได้ทำโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการในการจัดการคุณภาพแหล่งน้ำในแม่น้ำสายหลักต่างๆ รวมทั้งแม่น้ำปิงโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 ในการหาค่าพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำ สำหรับการคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต ซึ่งจากการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงโดยทั่วไปอยู่ในระดับพอใช้ และมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ดีตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำประเภทที่ 2 (เพื่อการอุปโภคบริโภค และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ) และประเภทที่ 3 ได้ภายใน 10 ปี ข้างหน้า ถ้ามีการจัดการของเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ได้ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง

กรมควบคุมมลพิษ (2542) ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำในแม่น้ำยม ผลการสำรวจพบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้สำหรับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งหมายถึง “แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรรวมถึงการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก่อน” (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) อย่างไรก็ตามผลการสำรวจพบว่าในบางช่วงของแม่น้ำยมที่มีการไหลผ่านพื้นที่เขตเมืองคือเทศบาลเมืองแพร่และเทศบาลเมืองสุโขทัย คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียจำพวกฟีคอลโคลิฟอร์มในปริมาณระหว่าง 4,000 ถึง 6,000 หน่วย ซึ่งสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ และมีความเค็มของ BOD ในช่วงเวลาที่ลำนํามีปริมาณน้ำน้อยสูงถึง 9.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับคุณภาพน้ำของแม่น้ำยมในพื้นที่อื่น ๆ โดยรวมพบว่า ปริมาณ DO โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD เฉลี่ยเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแบคทีเรียประเภทฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยเท่ากับ 1,800 หน่วย สำหรับในช่วงฤดูน้ำหลากของแม่น้ำยมมักประสบปัญหาในเรื่องของความขุ่น โดยพบว่าบริเวณตั้งต้นน้ำจนถึงอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีความขุ่นสูงกว่า 100 NTU ซึ่งส่งผลให้เกิดอุปสรรคต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ จากผลการสำรวจคุณภาพน้ำในแม่น้ำยมสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2542 เมื่อเปรียบเทียบกับในปี พ.ศ. 2541 เลื่อมโทรมลงกว่าเดิมมาก

กรมควบคุมมลพิษ (2542) ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง ผลการสำรวจพบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมจัดอยู่ในเกณฑ์ดีโดยจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ซึ่งหมายถึง “แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้น้ำเพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ รวมถึงการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก่อน” (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) อย่างไรก็ตามผลการสำรวจพบว่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงที่ไหลผ่านเทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลเมืองตาก และ

เทศบาลเมืองกำแพงเพชร มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยมีปริมาณแบคทีเรียจำพวกฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยสูงกว่า 4,000 หน่วย และปริมาณ BOD สูงกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงโดยรวมพบว่า ปริมาณ DO โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแบคทีเรียประเภท ฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยเท่ากับ 3,000 หน่วย และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2542 กับในปี พ.ศ. 2541 พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน

Campbell et al. (2001) ได้ทำการจำลองแบบระบบปฏิบัติการของแม่น้ำ Klamath ในมลรัฐ Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกาทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของน้ำ สำหรับการศึกษาทางเลือกในการจัดการน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในลำน้ำให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นอยู่ของปลาชนิดต่าง ๆ โดยใช้แบบจำลอง MODSIM ในการจำลองแบบด้านปริมาณน้ำ และแบบจำลอง HEC-5Q ในการจำลองแบบด้านคุณภาพน้ำ โดยพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่พิจารณาคือ อุณหภูมิและปริมาณ DO ซึ่งผลการศึกษาพบว่า แนวทางการจัดการน้ำส่วนใหญ่มีผลให้อุณหภูมิของน้ำลดลงน้อยกว่า 2 องศาเซลเซียส และทำให้ปริมาณ DO เปลี่ยนแปลงถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยส่วนใหญ่ปริมาณ DO มีแนวโน้มที่ลดลง

Ning et al. (2001) ทำการศึกษาผลกระทบของการพัฒนาพื้นที่อุตสาหกรรมต่อคุณภาพน้ำของระบบแม่น้ำ Kao-Ping ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศไต้หวัน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง QUAL2E ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการจำลองลักษณะของคุณภาพน้ำในลำน้ำบนพื้นฐานของการไหลแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady state) โดยสมการพื้นฐานของแบบจำลองประกอบด้วยกระบวนการ advection และ dispersion รวมทั้งปฏิกิริยาภายในและภายนอกกระหว่างพารามิเตอร์นั้น ๆ กับพารามิเตอร์อื่น ๆ จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองแบบและพยากรณ์ปริมาณ BOD, DO ฟอสฟอรัส และแอมโมเนียไนโตรเจน ได้เป็นอย่างดี โดยผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ฟาร์มสุกรและบริเวณที่มีการก่อสร้างระบบระบายน้ำทางด้านเหนือของแม่น้ำ Kao-Ping ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำในลำน้ำจากการจำลองแบบในฤดูฝน และจากการพยากรณ์คุณภาพน้ำในฤดูแล้งพบว่าแม่น้ำ Kao-Ping จะประสบปัญหาคุณภาพน้ำมากขึ้นในอนาคตถ้าปราศจากมาตรการควบคุมการปล่อยน้ำเสียของพื้นที่อุตสาหกรรมและฟาร์มสุกรในพื้นที่ตอนบน

Letcher et al. (2002) ได้ทำการศึกษาความสามารถของแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำจำนวน 4 แบบจำลอง คือ 1) Networked Stormwater Quality Model (AQUALM) 2) แบบจำลอง Identification of unit Hydrographs and Component flow from Rainfall, Evaporation and Sreamflow (IHACRES-WQ) 3) Catchment Management Support System (CMSS) และ 4) Moss model โดย 2 แบบจำลองแรกเป็นแบบจำลองประเภท Conceptual Model และ 2 แบบจำลองหลังเป็นประเภท Empirical Model สำหรับรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองแสดงในตารางที่ 8 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลอง	CMSS	MOSS	IHACRES	AQUALM
การประเมินปริมาณน้ำท่า	ไม่พิจารณา	ใช้ Empirical runoff coefficient	ใช้กระบวนการ nonlinear และ linear module	ใช้สมคูลน้ำแบบ nonlinear
การเคลื่อนที่ของปริมาณสาร	ส่งผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง	ใช้ค่าคงที่ในแต่ละพื้นที่	การคิด suspended sediment ขึ้นกับ อัตราการไหลและ Nutrient ขึ้นกับ ปริมาณตะกอน	คำนวณโดยวิธี regression จาก เหตุการณ์ โดย พิจารณา ระหว่าง ปริมาณน้ำท่า กับ ปริมาณสารด้านคุณภาพน้ำ
การคำนวณ interception	ไม่พิจารณา	คิดจากค่า Empirical delivery coefficient	ไม่พิจารณา	คิดจากค่า regression ระหว่าง ช่วงเวลาการเกิดน้ำท่า และ ปริมาณสาร ทางด้านคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แบบจำลอง	CMSS	MOSS	IHACRES	AQUALM
การเคลื่อนที่ของน้ำท่า	ไม่พิจารณา	คิดจากค่า Empirical flow correction coefficient	คิดปริมาณการเคลื่อนที่ของน้ำท่า จากค่า Empirical coefficient	สมมุติว่าเป็น steady uniform flow
การคิดปริมาณสารในลำน้ำ	ไม่พิจารณา	คิดจากค่า Empirical transport correction coefficient	พิจารณาจาก ส่วนประกอบของ conceptual	พิจารณา อัตรา การสูญเสียของ ปริมาณตะกอน และการ เคลื่อนที่ของ ปริมาณสารที่ ขึ้นกับ ความเร็ว ของน้ำท่า

สำหรับข้อสรุปของแบบจำลองแต่ละตัวมีดังนี้

1) CMSS เป็นแบบจำลองประเภท empirical model ที่ใช้ในการพิจารณาถึงผลกระทบจากการใช้ที่ดิน และนโยบายในการจัดการการใช้ที่ดิน ที่มีผลต่อสารที่เคลื่อนที่ตามลำน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการพิจารณาการเคลื่อนตัวของสารในแบบจำลองนั้นจะไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น ซึ่ง CMSS นั้นไม่การรวมขบวนการของ rainfall-runoff และอัตราการรั่วซึมที่เกิดขึ้น ซึ่งการประเมินสารของแบบจำลองนั้นจะเป็นการพิจารณาการเคลื่อนตัวของสารต่อพื้นที่ ซึ่งจะพิจารณาจากการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันออกไป CMSS นั้นมีการพัฒนาโดยจะมีการรวมการ routing และ assimilation ซึ่งจะไม่บอกกล่าวถึงในรายงานฉบับนี้ ซึ่งค่าที่ได้จาก CMSS นั้นเป็นค่าหยาบ ๆ และเกินความเป็นจริง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเวลาสารเคลื่อนที่ในลำน้ำนั้นจะมีการสูญหาย ซึ่งในการใช้ CMSS จะใช้ในพื้นที่ที่ค่อนข้างใหญ่และควรมีการแบ่งคิดออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างเช่นคิดแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย เพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับแบบจำลองได้

2) Moss model เป็นการคิดค่า generation rate ที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่การใช้ที่ดิน ซึ่งค่าเหล่านี้ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งการใช้ Moss Model ส่วนมากนั้นจะแบ่งออกเป็น 2

แบบ คือ คิดค่า generation rate ที่สอบเทียบจากแบบจำลองหรือใช้จาก CMSS เพื่อใช้ในสมการในการประเมินปริมาณสารของแบบจำลอง

3) IHACRES-WQ มีการแบ่งส่วนประกอบดังนี้

3.1 IHACRES rainfall runoff model ซึ่งจะแบ่งการคิด rainfall-runoff ของแบบจำลองออกเป็น 2 ส่วน คือ nonlinear module ซึ่งจะเป็นการแปลงปริมาณน้ำฝนให้เป็นปริมาณของ effective rainfall และ linear module ซึ่งจะใช้ผลรวมของ unit hydrograph ที่เกิดในเวลาสั้น ๆ และแปลงเป็นปริมาณของ effective rainfall

3.2 STARS in-stream transport model คือการ routing สารในลำน้ำจากส่วนบนมายังส่วนล่างของลำน้ำ

3.3 Sediment-runoff model คือ การคิด suspended sediment ที่ขึ้นกับอัตราการไหล

3.4 Nutrient-sediment model คือการคิดปริมาณสาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่ขึ้นกับตะกอน ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลของตะกอนจะพิจารณาจากปริมาณการไหลแทน

4) AQUALM-XP เป็นแบบจำลองแบบ stormwater quality model ที่พิจารณาทั้ง point sources และ non-point sources ซึ่งมีการพิจารณา runoff และ routing ในแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลอง AQUALM-XP นั้นเป็นแบบจำลองที่ดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำใช้วิธีการ direct estimate โดยพารามิเตอร์ที่ศึกษาคือ ปริมาณสารอาหาร (nutrient) ซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส โดยทำการเลือกพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 6 แห่ง และมีการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำ	รัฐ	การเก็บข้อมูล ด้านคุณภาพน้ำ	การเก็บข้อมูล ปริมาณการไหล	ช่วงเวลาใน การศึกษา	ข้อมูล ปริมาณ น้ำฝน	ระบบการ เชื่อมโยง สถานีวัด น้ำท่า
Darwin Harbour	NT	เก็บข้อมูล N, P และ SS จำนวน 2 ครั้ง ต่อ สัปดาห์	มีการเก็บไม่ สม่ำเสมอ	8 ปี	มีการ กระจายตัว ที่ดี	แบบระบบ เชื่อมโยง (Network)
Ellen Brook	WA	เก็บข้อมูล N, P และ SS รายวัน	รายวัน	1 ปี	มีการ กระจายตัว ไม่เพียงพอ	แบบสถานี เดี่ยว (single)
Huon River	TAS	มีจุดวัดคุณภาพ น้ำ N และ P จำนวน 14 ถึง 16 จุด	รายวัน	2 ปี	มีการ กระจายตัว เพียงพอ	แบบสถานี เดี่ยว (Single)
Illawarra Area	NSW	เก็บข้อมูล N, P และ SS แบบ รายสัปดาห์ ถึง รายเดือน โดย ไม่มีการเก็บ ข้อมูลน้ำทั้งจาก ท่อน้ำทิ้ง	รายวัน	2 ปี	มีการ กระจายตัว ไม่เพียงพอ	แบบสถานี เดี่ยว (Single)
Georges River						
Murrumbidgee River	ACT	เก็บข้อมูล N, P และ SS จำนวน 2 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ ถึง ราย เดือน	รายวัน	1 ปี	มีการ กระจายตัว ไม่เพียงพอ	แบบสถานี เดี่ยว (Single)

ในการศึกษานั้น จะต้องเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีข้อมูลเหมาะสมกับการประยุกต์แต่ละแบบจำลองและวิธี direct estimate ให้มากที่สุด โดยพื้นที่ศึกษานั้นมีสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายตัวไม่

เหมาะสมและไม่เพียงพอในการประเมินปริมาณสารที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากปริมาณสารนั้นมีปัจจัยเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น โดยปริมาณน้ำฝนจะเป็นตัวกลางในการนำพาปริมาณสารลงสู่ลำน้ำ โดยการศึกษาพบว่าแบบจำลอง CMSS นั้นจะประเมินปริมาณสารที่เกินค่าความเป็นจริง เนื่องจากแบบจำลอง CMSS นั้นทำการประเมินปริมาณสารอย่างคร่าว ๆ โดยจะไม่คิดถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ โดยจะพิจารณาเพียงแต่การใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยทำให้เกิดปริมาณสารทางด้านคุณภาพน้ำที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากแบบจำลอง CMSS จะเป็นการคิดปริมาณสารจากการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันออกไปโดยคิดแบบรวมจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยไม่คิดผลกระทบจากการสลายตัวที่เกิดขึ้นในลำน้ำ สำหรับวิธี direct estimate นั้นจะเหมาะสมกับพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งวิธีหนึ่งอาจจะเหมาะสมกับที่หนึ่งแต่อาจจะไม่เหมาะสมกับอีกแห่งหนึ่ง ทั้งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีข้อมูลพื้นฐานที่คล้าย ๆ กันก็ตาม โดยการนำวิธี direct estimate มาใช้นั้นจะต้องทำการศึกษา หลาย ๆ วิธีการเพื่อให้ได้วิธีการที่ดีที่สุด จากการศึกษาพบว่า เกิดค่าคลาดเคลื่อนในบางพื้นที่ที่เป็นเขตเมืองเนื่องจากจะมีการทิ้งน้ำเสียลงสู่ลำน้ำ แต่ขาดข้อมูลสำหรับท่อระบายน้ำเสียในการประเมินปริมาณจึงเกิดค่าผิดพลาดขึ้น จึงควรมีการทำการสำรวจและตรวจสอบปริมาณของเสียที่ทิ้งลงสู่ลำน้ำเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองเพิ่มมากขึ้น

กรมอนามัย (2545) ได้ทำการศึกษาศถานการณ์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำในภาคเหนือตอนบน ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดลำปาง ลำพูน พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน โดยทำการศึกษาคูณภาพน้ำของแม่น้ำสายสำคัญและแหล่งน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของผู้นในชุมชน ของจังหวัดดังกล่าว ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแต่ละจังหวัดสรุปได้ดังนี้

จังหวัดลำปาง ทำการเก็บข้อมูลในลำน้ำแม่เตาะ แม่닝 แม่ตุ้ย และแม่วังที่บริเวณหน้าวัดบ้านเสด็จและหลังโรงเรียนปงแสงทอง มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ โดย DO มีค่าอยู่ในช่วง 5 ถึง 6 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ ที่แม่น้ำแม่วังที่บริเวณหลังโรงพยาบาลเวนแสนวัด มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดย DO มีค่าอยู่ในช่วง 4 ถึง 5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

จังหวัดลำพูน ทำการเก็บข้อมูลบริเวณสะพานศรีบุญยืน ท่าสิงห์ บ้านยู และสะพานท่าจักร พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย BOD มีค่าอยู่ในช่วง 1.6 ถึง 1.8 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ TC มีค่าอยู่ในช่วง 9,000 ถึง 16,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม และที่บริเวณสะพานวังทองพบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย BOD มีค่าเท่ากับ 2.3 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

จังหวัดเชียงใหม่ ทำการเก็บข้อมูลในแม่น้ำ 5 สาย ดังนี้ 1) แม่น้ำปิง ทำการเก็บข้อมูล 2 จุด คือที่บริเวณสะพานศรีวิชัย ตำบลคอยหล่อ ถึงอำเภอคอยหล่อ พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 2 โดย BOD มีค่าเฉลี่ย 1.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และที่บริเวณสะพานแม่มิม ตำบลเหมืองแก้ว อำเภอแม่มิม และสะพานนวรัฐ อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย TC มีค่าอยู่ในช่วง 48,000 ถึง 71,500 และ FC อยู่ในช่วง 5,750 ถึง 8,400 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม 2) แม่แตง ทำการเก็บข้อมูลบริเวณสะพานแม่แตง ตำบลสันมหาพน อำเภอแม่แตง พบว่า คุณภาพน้ำอยู่จัดในประเภทที่ 3 โดย TC และ FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11,600 และ 2,250 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ 3) แม่จิด ทำการเก็บข้อมูลบริเวณสะพานแม่จิด ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,160 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม 4) แม่แจ่ม ทำการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 3 จุด คือ (1) บริเวณสะพานแม่แจ่ม ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 2 โดย TC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,300 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม (2) บริเวณสะพานซอด บ้านท่าขาม อำเภอซอด คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย TC มีค่าเท่ากับ 70,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม และ BOD มีค่าเท่ากับ 2.4 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ (3) บริเวณศูนย์อุทกวิทยา ตำบลหางดง อำเภอซอด คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย TC และ FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,350 และ 1ม065 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ 5) แม่กวง บริเวณเขื่อนแม่กวง ตำบลวงเหนือ อำเภอคอยสะเก็ด คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย TC และ FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25,850 และ 4,115 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ

จังหวัดพะเยา ทำการเก็บข้อมูลในแหล่งน้ำจำนวน 4 แห่ง คือ 1) ในลุ่มน้ำแม่เมือง ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณสะพานข้ามแม่น้ำอิง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย BOD มีค่าเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ TC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,352 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม 2) กว๊านพะเยา ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 จุด คือ (1) บริเวณสะพานขุนเดช สามแยกร้านแสงจันทร์ และสะพานหน้าสถานีประมงน้ำจืด พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย BOD มีค่าอยู่ในช่วง 1.7 ถึง 1.9 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ (2) บริเวณการประปาพะเยา หน้าอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง และลานชมวิวกว๊านพะเยา พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย BOD มีค่าอยู่ในช่วง 2.1 ถึง 2.7 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 3) ลุ่มน้ำแม่ต๋อม ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณสะพานข้ามแม่ต๋อม บริเวณหน้าวัดต๋อมดง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย BOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 4) ลุ่มน้ำแม่ต้า ทำการเก็บข้อมูลบริเวณร่องน้ำแม่ต้า ตำบลแม่ต้า อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย BOC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

จังหวัดเชียงราย ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำจำนวน 4 แห่ง คือ 1) อ่างเก็บน้ำขุนเข้า ตำบลห้วยสัก อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 2 โดย BOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 2) อ่างเก็บน้ำหนองปิ้ง ตำบลเวียง อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย BOD มีค่าเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 3) อ่างเก็บน้ำสวนสมเด็จพระเจ้า ตำบลบ้านคู อำเภอเมือง เมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดย BOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 4) อ่างเก็บน้ำหนองหลวง ตำบลเวียงชัย อำเภอเวียงชัย พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 2 โดย BOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

จังหวัดแม่ฮ่องสอน ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 จุด คือ 1) แม่น้ำแม่ฮ่องสอน บริเวณปลายน้ำ อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดยค่า FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,045 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร 2) ลำห้วยแม่ปู้ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 จุด คือ (1) บริเวณต้นน้ำ อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,650 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม (2) บริเวณปลายน้ำ อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 3 โดย FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม 3) หนองจองคำ บริเวณหน้าร้านครัวทิพย์ อำเภอเมือง พบว่า คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 5 โดย BOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ 32 บิต พร้อม Hard Disk และ Math Co-Processor
2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลอง URBS, FLDWAV และ WASP
3. แผนที่ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำปึงตอนบน มาตราส่วน 1:50000
4. รูปตัดขวาง และรูปตัดตามยาวของแม่น้ำปึงตอนบนและลำน้ำสาขา
5. ข้อมูลทางอุทกวิทยา และข้อมูลทางชลศาสตร์ของกลุ่มน้ำปึงตอนบน
6. ข้อมูลทางด้านคุณภาพน้ำของแม่น้ำปึงตอนบนและลำน้ำสาขา

วิธีการ

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำปึงตอนบน มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ศึกษา 2 แบบจำลอง ดังนี้

1.1.1 การใช้งานแบบจำลอง URBS จำเป็นต้องใช้ข้อมูลต่อไปนี้คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตารางกิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของกลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_1 , กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดออกของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_2 , กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดบรรจบของกลุ่มน้ำสาขา (L_3 , กิโลเมตร) และความยาวลำน้ำจากจุดบรรจบของกลุ่มน้ำสาขาสู่จุดออกของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_4 , กิโลเมตร) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาได้นำค่าลักษณะเฉพาะของกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปึงตอนบนจากผลการศึกษาในโครงการหน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย (นุชนารถและคณะ, 2550)

1.1.2 การใช้งานแบบจำลอง FLDWAV จำเป็นต้องใช้ข้อมูลต่อไปนี้คือ ข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่งของรูปตัดขวางลำน้ำตามแนวแม่น้ำปึงตอนบน รวมทั้ง

ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบน และข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำปิงตอนบน ระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 ถึง P.73 จำนวน 140 รูปตัด ซึ่งสำรวจโดยกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำ นอกจากนั้นแล้วจำเป็นต้องใช้ข้อมูลลักษณะเฉพาะของฝายต่าง ๆ ในแม่น้ำปิงตอนบน จำนวน 14 ฝาย โดยตำแหน่งที่ตั้งของฝายเหล่านี้แสดงดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตำแหน่งที่ตั้งของฝายบนแม่น้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	ชื่อ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ยาว	สูง
1	เขื่อนแม่งัด	ซ่อแล	แม่แตง	เชียงใหม่	1,950	59
2	ฝายแม่แตง	แม่แตง	แม่แตง	เชียงใหม่	80	5.50
3	ฝายแม่แฝก	แม่แฝก	สันทราย	เชียงใหม่	89	3.00
4	ฝายท่าศาลา	วัดเกตุ	เมือง	เชียงใหม่	130	2.00
5	ฝายหนองผึ้ง	หนองหอย	เมือง	เชียงใหม่	110	3.00
6	ฝายท่าวังตาล	ท่าวังตาล	สารภี	เชียงใหม่	130	2.00
7	ฝายแม่ปิงเก่า	ดอนแก้ว	สารภี	เชียงใหม่	105	2.00
8	ฝายท่ามะโก๋	หนองหอย	หางดง	เชียงใหม่	67	3.00
9	ฝายสบรื่อง	หนองดอง	หางดง	เชียงใหม่	80	2.00
10	ฝายพญาอุต	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	65	2.50
11	ฝายหนองสลิก	บ้านเรือน	ป่าซาง	ลำพูน	138	4.40
12	ฝายเด่นคา	น้ำดิบ	ท่าตุ้ม	ลำพูน	138	-
13	ฝายคอยน้อย	คอยหล่อ	จอมทอง	เชียงใหม่	125	4.00
14	ฝายวังป่าน	หนองล่อง	กิ่ง อ.เวียงหนอง	ลำพูน	155	2.35

ที่มา : กรมชลประทาน (2550)

1.2 รวบรวมข้อมูลอุทกวิทยา

1.2.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินกราฟน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลไว้ ซึ่งในที่นี้ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยจำนวน 3 ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มน้ำย่อยปิงส่วนที่ 2 และปิงส่วนที่ 3 โดยลุ่มน้ำย่อยทั้ง 3 ลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณานี้มีพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 454, 658 และ 2,576 ตร.

กม. ตามลำดับ ดังนั้น จำเป็นต้องเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวและบริเวณโดยรอบเพื่อนำมาใช้ประเมินกราฟน้ำท่าที่เหมาะสมต่อไป จากการศึกษาพบว่า สถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลมีจำนวนทั้งสิ้น 12 สถานี สำหรับตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่เก็บรวบรวมได้ สำหรับรายละเอียดของกลุ่มน้ำย่อยที่ทำการประเมินกราฟน้ำท่าและสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลในแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้น ได้แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ (2.1.3) ในเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS โดยตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้แสดงดังในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่เก็บรวบรวมได้

รหัสสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัด		ช่วงปีสถิติข้อมูล
			ละติจูด	ลองจิจูด	
07013	อ.เมือง	เชียงใหม่	18-50-23	98-58-32	2495-2550
07072	อ.หางดง	เชียงใหม่	18-41-10	98-55-19	2495-2550
07112	อ.แม่แตง	เชียงใหม่	19-07-08	98-56-52	2495-2550
07132	อ. เชียงดาว	เชียงใหม่	19-21-53	98-58-00	2495-2550
07182	อ. จอมทอง	เชียงใหม่	18-24-57	98-40-47	2495-2550
07242	อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย	เชียงใหม่	18-48-10	98-55-30	2495-2550
07252	ศูนย์วิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำดอยเชียงดาว	เชียงใหม่	19-16-07	98-58-32	2495-2550
07292	สถานีทดลองข้าว สันป่าตอง	เชียงใหม่	18-36-40	98-54-02	2495-2550
16062	อ. หางฉัตร	ลำพูน	18-25-00	99-13-00	2495-2550
17012	อ.เมือง	ลำพูน	18-34-38	99-00-34	2495-2550
17042	อ.แม่ทา	ลำพูน	18-27-35	99-08-14	2495-2550
17052	อ.บ้านโฮ่ง	ลำพูน	18-18-52	98-49-21	2495-2550

ที่มา : กรมชลประทาน (2550)

1.2.2 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง FLDWAV เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของกราฟน้ำท่าจากจุดพิจารณาต้นน้ำที่สถานี P.20 ถึงจุดพิจารณาด้านท้ายน้ำที่สถานี P.73 นอกจากนั้นแล้วยังนำมาใช้เพื่อการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS และ FLDWAV โดยสถานีวัดน้ำท่าที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังกล่าวประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่าทั้งสิ้น 11 สถานี ดังแสดงรายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ใน

บ่อขุด และพื้นที่อื่นๆ ที่ทิ้งขยะ) โดยรายละเอียดของพื้นที่และร้อยละของลักษณะการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในแต่ละลุ่มน้ำย่อยแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายละเอียดการใช้ที่ดินในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่อยู่อาศัย		พื้นที่เกษตรกรรม		พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่แหล่งน้ำ		พื้นที่อื่นๆ		รวมทั้งหมด	
		ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
1	แม่ปิงส่วนที่ 1	12,761	1.12	169,197	14.85	953,543	83.69	456	0.04	3,418	0.30	1,139,375	100.00
2	แม่แตง	18,578	1.46	220,652	17.34	1,031,870	81.09	1,018	0.08	382	0.03	1,272,500	100.00
3	แม่จัด	43,968	4.92	129,602	14.50	708,561	79.28	7,776	0.87	3,843	0.43	893,750	100.00
4	แม่ริม	32,714	7.19	57,421	12.62	363,909	79.98	592	0.13	364	0.08	455,000	100.00
5	แม่ปิงส่วนที่ 2	140,932	22.00	314,681	49.12	177,453	27.70	3,587	0.56	3,972	0.62	640,625	100.00
6	แม่กวาง	82,738	7.97	357,530	34.44	567,128	54.63	14,742	1.42	15,987	1.54	1,038,125	100.00
7	แม่แจ่ม	14,731	0.57	190,985	7.39	2,361,602	91.38	1,550	0.06	15,507	0.60	2,584,375	100.00
8	แม่ขาน	36,048	3.07	146,450	12.47	956,998	81.49	1,292	0.11	33,587	2.86	1,174,375	100.00
9	แม่กลาง	7,611	1.77	71,982	16.74	338,711	78.77	946	0.22	10,750	2.50	430,000	100.00
10	แม่ปิงส่วนที่ 3	4,702	0.76	22,214	3.59	557,617	90.12	33,227	5.37	990	0.16	618,750	100.00
11	แม่หาด	16,371	1.53	149,265	13.95	835,242	78.06	34,347	3.21	34,775	3.25	1,070,000	100.00
12	แม่ลี	46,248	3.28	287,358	20.38	995,460	70.60	4,089	0.29	76,845	5.45	1,410,000	100.00
13	แม่อาว	12,577	7.83	69,743	43.42	60,331	37.56	1,044	0.65	16,930	10.54	160,625	100.00
14	แม่ทา	11,984	2.14	83,832	14.97	445,816	79.61	336	0.06	18,032	3.22	560,000	100.00
15	แม่ต้น	2,781	0.24	91,078	7.86	1,064,659	91.88	116	0.01	116	0.01	1,158,750	100.00
ลุ่มน้ำปิงตอนบน		484,744	3.32	2,361,990	16.17	11,418,900	78.18	105,118	0.72	235,498	1.61	14,606,250	100.00

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2550)

1.4 รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ

รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำของปริมาณ DO, BOD และ SS เพื่อประกอบการใช้งานแบบจำลอง WASP โดยข้อมูลดังกล่าวรวบรวมจากดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการเรื่อง “การตรวจวัดและการจำลองแบบคุณภาพน้ำ” (นุชนารถและคณะ 2550) โดยในโครงการดังกล่าวมีแนวคิดที่จะเลือกตำแหน่งที่จัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำพร้อมกับข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเพื่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อไป ดังนั้น จึงเลือกตำแหน่งที่เก็บข้อมูลให้ตรงกับตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทานซึ่งได้ดำเนินการเก็บข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน จากการพิจารณาคำแนะนำที่เหมาะสม พบว่า มีจำนวนสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำมีทั้งสิ้น 10 สถานี และได้เพิ่มจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าอีกจำนวน 2 จุด ในบริเวณก่อนจุดบรรจบของน้ำแม่จัดกับแม่น้ำปิง และก่อนจุดบรรจบของน้ำแม่ลีและแม่น้ำปิง โดยตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขาจำนวน 12 จุด แสดงดังใน ตารางที่ 14 สำหรับตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดโดยประมาณแสดงไว้ในดังในภาพที่ 19 นอกจากนั้นแล้วได้แสดงรูปสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำโดยเรียงลำดับจากสถานีวัดน้ำท่าเหนือน้ำสุดในแม่น้ำปิงตอนบนคือที่สถานี P.20 ลงมาจนถึงสถานีวัดน้ำท่าท้ายน้ำสุดในแม่น้ำปิง คือที่สถานี P.73 รวมทั้งสถานีวัดน้ำท่าในลำน้ำสาขาต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิงตามลำดับจากเหนือน้ำลงสู่ท้ายน้ำเช่นกัน

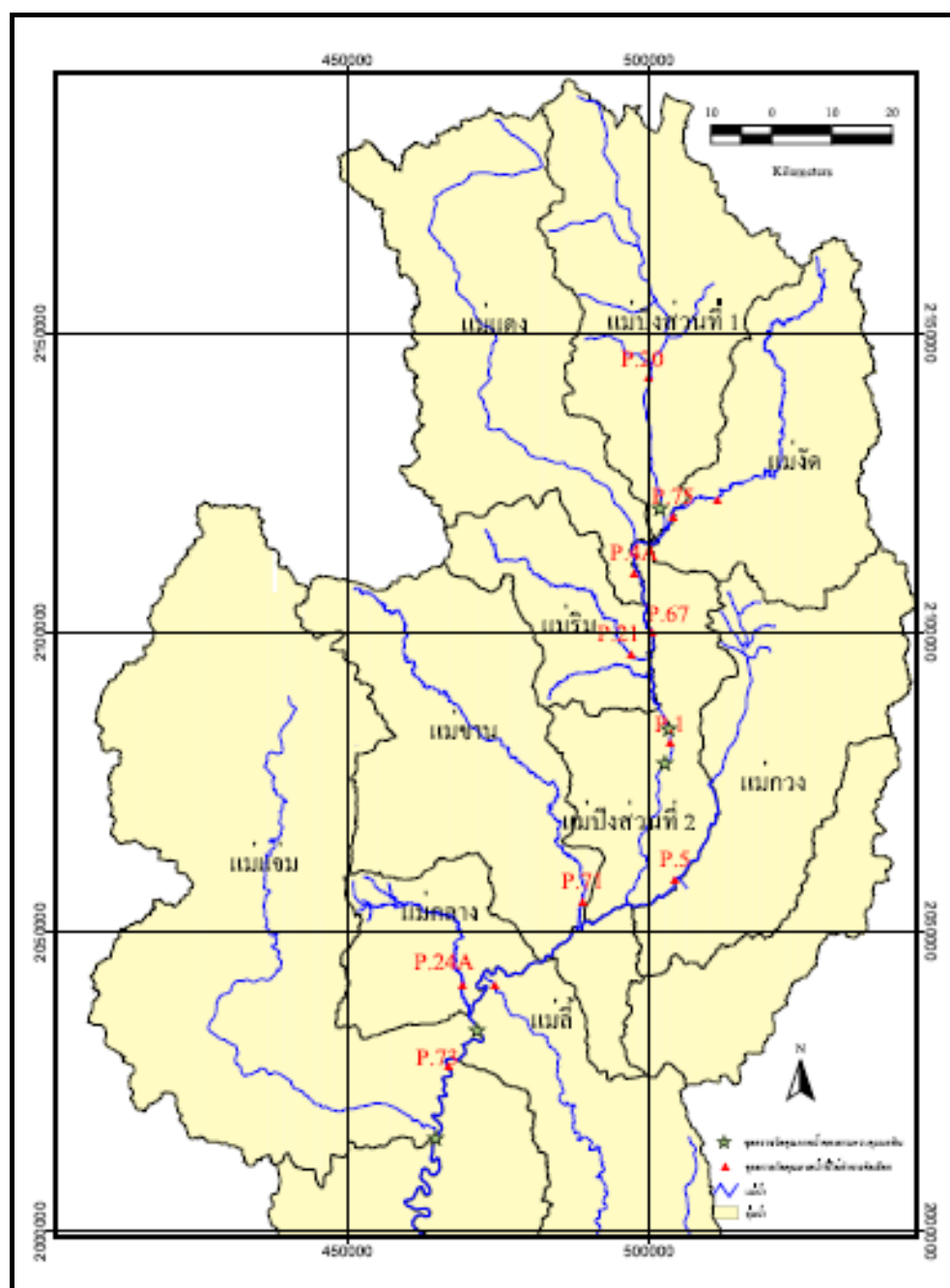
การเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำในภาคสนาม ประกอบด้วย DO, BOD และ SS โดยได้เก็บข้อมูลควบคู่ไปกับระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ จำนวน 12 สถานี เพื่อนำค่าระดับน้ำมาหาค่าอัตราการไหลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล (rating curve) ที่สถานีวัดน้ำท่านั้น ๆ ณ เวลาที่ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ สำหรับโปรแกรมการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำนั้น ได้ออกแบบการเก็บข้อมูลโดยสรุปคือ ในช่วงฤดูน้ำหลากจะทำการเก็บข้อมูลในช่วงที่มีอัตราการไหลมาก ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการเกิดสภาวะน้ำท่วมเพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำและอัตราการไหลของน้ำ ดังนั้นในช่วงดังกล่าวได้ทำการเก็บข้อมูลที่มีความถี่ของการเก็บมาก โดยเริ่มเก็บข้อมูลในช่วงดังกล่าวทั้งสิ้น 26 ครั้ง เริ่มตั้งแต่วันที่ 3 กันยายน 2548 จนถึง 9 พฤษภาคม 2550 ดังแสดงในตารางที่ 15 สำหรับรายละเอียดวันและเวลาในการเก็บข้อมูลในแต่ละสถานีแสดงดังในตารางผนวกที่ 1 โดยในแต่ละครั้งได้ทำการเก็บข้อมูลทั้ง

12 สถานี ดังได้กล่าวรายละเอียดแล้ว อย่างไรก็ตาม สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำในครั้งที่ 6 ได้ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำจำนวน 3 สถานีคือ สถานี P.67, P.75 และ P.1

ตารางที่ 14 ตำแหน่งเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบน และลำน้ำสาขา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	แม่น้ำ	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัด UTM	
						E	N
1	P.1	น้ำแม่ปิง	แม่น้ำปิงที่สะพานนารัฐ	เมือง	เชียงใหม่	0500577	2077260
2	P.4A	น้ำแม่แตง	น้ำแม่แตงที่แม่แตง	แม่แตง	เชียงใหม่	0494499	2106413
3	P.5	น้ำแม่กวง	น้ำแม่กวงที่สะพานท่าสิงห์พิทักษ์	เมือง	ลำพูน	0501393	2054088
4	P.20	น้ำแม่ปิง	แม่น้ำปิงที่เชียงดาว	เชียงดาว	เชียงใหม่	0496912	2139842
5	P.21	น้ำแม่ริม	น้ำแม่ริมที่แม่ริม	แม่ริม	เชียงใหม่	0493996	2092505
6	P.24A	น้ำแม่กลาง	น้ำแม่กลางที่สะพานประชาอุทิศ	สันป่าตอง	เชียงใหม่	0465478	2035889
7	P.67	น้ำแม่ปิง	แม่น้ำปิงที่บ้านแม่แต	สันทราย	เชียงใหม่	0497569	2095992
8	P.71	น้ำแม่ขาน	น้ำแม่ขานที่บ้านสบวัง	สันป่าตอง	เชียงใหม่	0485800	2050445
9	P.73	น้ำแม่ปิง	แม่น้ำปิงที่บ้านสบสอย	จอมทอง	เชียงใหม่	0463071	2022134
10	P.75	น้ำแม่ปิง	แม่น้ำปิงที่บ้านช่อแล	แม่แตง	เชียงใหม่	0501079	2115999
11	-	น้ำแม่จัด	บริเวณท้ายเขื่อนแม่จัด		เชียงใหม่	-	-
12	-	น้ำแม่ลี้	ลำน้ำแม่ลี้ (บริเวณสถานี P.76)		เชียงใหม่	-	-

ที่มา : นุชนารถและคณะ (2005)



ภาพที่ 19 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขา

ตารางที่ 15 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี
1	3-4/9/2548	14	16/7/2549
2	11/9/2548	15	2/8/2549
3	18/9/2548	16	16/9/2549
4	22-23/9/2548	17	23/9/2549
5	29/9/2548	18	7/10/2549
6	2/10/2548	19	12/10/2549
7	5/10/2548	20	4/11/2549
8	16/11/2548	21	5/12/2549
9	21/12/2548	22	14/1/2550
10	13/2/2549	23	10/2/2550
11	9/4/2549	24	4/3/2550
12	21/5/2549	25	5/4/2550
13	24/6/2549	26	9/5/2550

ที่มา : นุชนารถและคณะ (2005)

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำเบื้องต้น

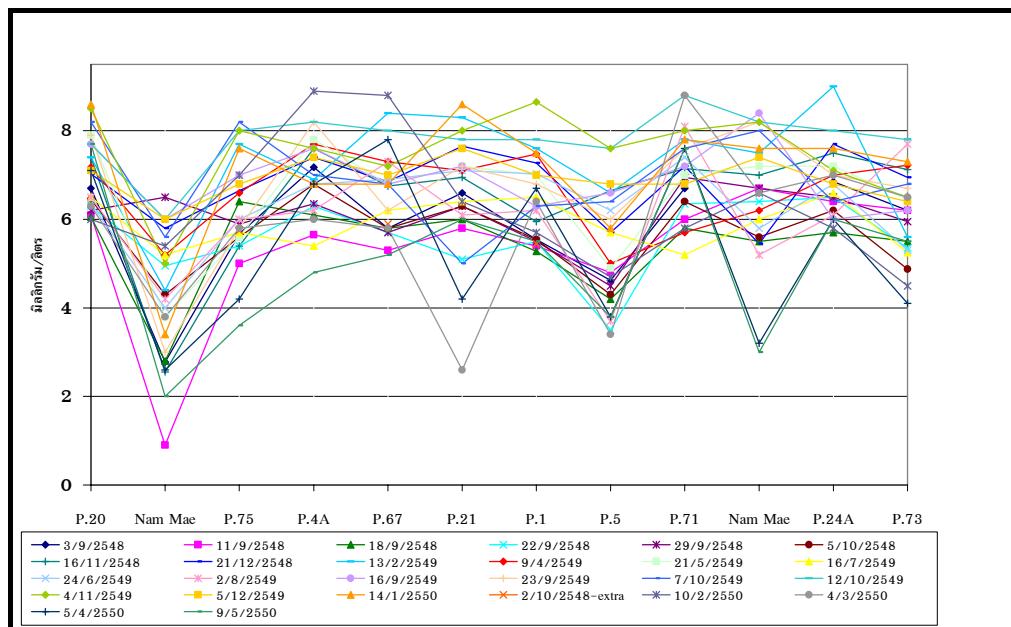
ในการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิที่ได้ดำเนินการในการศึกษานี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขาของพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ DO, BOD และ SS ที่สถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบน จำนวน 10 สถานี และได้เพิ่มจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าอีกจำนวน 2 จุด บริเวณก่อนจุดบรรจบของน้ำแม่จัดกับแม่น้ำปิง และก่อนจุดบรรจบของน้ำแม่ลีและแม่น้ำปิง โดยตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและสาขามีจำนวน 12 จุด แสดงดังในตารางที่ 14 และในภาพที่ 19 สำหรับผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำดังกล่าวที่เก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 12 จุด จำนวน 26 ครั้ง แสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 จากข้อมูลดังกล่าวได้นำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามเวลาและจุดที่เก็บ

ข้อมูล ทั้งนี้ยกเว้นการเก็บตัวอย่างน้ำในครั้งที่ 6 เนื่องจาก มีการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำเพียง 3 จุด คือ ที่จุดตรวจวัด P.67, P.75 และ P.1 โดยผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์แต่ละตัวแสดง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.6.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ

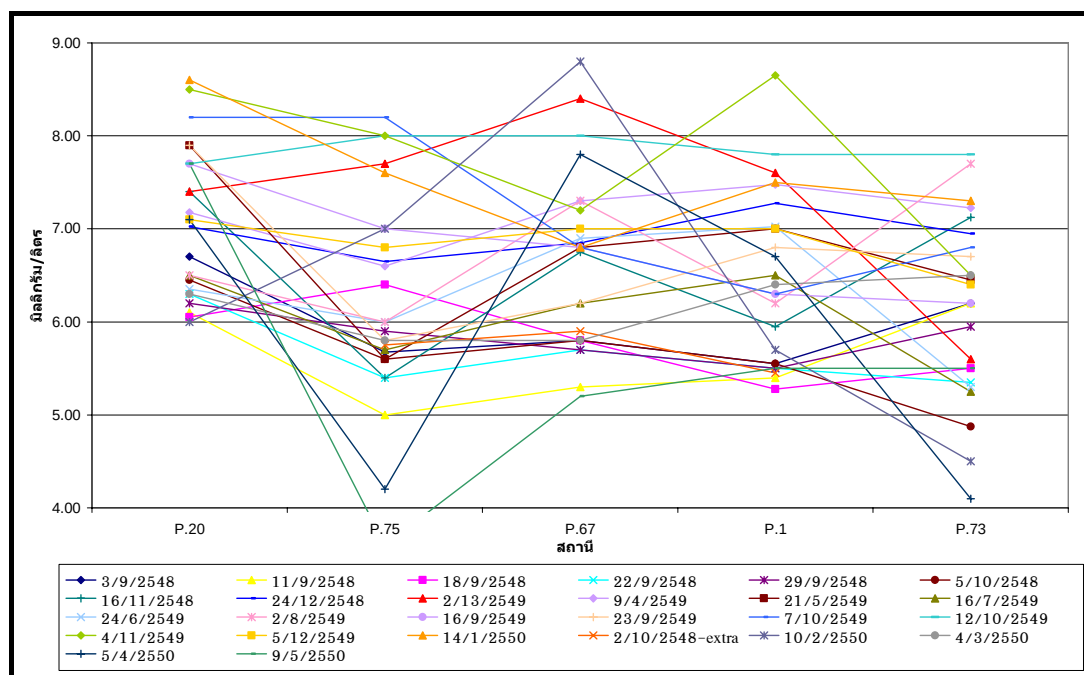
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ จาก จุดต้นน้ำ (P.20) จนถึงจุดท้ายน้ำ (P.73) ตามแนวแม่น้ำปิง รวมทั้งลำน้ำสาขา ได้ทำการพล็อตกราฟ การเปลี่ยนแปลงค่า DO ของทุกจุดตรวจวัดต่าง ๆ โดยสรุปดังนี้

จากการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์ดังในภาพที่ 20 แสดงให้เห็นว่า DO มีความแตกต่างกันไม่มากจากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำถึงท้ายน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแม่น้ำปิง โดย DO เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ในแต่ละจุดตรวจวัด คือ 1) P.20 (แม่ปิงส่วนที่ 1) 2) น้ำแม่จัด 3) P.75 (แม่ปิงส่วนที่ 1), 4) P.4A (แม่แตง), 5) P.67 (แม่ปิงส่วนที่ 1), 6) P.21 (แม่ริม), 7) P.1 (แม่ปิงส่วนที่ 2), 8) P.5 (แม่กวง), 9) P.71 (แม่ขาน), 10) น้ำแม่ลี 11) P.24A (แม่กลาง) และ 12) P.73 (แม่ปิงส่วนที่ 3) มีค่าเท่ากับ 7.13, 4.40, 6.40, 7.00, 6.60, 6.87, 6.53, 5.58, 6.77, 7.14, 6.90 และ 6.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 6.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 9.00 และ 0.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่ลำน้ำสาขา P.24A และ น้ำแม่จัด ตามลำดับ โดยมีค่าพิสัยเท่ากับ 8.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาปริมาณ DO ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเหตุการณ์พบว่าปริมาณ DO ของจุดตรวจวัดหลังเขื่อนแม่จัด และเขื่อนแม่กวง (P.5) มีค่าต่ำกว่าจุดตรวจวัดอื่น ๆ ซึ่งอาจเนื่องมาจากผลกระทบของอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่า DO ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์

นอกจากนั้นแล้ว ได้พล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์ในภาพที่ 21 โดยปริมาณ DO ของจุดตรวจวัดต่อไปนี้ คือ 1) P.20, 2) P.75, 3) P.67, 4) P.1 และ 5) P.73 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.13, 6.40, 6.60, 6.53 และ 6.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 6.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 8.65 และ 4.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยพิสัยเท่ากับ 3.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณ DO ในแม่น้ำปิงมีค่าใกล้เคียงกันมากกว่าในลำน้ำสาขาซึ่งมีค่าพิสัยเท่ากับ 8.10 มิลลิกรัมต่อลิตร

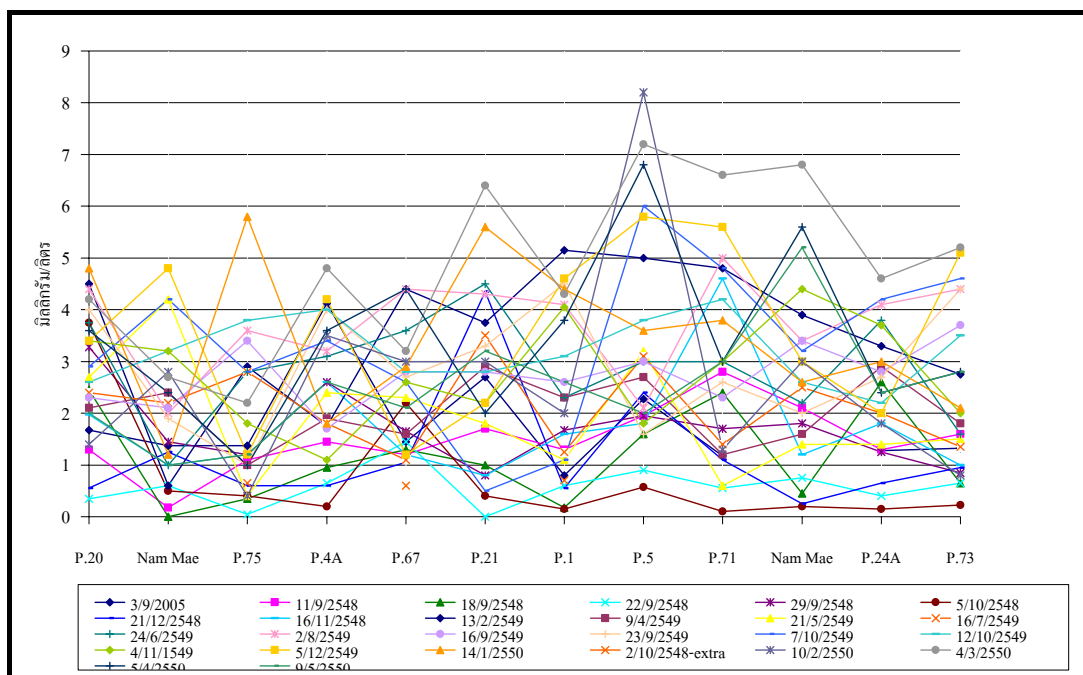


ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า DO ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์

1.6.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ

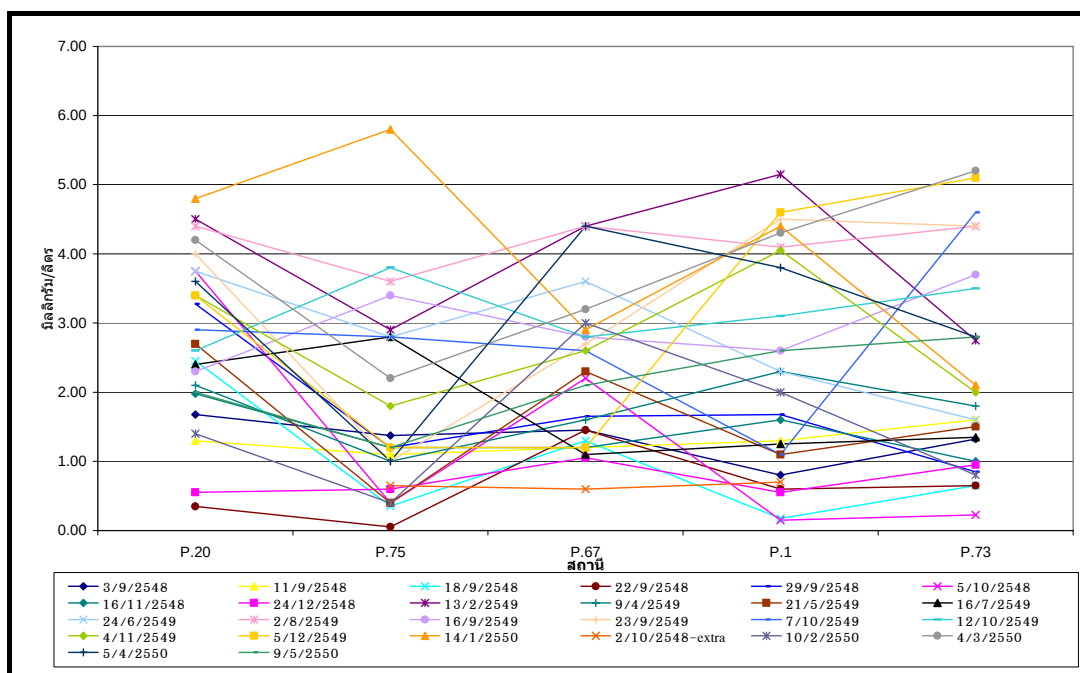
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ จากจุดต้นน้ำ (P.20) จนถึงจุดท้ายน้ำ (P.73) ตามแนวแม่น้ำปิง รวมทั้งลำน้ำสาขา ได้ทำการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของทุกจุดตรวจวัดต่าง ๆ โดยสรุปดังนี้

กราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์แสดงดังในภาพที่ 22 โดย BOD ของทุกเหตุการณ์ในแต่ละจุดตรวจวัดดังนี้ คือ 1) P.20 2) น้ำแม่จัด 3) P.75, 4) P.4A, 5) P.67, 6) P.21, 7) P.1, 8) P.5, 9) P.7, 10) น้ำแม่ลี 11) P.24A และ 12) P.73 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.79, 1.87, 1.83, 2.31, 2.14, 2.47, 2.19, 2.77, 2.42, 2.49, 2.26 และ 2.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 6.00 และ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่ลำน้ำสาขา P.5 (แม่กวัง) และ P.21 (แม่ริม) ตามลำดับ โดยมีค่าพิสัยเท่ากับ 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า BOD ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับ แต่ละเหตุการณ์

จากการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์ดังแสดงในภาพที่ 23 พบว่า ค่า BOD ของจุดตรวจวัดต่อไปนี้ คือ 1) P.20, 2) P.75, 3) P.67, 4) P.1 และ 5) P.73 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.79, 1.83, 2.14, 2.19 และ 2.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 5.80 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยพิสัยเท่ากับ 5.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณ BOD ในแม่น้ำปิงและลำน้ำสาขามีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งค่าพิสัยของปริมาณ BOD ที่วัดน้ำทั้งในแม่น้ำปิงและลำน้ำสาขามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก



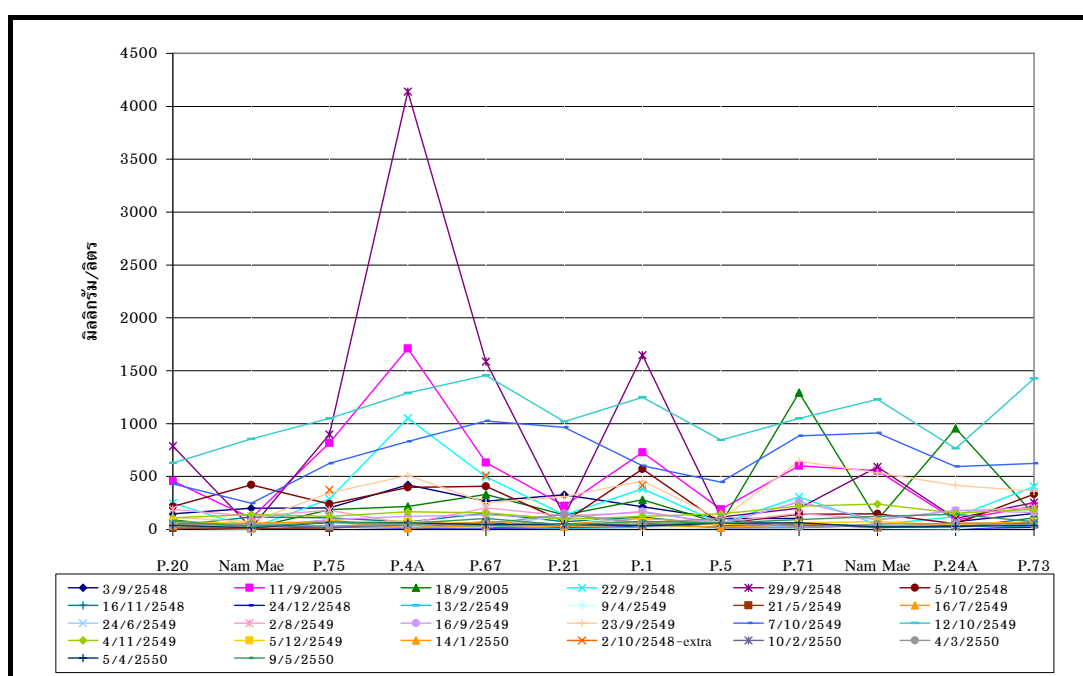
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำ
สำหรับแต่ละเหตุการณ์

1.6.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ จากจุดต้นน้ำ (P.20) จนถึงจุดท้ายน้ำ (P.73) ตามแนวแม่น้ำปิง รวมทั้งลำน้ำสาขา ได้ทำการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของทุกจุดตรวจวัดต่าง ๆ โดยสรุปดังนี้

กราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์แสดงดังในภาพที่ 24 โดย SS เฉลี่ยของทุกเหตุการณ์ในแต่ละจุดตรวจวัดดังนี้ คือ 1) P.20 (แม่ปิงส่วนที่ 1) 2) น้ำแม่จืด 3) P.75 (แม่ปิงส่วนที่ 1), 4) P.4A (แม่แตง), 5) P.67 (แม่ปิงส่วนที่ 1), 6) P.21 (แม่ริม), 7) P.1 (แม่ปิงส่วนที่ 2), 8) P.5 (แม่กวง), 9) P.71 (แม่ขาน), 10) น้ำแม่ลี 11) P.24A (แม่กลาง) และ 12) P.73 (แม่ปิงส่วนที่ 3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 160, 108, 234, 458, 315, 178, 297, 112, 254, 215, 169 และ 209 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 227 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 4,139 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่ลำน้ำสาขา P.4A (น้ำแม่แตง) และ น้ำแม่จืด ตามลำดับ โดย

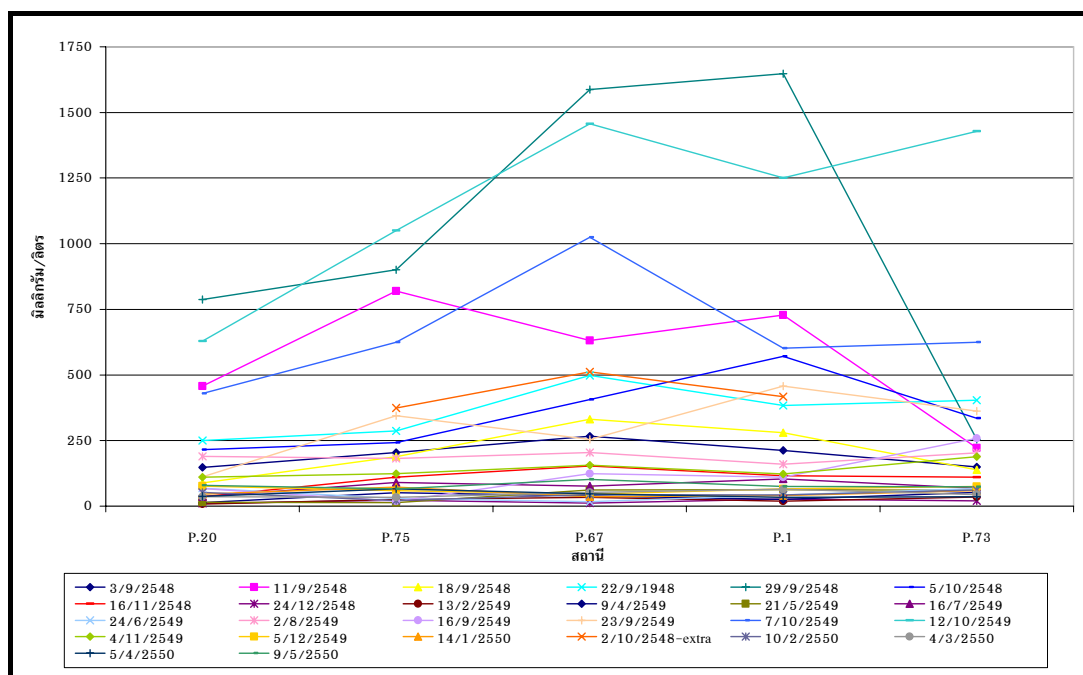
มีค่าพิสัยเท่ากับ 4,135 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ปริมาณ SS มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่จุดตรวจวัดแม่จัด และ P.5 (แม่กวัง) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108 และ 112 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งจุดตรวจวัดทั้งสองจุดนี้อยู่ท้ายเขื่อนแม่กวังและเขื่อนแม่จัด ตามลำดับ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณตะกอนของกลุ่มน้ำทั้งสองไปตกสะสมอยู่ในอ่างเก็บน้ำเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ปริมาณตะกอนท้ายเขื่อนที่ตรวจวัดได้มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ ที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำตั้งอยู่ สำหรับในกรณีที่พิจารณาปริมาณ SS ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเหตุการณ์พบว่า ปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดที่ลำน้ำสาขา P.4A (น้ำแม่แดง) มีค่าสูงกว่าจุดตรวจวัดอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่แดงมีสภาพป่าไม้ที่ถูกทำลายเพื่อเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในอัตราส่วนที่มากกว่าลุ่มน้ำย่อยอื่น ๆ



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของทุกจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำสำหรับแต่ละเหตุการณ์

จากการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำ (P.20) ถึงท้ายน้ำ (P.73) ในแต่ละเหตุการณ์แสดงในภาพที่ 25 พบว่า ปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดต่อไปนี้ คือ 1) P.20, 2) P.75, 3) P.67, 4) P.1 และ 5) P.73 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 160, 234, 315, 297 และ 209 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 233 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 1,648 และ 11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่ง

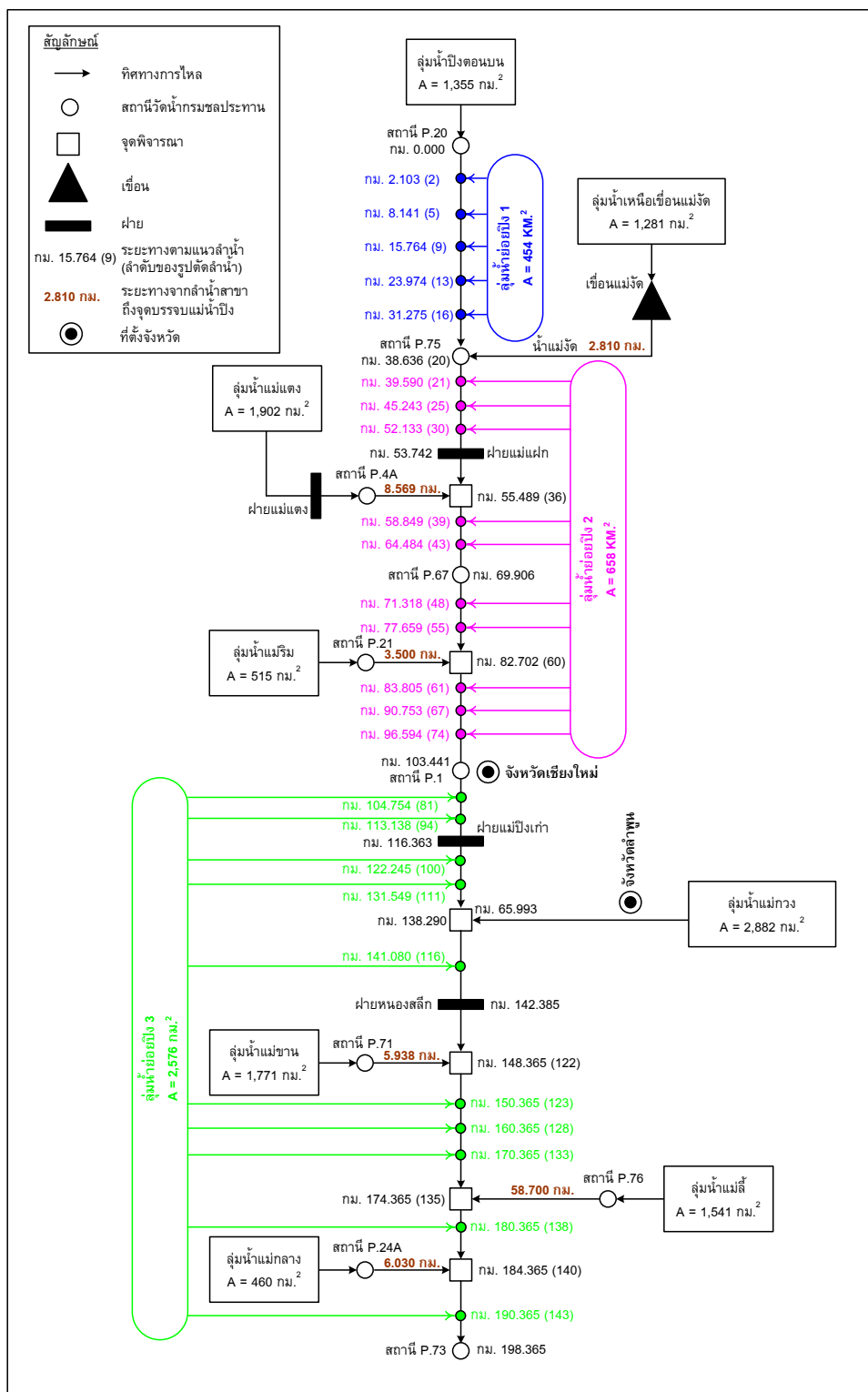
ตรวจวัดได้ที่สถานี P.1 (แม่ปิงส่วนที่ 2) และสถานี P.20 (แม่ปิงส่วนที่ 1) โดยพิสัยเท่ากับ 1,637 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาปริมาณเฉลี่ยของ SS ในลำน้ำสาขาที่จุดตรวจวัดดังนี้ คือ 1) น้ำแม่จัด 2) P.4A (แม่แตง), 3) P.21 (แม่ริม), 4) P.5 (แม่กวง), 5) P.71 (แม่ขาน), 6) น้ำแม่ลี และ 7) P.24A (แม่กลาง) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108, 458, 178, 112, 254, 215 และ 169 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 207 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดเท่ากับ 4,139 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานี P.4A (แม่แตง) และน้ำแม่จัด โดยพิสัยเท่ากับ 4,135 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณ SS ในแม่น้ำปิงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในลำน้ำสาขาประมาณ 11.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พิสัยของปริมาณ SS ในลำน้ำสาขาสูงกว่าในแม่น้ำปิงค่อนข้างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากที่จุดตรวจวัด P.4A (แม่แตง) มีปริมาณ SS ที่สูงกว่าจุดตรวจวัดอื่น ๆ ในลำน้ำสาขามาก จึงเป็นเหตุให้ปริมาณ SS เฉลี่ยในลำน้ำสาขาในภาพรวมมีค่ามากตามไปด้วย



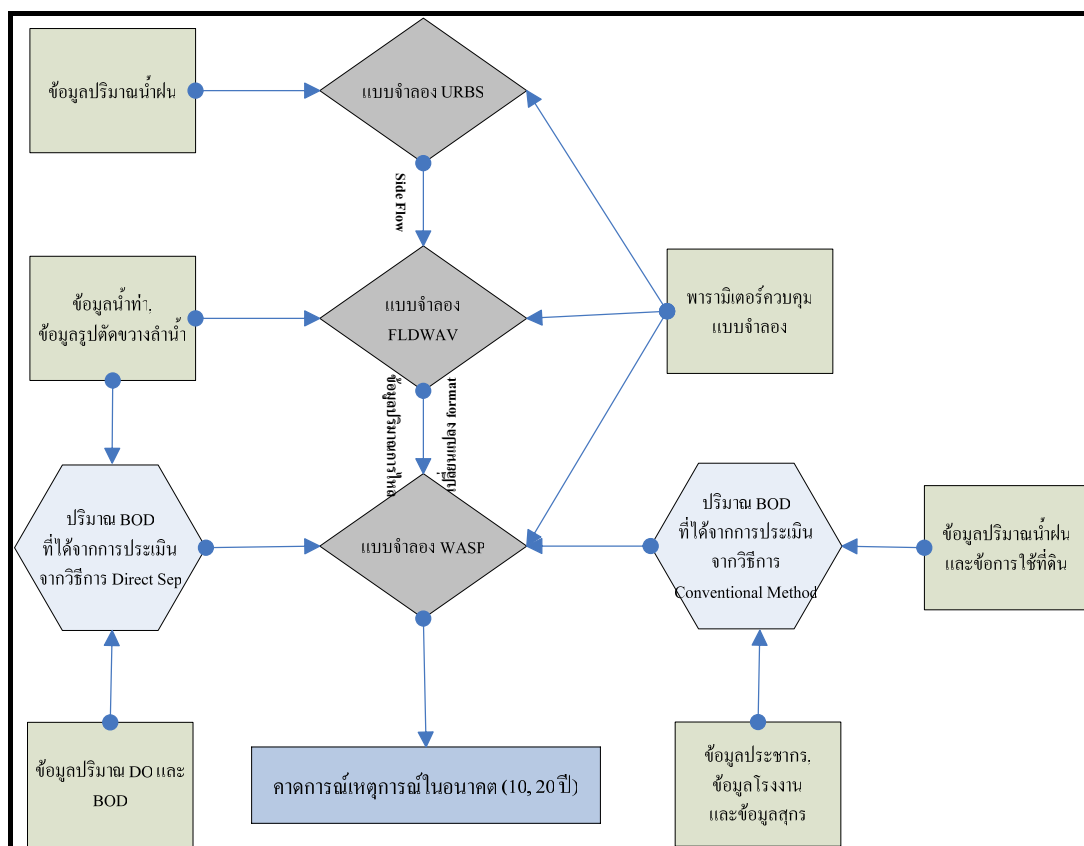
ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ SS ของจุดตรวจวัดเฉพาะในแม่น้ำปิงจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำ สำหรับแต่ละเหตุการณ์

2. การศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณดีไอและบีไอดีในแม่น้ำปิงตอนบนตั้งแต่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary control) ที่สถานีวัดน้ำท่า P.20 ซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จนถึงจุดควบคุมด้านท้ายน้ำ (downstream boundary control) ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ก่อนที่น้ำจะไหลลงสู่เขื่อนภูมิพล สำหรับแผนภูมิระบบแม่น้ำปิงตอนบนที่ ศึกษาแสดงดังในภาพที่ 26 โดยในการศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าตั้งแต่ P.20 จนถึง P.73 รวมทั้งที่สถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำของลำน้ำสาขาต่าง ๆ โดยมีตำแหน่งวัดคุณภาพน้ำทั้งสิ้น 12 จุด ซึ่งดำเนินการภายใต้โครงการหน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย (นุชนา รอดและคณะ, 2550) โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในแต่ละจุดวัดจำนวนทั้งสิ้นจุดละ 26 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ดังนั้น ในขั้นตอนการศึกษานี้จำเป็นต้องประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 3 แบบจำลอง ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น โดยจำเป็นต้องทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (model calibration and model verification) ดังนั้น จึงทำการแบ่งข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดออกเป็นสองช่วง คือ ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 16 กันยายน 2549 และ 17 กันยายน 2549 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 เพื่อใช้ในการเพื่อการสอบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลองแต่ละแบบจำลองนั้นได้สรุปไว้ในแผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในภาพที่ 27 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 26 แผนภูมิแสดงระบบแม่น้ำปิงตอนบน เพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอุทกพลศาสตร์
ที่มา : นุชนารถและคณะ (2005)



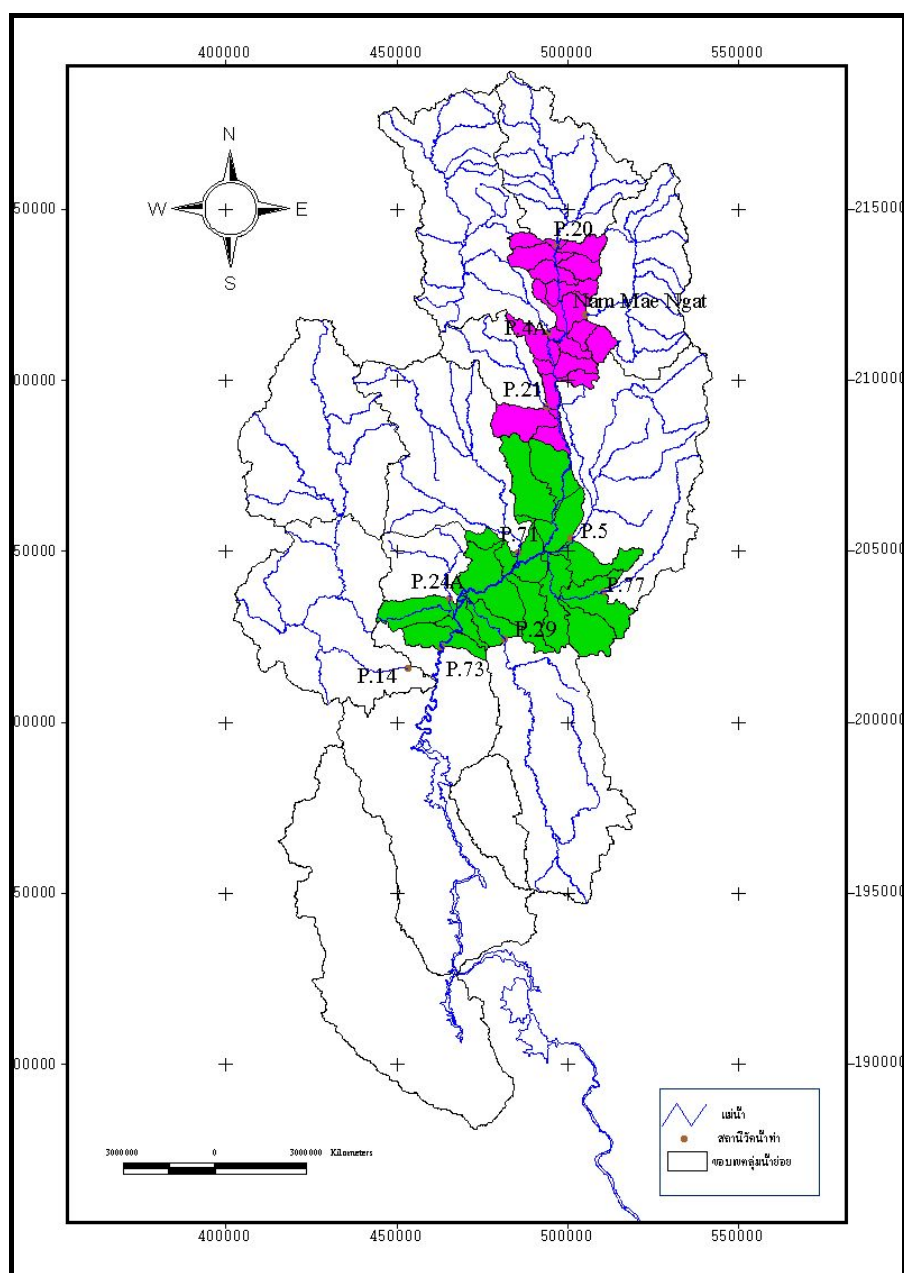
ภาพที่ 27 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

วัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS คือ การประเมินกราฟน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลน้ำท่าไว้ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง FLDWAV โดยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการตรวจวัดกราฟน้ำท่าไว้นั้นแสดงไว้ในแผนภูมิระบบแม่น้ำปิงตอนบนในภาพที่ 26 ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ 3 ส่วน คือ ลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 454, 658 และ 2,576 ตร.กม. ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อประเมินกราฟน้ำท่าในช่วงเวลาที่ศึกษาในแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่สามลุ่มน้ำย่อยสรุปได้ดังนี้

2.1.1 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 เพื่อนำมาใช้ประกอบการประเมินกราฟน้ำท่าสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในภาพที่ 28 สำหรับการ

แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำใดๆ จำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่แบ่งควรมีน้อยที่สุดจำนวน 5 ลุ่มน้ำย่อย (Carroll, 2004) สำหรับข้อมูลด้านเข้าทางด้านอุทกวิทยาที่สำคัญของแบบจำลองคือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ในขณะที่ข้อมูลด้านเข้าทางกายภาพคือ ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและความยาวลำน้ำ โดยรายละเอียดของข้อมูลปริมาณน้ำฝน และจำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าแสดงในตารางที่ 16 ดังต่อไปนี้



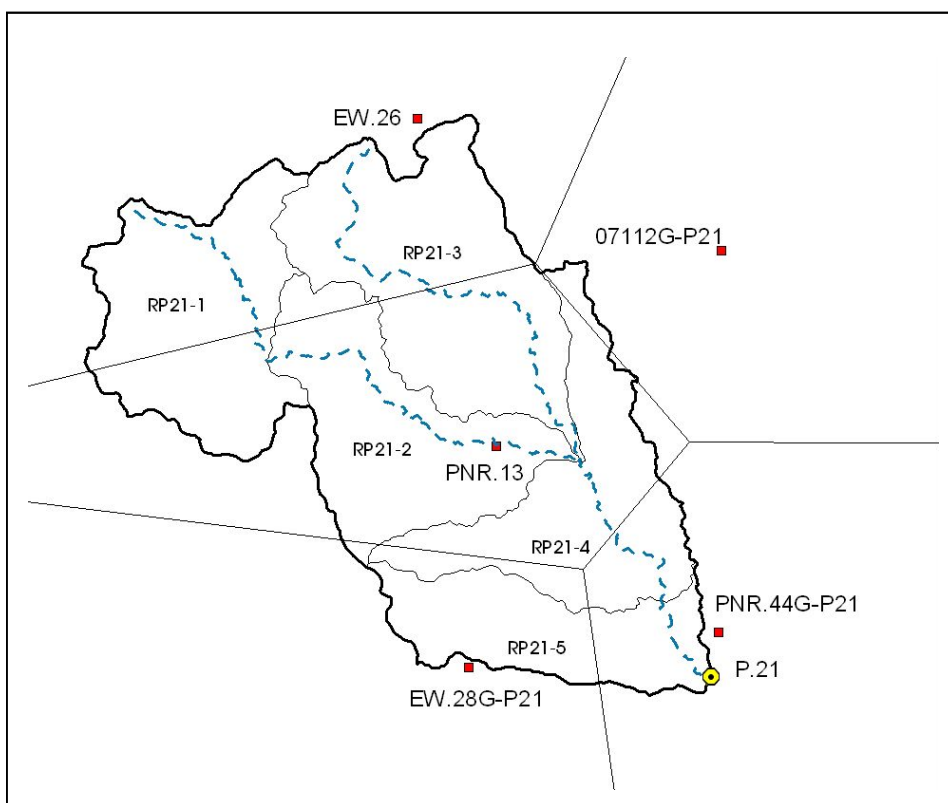
ภาพที่ 28 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของสำหรับลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3

ตารางที่ 16 สถานีวัดปริมาณฝนและจำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับการประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง URBS

รหัสสถานี	ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ	รหัสสถานีวัดน้ำฝน	จำนวนพื้นที่
วัดน้ำท่า	(ตร.กม.)	ที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย
P.1	1,112	07132, 07252, 07112, 07013	15
P.73	2,576	07242, 07072, 07292, 17012, 17042, 16062, 07182, 17052	14

2.1.2 ข้อมูลกายภาพของกลุ่มน้ำและลำน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตารางกิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของกลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_1 , กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดออกของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_2 , กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดบรรจบของกลุ่มน้ำสาขา (L_3 , กิโลเมตร) และความยาวลำน้ำจากจุดบรรจบของกลุ่มน้ำสาขาสู่จุดออกของกลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_4 , กิโลเมตร) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง โดยข้อมูลดังกล่าวใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ

2.1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (weighting factor) ของปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณาโดยวิธี Thiessen Polygon ดังแสดงไว้ในภาพที่ 29 สำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนลุ่มน้ำย่อยทั้งสามลุ่มน้ำมีจำนวนทั้งสิ้น 15 สถานี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 17



ภาพที่ 29 Thiessen polygon ของโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำ P.21

ที่มา : นุชนารถและคณะ (2548)

ตารางที่ 17 จำนวนกรณี weighted rainfall สำหรับลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 2 ลุ่มน้ำ

สถานีวัดน้ำท่า	ชื่อลุ่มน้ำ	จำนวนพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อย	จำนวนสถานีวัด น้ำฝน	จำนวนกรณี weighted rainfall
P.1	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	15	4	3,825
P.73	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	14	8	1,778

ที่มา : นุชนารถและคณะ (2005)

การประเมินน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้น เราจะต้องสร้าง pluviograph file ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลของปริมาณน้ำฝนสำหรับในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งมีนามสกุล (*.r) โดยไฟล์ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นปริมาณน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

2.1.4 พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าซึ่งประกอบด้วย 6 พารามิเตอร์ คือ α , m , β , IL, PR และ IF โดยที่ α เป็นพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลำน้ำ (channel lag parameter) β เป็นพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลุ่มน้ำ (catchment lag parameter) m เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ IL เป็นปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (initial loss) PR เป็นอัตราส่วนของการเกิดปริมาณน้ำท่า (Proportional Loss) และ IF เป็นอัตราการซึมลงดิน (infiltration rate) ของพื้นที่ลุ่มน้ำในหน่วย มม. ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองเช่นกัน แต่ค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์แต่ละตัวต้องทำการสอบเทียบดังได้กล่าวไว้ในข้อ 2.1.5 และ 2.1.6

2.1.5 ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า P.20, P.4A, P.21 รวมทั้งกราฟน้ำท่าที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำแม่งคินในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง URBS เพื่อประเมินกราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปิง 1 รวมกับลุ่มน้ำปิง 2 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 454 และ 658 ตร.กม. ตามลำดับ ซึ่งในการประเมินกราฟน้ำท่าจากลุ่มน้ำดังกล่าวจะคิดรวมกันในช่วงขั้นตอนการใช้งานแบบจำลอง URBS นอกจากนั้นแล้วยังต้องการข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานี P.1 เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการประเมินกราฟน้ำท่ารวมจากลุ่มน้ำปิง 1 และลุ่มน้ำปิง 2 ในขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสม

2.1.6 ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า P.1, P.5, P.71, P.24A และ P.76 โดยข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง URBS เพื่อประเมินกราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำปิง 3 ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 2,576 ตร.กม. นอกจากนั้นแล้วยังต้องการข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานี P.73 เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการประเมินกราฟน้ำท่าจากลุ่มน้ำปิง 3 ในขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลอง

2.1.7 การสร้าง catchment definition file ซึ่งเป็นการกำหนดค่า default ของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ โครงข่ายการเชื่อมโยงของแต่ละลุ่มน้ำย่อยซึ่งเราสามารถทำการแก้ไขที่หลังได้ใน batch file พื้นที่ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย น้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากที่กล่าวไว้ข้างต้น และสถานีวัดน้ำท่าสำหรับใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง

2.1.8 การสร้าง rainfall definition file ซึ่งเป็นไฟล์ที่กำหนดช่วงเวลาของการวิเคราะห์การประกาศชื่อไฟล์ของ pluviograph file ทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ และประเภทของแบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1.9 การสร้าง gauging station file ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการตรวจสอบการประเมินน้ำท่าของแบบจำลอง URBS โดยชื่อไฟล์ทั้งหมดจะถูกกำหนดไว้ใน catchment definition file สำหรับข้อมูลสำคัญที่ต้องกำหนดคือ ชื่อสถานีวัดน้ำท่า ช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล จำนวนข้อมูลทั้งหมด และข้อมูลปริมาณน้ำท่า

2.1.10 การสร้าง batch file ซึ่งเป็นไฟล์ที่ใช้ในการรันแบบจำลอง URBS ซึ่งต้องกำหนดที่อยู่ของ execute file ของแบบจำลอง URBS ที่อยู่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า เวลาเริ่มต้นและเวลาที่สิ้นสุดของการประเมิน และค่าพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ของแบบจำลอง ซึ่งสามารถทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลได้ในทุกครั้งของการประเมิน เพื่อปรับให้ผลของการประเมินน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจริง

2.2 การประยุกต์แบบจำลอง FLDWAV มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

วัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLWAV คือ การประเมินความเร็วในการไหลของน้ำ อัตราการไหล ความลึกของน้ำ และปริมาตรน้ำ ในแต่ละช่วงลำน้ำ (reach) จำนวน 139 ช่วง (140 รูปตัดขวางลำน้ำ) ตามแนวระบบแม่น้ำปิงตอนบนที่ศึกษาระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 ถึง P.73 (ภาพที่ 26) เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง WASP สำหรับขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLWAV สรุปได้ดังนี้

2.2.1 การสร้างโครงข่ายลำน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่งของรูปตัดขวางลำน้ำตามแนวแม่น้ำปิงตอนบน (ภาพที่ 26) รวมทั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบน

2.2.2 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำปิงตอนบน โดยรูปตัดระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 ถึงหลังจุดบรรจบน้ำแม่กวังที่ฝายหนองสลิก จำนวน 112 รูปตัด รวมทั้งข้อมูลลักษณะเฉพาะของฝายต่าง ๆ ในแม่น้ำปิงตอนบนจำนวน 14 ฝาย นั้น ทำการสำรวจโดยกรมชลประทานในปี พ.ศ. 2540 และ รูปตัดระหว่างฝายหนองสลิก ถึง สถานีวัดน้ำท่า P.73 จำนวน 28 รูปตัด นั้น ทำการ

สำรวจโดยกรมทรัพยากรน้ำในปี พ.ศ. 2548 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง

2.2.3 ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานี P.20 เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (upstream boundary condition) รวมทั้งข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานี P.4A, P.21, P.5, P.71, P.24A, P.76 รวมทั้งกราฟน้ำท่าที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำแม่งัดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง นอกจากนั้นแล้ว ต้องใช้ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า P.75, P.67, P.1 และ P.73 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่คำนวณโดยแบบจำลองในขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

2.2.4 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหล (rating curve) ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ซึ่งใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (downstream boundary condition)

2.2.5 ข้อมูลปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (side flow) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีการตรวจวัดกราฟน้ำท่า ซึ่งได้จากแบบจำลอง URBS ซึ่งหมายถึงกราฟน้ำท่าจากลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และ ลุ่มน้ำปิง 3 ซึ่งกราฟน้ำท่าแต่ละส่วนต้องทำการแจกแจง (distribute) เข้าสู่จุดต่าง ๆ ในแต่ละรูปตัดขวางลำน้ำตามอัตราส่วนของพื้นที่ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองเช่นกัน

2.2.6 พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง ซึ่งหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ (Manning's n) สำหรับแต่ละรูปตัดขวางของทางน้ำ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองโดยต้องมีการสอบเทียบค่าที่เหมาะสมดังกล่าวไว้ในข้อ 3.8.2.3

2.3 การประยุกต์แบบจำลอง WASP

วัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP คือ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 (อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่) และ P.73 (อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่) โดยในการศึกษาได้เน้นในด้านการเปรียบเทียบการประเมินปริมาณมลสาร (loading) BOD โดยวิธี direct estimate กับ วิธี conventional method ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนจากงานวิจัยภายใต้โครงการ “หน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย” (นุชนารถ และคณะ, 2550) ซึ่งประกอบด้วย ค่าความเข้มข้นของปริมาณ DO, BOD และ SS ที่จุดเก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำตามตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบนของกรมชลประทานจำนวน 12 จุด (P.20, ท้ายเขื่อนแม่งัด, P.75, P.4A, P.67, P.21, P.1, P.5, P.71, P.76, P.24A และ P.73) จุดละ 26 ตัวอย่าง ในช่วงเวลาระหว่าง วันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 โดยข้อมูลที่ได้นำมาใช้เพื่อนำมาประกอบการประเมินค่าปริมาณมลสาร BOD และ SS เพื่อนำเข้าสู่ระบบแม่น้ำปิงตามโครงข่ายที่แสดงในภาพที่ 2 นอกจากนั้นแล้ว ข้อมูลความเข้มข้นของปริมาณ DO, BOD และ SS ที่รวบรวมได้ในแม่น้ำปิงที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า P.75, P.67, P.1 และ P.73 นั้นยังนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินโดยแบบจำลอง WASP โดยในขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP นั้น ได้แบ่งช่วงเวลาศึกษาออกเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง วันที่ 16 กันยายน 2549 นั้น ใช้สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง และระหว่างวันที่ 17 กันยายน 2549 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ใช้สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

2.3.2 รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำของโรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเชียงใหม่ และลำพูน รวมทั้งตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย พื้นที่ที่ปล่อยน้ำเสียเข้าสู่โรงบำบัด ตลอดจนคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการบำบัดน้ำเสีย โดยรายละเอียดในแต่ละส่วนของทั้งสองโรงบำบัดสรุปได้ดังนี้

1) โรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่บ้านท่าใหม่ อ. ตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์คือ E 0498114 และ N 2069698 โดยโรงบำบัดนี้ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2540 และรับน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ 27 ตารางกิโลเมตรทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนหลักของเทศบาลนครเชียงใหม่ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิงยังไม่มี การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสีย ซึ่งคาดว่าจะดำเนินการในอนาคต

ระบบรวบรวมน้ำเสียของเทศบาลเมืองเชียงใหม่เป็นชนิดท่อระบายน้ำรวม โดยรวบรวมน้ำเสียเข้าที่รวบรวมน้ำเสียซึ่งไหลด้วยแรงโน้มถ่วงเข้าสู่บ่อสูบน้ำเสียเพื่อสูบน้ำเสียเข้าท่อส่งน้ำ เพื่อส่งต่อเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสีย โดยที่อาคารคักน้ำเสียนี้อาจมีส่วนแยกน้ำฝนเพื่อระบายน้ำฝนลงสู่ทางน้ำธรรมชาติ สำหรับน้ำเสียจะถูกส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นระบบแบบ

เติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ที่สามารถรับปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบได้ 66,820 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วัน โดยน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว จะไหลลงสู่ลำเหมืองแม่ข้าซึ่งเป็นคลองที่ต่อเชื่อมกับแม่น้ำปิง สำหรับขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเชียงใหม่ แสดงดังในภาพที่ 30



(1)



(2)

ก. ท่อรับน้ำเสียและบ่อกระจายน้ำเสีย



(1)



(2)

ข. บ่อเติมอากาศที่ 1 และ 2



ค. บ่อน้ำใส (Polishing Pond) หรือบ่อดกตะกอน



ง. จุดปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดลงลำเหมืองแม่ข้า

ภาพที่ 30 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเชียงใหม่

สำหรับคุณภาพของน้ำเสียก่อนเข้าสู่โรงบำบัดและออกจากโรงบำบัดจะได้รับ การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ BOD, SS และ FC ซึ่งจะมีการตรวจวัดประมาณเดือนละ 3 ถึง 4 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 สำหรับข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของผลการตรวจวัดข้อมูลดังกล่าวแสดง ในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดจากโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาล เมืองเชียงใหม่

เดือน/ปี	BOD (มก./ล.)		SS (มก./ล.)		FC MPN/100 มล.	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
ก.ค.2547	-	20.83	-	48.68	-	7,150
ส.ค.2547	15.83	13.10	58.33	20.60	44,666	5,947
ก.ย.2547	9.23	7.50	28.75	23.75	900	7,175
ต.ค.2547	17.93	12.08	18.50	5.25	23,882	183
พ.ย.2547	15.83	13.10	58.33	20.60	44,666	5,948
ม.ค.2548	27.60	11.70	33.00	9.75	8,750	140
ก.พ.2548	49.13	17.95	25.25	12.75	7,150	205
มี.ค.2548	14.66	13.80	10.80	15.20	12,800	68
เม.ย.2548	10.00	11.20	17.67	14.67	61,800	200
พ.ค.2548	9.08	8.24	17.00	9.40	24,180	568
มิ.ย.2548	13.33	11.23	83.75	21.00	82,225	300
ก.ค.2548	-	7.97	-	19.00	790	-
ส.ค.2548	-	13.48	-	10.75	-	4,508
ก.ย.2548	-	5.93	-	15.00	-	1,818
เฉลี่ย	18.26	12.01	35.14	17.60	28,346	2,631

2) โรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองลำพูนระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมือง ลำพูน ตั้งอยู่ที่ บริเวณหลังสนามกีฬากลาง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ตำแหน่งพิกัด ทางภูมิศาสตร์ E 0501278 N 2052931 โดยโรงบำบัดก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546

หน่วยงานที่รับผิดชอบดูแลระบบ คือ กองช่างสุขาภิบาล เทศบาลเมืองลำพูน โรงบำบัดน้ำเสียนีรับน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ 6 ตารางกิโลเมตร บริเวณตัวเมืองของเทศบาลเมืองลำพูนทั้งหมด ซึ่งมีประชากรประมาณ 14,900 คน (พ. ศ. 2548) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบที่อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาในการกำจัดมลสารในน้ำที่เรียกว่า “ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งเท (Sequencing Batch Reactor: SBR)” ซึ่งเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมอากาศและการตกตะกอนอยู่ในถังเดียวกัน ระบบบำบัดนี้สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ 10,000 ลบ.ม. ต่อวัน โดยในปัจจุบันมีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดเพียง 2,000 ลบ.ม. ต่อวัน ตัวระบบบำบัดส่วนใหญ่ทำการก่อสร้างลึกลงไปใต้ดิน สำหรับการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่โรงบำบัดนั้นได้ทำการติดตั้งสถานีสูบน้ำเสียเพื่อรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่บ่อบำบัดหลัก 2 สถานี คือ สถานีสูบน้ำเสียศรีเมืองยู และสถานีสูบน้ำเสียช่างฆ้อง ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศใต้และทิศตะวันออกของเทศบาลเมืองลำพูน ตามลำดับ โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ของโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองลำพูนแสดงดังในภาพที่ 31



ภาพที่ 31 โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองลำพูน

สำหรับข้อมูลคุณภาพน้ำเสียก่อนเข้าสู่โรงบำบัดและออกจากโรงบำบัด ได้ทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ BOD, DO และ SS ประมาณเดือนละ 3 ถึง 4 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 สำหรับข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของผลการตรวจวัดข้อมูลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดจากโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองลำพูน

เดือน/ปี	BOD (มก./ล.)		DO (มก./ล.)		SS (มก./ล.)	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
ส.ค.2547	42.00	2.52	5.22	4.15	254.00	4.40
ต.ค.2547	124.55	2.13	4.95	5.36	173	20.6
ก.ย.2547	126	1.9	5.22	5.61	71	14
พ.ย.2547	93.25	1.15	2.14	2.66	62.5	5.75
ธ.ค.2547	89.25	1.2	2.39	4.06	145	10.75
ม.ค.2548	132.75	1.95	2.31	3.97	154.5	9.25
ก.พ.2548	134.25	2.88	2.47	4.36	160.5	10.5
มี.ค.2548	144.75	3.15	4.84	3.55	175.5	12.5
เม.ย.2548	139.75	3.45	4.06	3.25	170	12
พ.ค.2548	240	3.6	3.94	3.29	183.5	15.5
มิ.ย.2548	193.5	4.98	2.88	4.04	308.25	7.8
ก.ค.2548	118.5	4.65	4.06	2.85	-	-
ส.ค.2548	444	3.4	3.27	3.05	134.5	16.25
เฉลี่ย	156	2.84	3.67	3.86	166	11.61

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของโรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเชียงใหม่และลำพูนพบว่าโรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเชียงใหม่มีค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า BOD, SS และ FC ก่อนเข้าสู่โรงบำบัด มีค่าเท่ากับ 18.26, 35.14 และ 28,346 ตามลำดับ และเมื่อออกจากโรงบำบัดมีค่าลดลงเท่ากับ เท่ากับ 12.01, 17.60 และ 2,631 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมของแต่ละพารามิเตอร์เท่ากับ 34, 47 และ 91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสำหรับโรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองลำพูนมีการตรวจตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ BOD, DO และ SS ประมาณเดือนละ 3 ถึง 4 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่า BOD, DO และ SS

ก่อนเข้าสู่โรงบำบัดมีค่าเท่ากับ 156, 3.67 และ 166 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ตามลำดับ และเมื่อออกจากโรงบำบัดมีค่าเท่ากับ 2.84, 3.86 และ 11.61 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์เท่ากับ 98.5 และ 93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.3.3 การประเมินปริมาณมลสาร BOD และ SS โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดดังกล่าวไว้ในข้อ 1 ณ จุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า P.20 รวมทั้งปริมาณมลสาร ที่เกิดขึ้นระหว่างจุดควบคุมด้านเหนือน้ำจนถึงจุดควบคุมด้านท้ายน้ำที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า P.73 โดยข้อมูลดังกล่าวได้นำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง ซึ่งการประเมินปริมาณมลสารนั้น ได้ทำการประเมินโดย 2 วิธีการ คือ 1) direct estimate และ 2) conventional method โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำปริมาณมลสารที่ได้จาก 2 วิธีการมาเปรียบเทียบว่าวิธีการใดที่ทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดมากที่สุด โดยทั้ง 2 วิธีการ มีขั้นตอนการประเมินปริมาณสารดังต่อไปนี้

1) direct estimation

จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนและลำน้ำสาขา จำนวน 12 จุด ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลความเข้มข้น (concentration) ของพารามิเตอร์แต่ละตัวจนถึงปัจจุบัน จำนวน 25 ครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 16 จากข้อมูลดังกล่าวได้นำมาประเมินปริมาณมลสาร (loading) ที่เกิดขึ้น ภายในระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้วิธีการการประเมินโดยตรง (direct estimate technique) โดยวิธี interpolation จำนวน 5 วิธี คือ วิธี A, B, C, D และ E (Webb และคณะ, 1997) ซึ่งสูตรการคำนวณในแต่ละวิธีแสดงได้ดังนี้

$$\text{วิธี A} \quad k \left(\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \right) \quad (48)$$

$$\text{วิธี B} \quad k \left(\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n} \right) \overline{Q_r} \quad (49)$$

$$\text{วิธี C} \quad k \left(\sum_{i=1}^n \frac{c_i Q_i}{n} \right) \quad (50)$$

$$\text{วิธี D} \quad k \sum_{i=1}^n c_i \overline{Q_p} \quad (51)$$

$$\text{วิธี E} \quad k \frac{\sum_{i=1}^n (c_i Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \overline{Q_r} \quad (52)$$

โดยที่	i	คือ	ค่าดัชนีของเวลา
	c_i	คือ	ความเข้มข้นของมลสาร
	n	คือ	จำนวนวันที่ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณมลสาร
	Q_i	คือ	อัตราการไหลในแต่ละช่วงเวลา
	K	คือ	conversion แฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของช่วงเวลา
	$\overline{Q_r}$	คือ	อัตราการไหลเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ทำบันทึกข้อมูล
	$\overline{Q_p}$	คือ	อัตราการไหลเฉลี่ยระหว่างช่วงวันที่ทำการคำนวณ

จากสูตรการประเมินมวลสารของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำโดยวิธี direct estimate ทั้ง 5 วิธี ได้นำมาใช้เพื่อประเมินปริมาณมลสารของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย DO และ BOD ที่วัดได้ ณ จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 12 จุด อย่างไรก็ตาม การคำนวณด้วยวิธี direct estimate นิยมทำการเก็บข้อมูลอัตราการไหลและความเข้มข้นของมลสารตามช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น รายวัน รายสัปดาห์ ราย 15 วัน รายเดือน เป็นต้น สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลด้วยช่วงเวลาที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลสาร โดยในช่วงฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลสารมากเนื่องจากภาวะน้ำท่วม จึงพิจารณาเก็บข้อมูลด้วยความถี่ที่มากกว่าในช่วงฤดูแล้งซึ่งความเข้มข้นของมลสารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยตามปริมาณการไหล อย่างไรก็ตาม การกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันจะไม่กระทบต่อวิธีการคำนวณ โดยการคำนวณจะทำการเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารและปริมาณการไหลระหว่างช่วงการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บข้อมูลทั้งสิ้น 25 ครั้ง โดยช่วงเวลาที่ห่างกันของการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งแสดงดังในตารางที่ 20

ในส่วนของอัตราดอกเบี้ยที่ประเมินจาก rating curve ของกรม
ชลประทานที่ได้มีการปรับปรุงแล้วสำหรับข้อมูลในปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 20 ช่วงเวลาที่ห่างกันของการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง

ลำดับที่	วันที่เก็บข้อมูลแต่ละครั้ง	ฤดูกาล	ช่วงเวลาระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง (วัน)
1	3 ก.ย. 2548	ฝน	-
2	11 ก.ย. 2548	ฝน	9
3	18 ก.ย. 2548	ฝน	7
4	22 ก.ย. 2548	ฝน	4
5	29 ก.ย. 2548	ฝน	7
6	10 ต.ค. 2548	ฝน	6
7	16 พ.ย. 2548	แล้ง	42
8	21 ธ.ค. 2548	แล้ง	35
9	13 ก.พ. 2549	แล้ง	54
10	9 เม.ย. 2549	แล้ง	55
11	21 พ.ค. 2549	ฝน	42
12	24 มิ.ย. 2549	ฝน	34
13	16 ก.ค. 2549	ฝน	22
14	2 ส.ค. 2549	ฝน	17
15	16 ก.ย. 2549	ฝน	45
16	23 ก.ย. 2549	ฝน	7
17	7 ต.ค. 2549	ฝน	14
18	12 ต.ค. 2549	ฝน	5
19	4 พ.ย. 2549	แล้ง	23
20	5 ธ.ค. 2549	แล้ง	31
21	14 ม.ค. 2550	แล้ง	40
22	10 ก.พ. 2550	แล้ง	27

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ลำดับที่	วันที่เก็บข้อมูลแต่ละครั้ง	ฤดูกาล	ช่วงเวลาระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง (วัน)
23	4 มี.ค. 2550	แล้ง	22
24	5 เม.ย. 2550	แล้ง	32
25	9 พ.ค. 2550	ฝน	34
	รวม		614

การประเมินปริมาณมลสาร จากวิธี direct estimate เพื่อเป็นข้อมูลทางด้านเข้าของแบบจำลองสามารถแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) การประเมินปริมาณมลสาร ณ จุดที่มีมลสารไหลเข้าสู่ระบบแม่น้ำปิง ระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 และเป็นจุดที่มีการตรวจวัดข้อมูลคุณภาพน้ำไว้แล้ว ซึ่งในที่นี้หมายถึง ปริมาณมลสารที่ตำแหน่งต่อไปนี้คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.4A 4) P.21 5) P.5 6) P.71 7) P.76 และ 8) P.24A ซึ่งสามารถใช้ผลการประเมินมลสารโดยตรงตามวิธีที่ได้รับการคัดเลือกจากวิธี A, B, C, D หรือ E โดยผลการประเมินจะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองที่ตำแหน่งทั้ง 8 จุด ดังกล่าว

(2) การประเมินปริมาณมลสาร ณ จุดที่มีมลสารไหลเข้าสู่ระบบแม่น้ำปิง ระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งเป็นจุดที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลคุณภาพน้ำจึงไม่สามารถใช้ผลการประเมินมลสารโดยตรงตามวิธีที่ได้รับการคัดเลือกจากวิธี A, B, C, D หรือ E ซึ่งในที่นี้หมายถึง ปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 3 ส่วน คือ ลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 ดังแสดงในภาพที่ 26 โดยในกรณีนี้มีการประเมินปริมาณมลสารโดยการสร้างสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณมลสารที่ตรวจวัดได้ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 12 จุด ดังที่อธิบายไว้ในข้อ 2.3.1 และพื้นที่รับน้ำของแต่ละจุดตรวจวัด โดยความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นนั้นใช้เป็นตัวแทนสำหรับแต่ละช่วงที่มีการเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ทั้งสิ้น 26 เหตุการณ์ นอกจากนั้นแล้ว สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามตำแหน่งที่พิจารณา ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 หมายถึง สมการที่ใช้เป็นตัวแทนการประเมินปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.75 4) P.4A 5) P.67 6) P.21 และ 7) P.1

กลุ่มที่ 2 หมายถึง สมการที่ใช้เป็นตัวแทนในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 3 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.5 2) P.71 3) P.76 4) P.24A และ 5) P.73

2) conventional method

การประเมินโดยวิธี conventional method ได้แบ่งการประเมินออกเป็น สอง ส่วน คือ การประเมินสำหรับแหล่งกำเนิดที่แน่นอนและแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน ซึ่งวิธีการประเมินปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นนั้นได้อธิบายไว้ใน ข้อที่ (1) และวิธีในการแยกผลการประเมินจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียเข้าสู่ตำแหน่งพิจารณาต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองได้อธิบายไว้ในข้อที่ (2) ซึ่งแยกออกเป็น 1) ตำแหน่งที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า ต่าง ๆ และ 2) ตำแหน่งที่ไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำไว้ซึ่งหมายถึงพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย ประกอบด้วย ปิงส่วนที่ 1 ปิงส่วนที่ 2 และ ปิงส่วนที่ 3 (ภาพที่ 26) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) วิธีการประเมินโดยวิธี conventional method ซึ่งเป็นนิยมใช้ในประเทศไทย แบ่งออกตามแหล่งกำเนิดน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point sources) และ แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (non-point sources) สำหรับวิธีการในการประเมินแต่ละประเภทสรุปได้ดังนี้

(1.1) การจำแนกพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งการจำแนกพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าได้พิจารณาแยกตามขอบเขตการปกครองของแต่ละอำเภอ เพื่อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณบีโอดีที่เกิดขึ้นทั้งแหล่งกำเนิดที่แน่นอน โดยตารางการแบ่งพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การแบ่งพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลำดับที่	รหัสสถานี วัดน้ำท่า	ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำ สาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	อำเภอที่ครอบคลุม
1	P.20	แม่น้ำปิงตอนบน	1,339	แม่แตง (20%) เชียงดาว (70%)
2	P.4A	น้ำแม่แตง	1,939	แม่แตง (50%) เชียงดาว (30%) เวียงแหง (100%)
3	P.28	น้ำแม่จืด	1,267	พร้าว (100%)
4	P.21	น้ำแม่ริม	510	แม่แตง (30%)
5	P.1	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,112	สันป่าตอง (100%) หางดง (100%) เมือง เชียงใหม่ (100%) สันทราย (100%)
6	P.71	น้ำแม่ขาน	1,727	สะเมิง (100%)
7	P.5	น้ำแม่กวง	1,778	ดอยสะเก็ด (100%) กิ่งอำเภอแม่ออน (100%) สันกำแพง (100%) บ้านธิ เมือง ลำพูน (100%) แม่ทา (90%) ป่าซาง (100%)
9	P.24A	น้ำแม่กลาง	454	จอมทอง (30%)
10	P.29	น้ำแม่ลี	1,966	บ้านโฮ้ง (100%) ห้วยห้วช้าง (100%) ลี้ (50%)
11	P.14	น้ำแม่แจ่ม	3,836	จอมทอง (70%) แม่แจ่ม (100%)

(1.2) การคำนวณหาปริมาณบีโอดีของแหล่งกำเนิดที่แน่นอน โดยแหล่งกำเนิดที่แน่นอน หมายถึง แหล่งกำเนิดที่มาจาก (1) ชุมชน ซึ่งพิจารณาจากจำนวนประชากรในแหล่งชุมชนที่อยู่ใกล้ลำน้ำสายหลักสำหรับเทศบาล และสุขาภิบาล (2) ฟาร์มสุกร ซึ่งพิจารณาแยกตามประเภทฟาร์มในแต่ละพื้นที่รายตำบล และ (3) โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาจากประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและลักษณะสมบัติของน้ำเสีย/น้ำทิ้ง โดยใช้ข้อมูลอัตราการระบายน้ำทิ้ง และค่าบีโอดีของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งแล้วแต่ละชนิดของแหล่งกำเนิดคูณกับหน่วยที่ก่อให้เกิดน้ำเสียของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด (4) นิคมอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาจากโรงบำบัดน้ำทิ้งในนิคมอุตสาหกรรม โดยข้อมูลจำนวนประชากร จำนวนฟาร์มสุกร โรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม นั้น ได้ใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ในปี พ.ศ. 2548 จากกรมการปกครอง กรมควบคุมมลพิษ และกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเป็นตัวแทนตลอดช่วงของการศึกษา สำหรับสมการที่ใช้เพื่อประเมินปริมาณมลสารของแหล่งกำเนิดที่แน่นอนแสดงได้ดังสมการที่ (53) และการเลือกใช้ค่า R, P และ C สำหรับการประเมิน BOD จากแหล่งกำเนิดแน่นอนแสดงดังในตารางที่ 22

$$L = \frac{\bar{CRP}}{1000} \quad (53)$$

โดยที่ L = ปริมาณบีโอดีในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่ทำการประเมิน (กิโลกรัมบีโอดี/วัน)

$\bar{C}$ = ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่ทำการประเมิน (กรัม/ลบ.ม.)

R = ปริมาณน้ำเสียหรือน้ำทิ้งต่อหน่วยที่ก่อให้เกิดน้ำเสียของแหล่งกำเนิดที่ทำการประเมิน (ลบ.ม./หน่วย)

P = ปริมาณหน่วยที่ก่อให้เกิดน้ำเสียของแหล่งกำเนิดที่ทำการประเมิน (หน่วย/วัน)

ตารางที่ 22 การเลือกใช้ค่า R, P และ C สำหรับการประเมินปริมาณ BOD จากแหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน

แหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน (Point Sources)		ค่าตัวแปรในสมการ		
		R	P	C (มก./ลิตร)
1) ชุมชนเมือง	เทศบาลนคร	300 (ลิตร/คน/วัน)	จำนวนประชากร (คน)	120
	เทศบาลเมือง	300 (ลิตร/คน/วัน)	จำนวนประชากร (คน)	120
	เทศบาลตำบล	120 (ลิตร/คน/วัน)	จำนวนประชากร (คน)	105
2) ฟาร์มสุกร	< 500 ตัว	20 (ลิตร/ตัว/วัน)	จำนวนสุกร (ตัว)	1,500
	500-5,000 ตัว	15 (ลิตร/ตัว/วัน)	จำนวนสุกร (ตัว)	2,500
	> 5,000 ตัว	10 (ลิตร/ตัว/วัน)	จำนวนสุกร (ตัว)	3,000
4) โรงงานอุตสาหกรรม	กระบวนการผลิต	ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ต่อวัน	ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม
5) นิคมอุตสาหกรรม	-	ข้อมูลจากกรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	ข้อมูลจากกรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	ข้อมูลจากกรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2550)

สำหรับการคำนวณปริมาณมลสารสำหรับแหล่งกำเนิดที่แน่นอน ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

(1.2.1) แหล่งชุมชน แหล่งชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยเฉพาะบริเวณที่ติดกับแม่น้ำปิง ในการการประเมินความสกปรกในรูปแบบบีโอดีที่เกิดขึ้นจากแหล่งชุมชนได้พิจารณาแยกตามเตการปกครองท้องถิ่นทั้งในระดับเทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล โดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรในชุมชน จากฐานข้อมูลกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย นำมาคำนวณกับอัตราการเกิดความสกปรกในน้ำเสียของกรมการปกครองตามข้อเสนอแนะของกรมควบคุมมลพิษ โดยการประเมินน้ำเสียจากจำนวนประชากรในแต่ละอำเภอแสดงดังในตารางภาคผนวกที่ 2

(1.2.2) ฟาร์มสุกร ฟาร์มสุกรในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีการเลี้ยงสุกร 476 แห่ง คิดเป็นจำนวนสุกรรวม 174,812 ตัว โดยฟาร์มสุกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 14 (67 แห่ง) เป็นฟาร์มประเภท ค ซึ่งมีจำนวนสุกรน้อยกว่า 500 ตัว เป็นฟาร์มประเภท ข จำนวนสุกร 500-5,000 ตัว ร้อยละ 59 (281 แห่ง) และเป็นฟาร์มประเภท ค จำนวนสุกรมากกว่า 5,000 ตัว ร้อยละ 27 (128 แห่ง)เมื่อพิจารณาจำนวนฟาร์มสุกรและจำนวนสุกรที่เลี้ยงตามรายจังหวัด อำเภอที่มีสุกรมากสูงสุด 5 อันดับแรกคือ 1) อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน 2) อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน 3) อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ 4) อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน และ 5) อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่โดยการประเมินน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรคิดแยกตามรายอำเภอในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน แสดงดังในตารางภาคผนวกที่ 3

(1.2.3) โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดน้ำเสีย/น้ำทิ้งประเภทอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนซึ่งมีมากในอำเภอเมืองเชียงใหม่ และอำเภอเมืองลำพูน โดยข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมได้จากฐานข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่ามีโรงงานทั้งสิ้น 7,890 โรงงาน อย่างไรก็ตามโรงงานที่เผยแพร่ไว้ในเว็บไซต์กรม โดยการประเมินปริมาณบีโอดีที่เกิดขึ้นได้พิจารณาจากประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม และปริมาณของน้ำทิ้งของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม โดยปริมาณค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และปริมาณน้ำทิ้งของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมแสดงในตารางที่ 23 และ 24 ตามลำดับ ซึ่งนำมาประเมินปริมาณบีโอดีที่เกิดขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แสดงดังในตารางภาคผนวกที่ 4 และ ตารางภาคผนวกที่ 5

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณค่าปีโอดีเนลียของน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลำดับที่	ประเภทอุตสาหกรรม	ปริมาณค่าปีโอดีเนลีย (มก./ลิตร)
1	สีข้าว สีขำหนึ่ง	100
2	เส้นไหม ก๊วยเตี๋ยว วุ้นเส้น	100
3	ขนมจีน	35
4	ขนมแป้ง ขนมเค้ก	75
5	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	100
6	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	45
7	สุราและสุราผสม	100
8	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	45
9	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	100
10	แป้ง มันสำปะหลัง	120
11	ฟอกย้อม ย้อมผ้า สีย้อมผ้า	35
12	ชิ้นส่วนพลาสติก	25
13	อิเล็กทรอนิกส์ และแผงวงจรไฟฟ้า	20
14	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	15
15	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	100
16	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	100
17	ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์จากยาง	45
18	ยา เครื่องสำอางค์	15
19	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	100
20	ชิ้นส่วนเครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า	20
21	อุตสาหกรรมแปรรูปไม้	100

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มก่อปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม

ลำดับที่	ประเภทอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย (ลบ.ม./วัน/โรง)	ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน/โรง)
1	สีข้าว สีขำนึ่ง	121	97
2	เส้นไหม ก๊วยเตี๋ยว รุ้นเส้น	34	27
3	ขนมจีน	40	32
4	ขนมเปี๊ยะ ขนมเค้ก	56	45
5	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	540	432
6	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	593	474
7	สุราและสุราผสม	284	227
8	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	55	44
9	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	150	120
10	แป้ง มันสำปะหลัง	3,000	2,400
11	ฟอกย้อม ย้อมผ้า สีย้อมผ้า	405	324
12	ชิ้นส่วนพลาสติก	125	100
13	อิเล็กทรอนิกส์ และแผงวงจรไฟฟ้า	319	255
14	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	38	30
15	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	9,166	7,333
16	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	875	700
17	ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์จากยาง	38	30
18	ยา เครื่องสำอางค์	5	4
19	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	56	45
20	ชิ้นส่วนเครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า	171	137
21	อุตสาหกรรมแปรรูปไม้	23	10

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

(1.3) การคำนวณหาปริมาณบีโอดีของแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน โดยแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน หมายถึง แหล่งกำเนิดที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ชุมชนชนบทและชุมชนเมืองที่ไม่มีท่อระบายน้ำสาธารณะ สำหรับการประเมินปริมาณมลสารสำหรับพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดไม่แน่นอนในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการ Event Mean Concentration Method โดยเป็นประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณสารมลพิษในน้ำฝนชะล้างหน้าดินต่อวัน ดังสมการ

$$L = 10^{-6} \bar{C} V_R A \quad (54)$$

โดยที่ L = ปริมาณบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ประเมินต่อวัน (กิโลกรัม บีโอดี/วัน)

$\bar{C}$ = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่ประเมิน (กรัม/ลบ.ม.) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการจำแนกการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยใช้โปรแกรม ArcView

V_R = ปริมาณฝนชะล้างหน้าดิน จากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่ประเมินต่อวัน (มม.) ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุด (P) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์ชะล้างหน้าดินของน้ำฝน (C_v) ซึ่งค่า C_v ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและลักษณะการจัดการดินเพื่อการเพาะปลูกพืชแต่ละประเภท

A = พื้นที่ของแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่ประเมิน (ตร.ม.)

เนื่องจากดินแต่ละชนิดมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้แตกต่างกัน ในขณะที่เดียวกันรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการจัดการที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพืชที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความสามารถซึมซับน้ำฝนของดินแต่ละบริเวณแตกต่างกันด้วย ดังเช่นดินเหนียวมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้น้อยกว่าดินร่วนและดินทราย หรือพื้นที่ดินที่มีพืชปกคลุมย่อมมีความสามารถในการซึมซับน้ำได้มากกว่าคอนกรีต

ดังนั้นค่า C_V ที่เลือกใช้ประเมินปริมาณน้ำฝนชะล้างหน้าดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่เหมาะสมกับสภาพการจัดการดินเพื่อเพาะปลูกพืชในประเทศไทย ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การปลูกพืชเป็นแถวใช้แทนค่า C_V ของพืชไร่ ไม้ผล/ไม้ยืนต้นและสวนผัก และสำหรับการปลูกพืชที่เป็นเมล็ดใช้แทนค่า C_V ของนาข้าว

สำหรับการเลือกใช้ลักษณะของกลุ่มดิน เพื่อประกอบการคัดเลือกค่า C_V ร่วมกับลักษณะการเพาะปลูกพืชจำแนกดินออกเป็น 4 ประเภท คือ

A = ดินทราย ดินร่วนปนทราย

B = ดินร่วน

C = ดินผสมระหว่างดินร่วน ดินเหนียว และดินทราย

D = ดินเหนียวปนดินร่วน ดินเหนียว

สำหรับการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากพื้นที่เกษตรกรรมหรือแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ในประเทศไทย นั้นไม่มีการสำรวจมลพิษในน้ำฝนชะล้างหน้าดินโดยตรง มีเพียงการสำรวจตัวอย่างน้ำที่ขังอยู่ในร่องของสวนผักและผลไม้ รวมทั้งนาข้าว แต่สำหรับในต่างประเทศได้มีการสำรวจวิจัยสารมลพิษในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source โดยตรงในแหล่งกำเนิดหลายชนิด เช่น ชุมชนเมือง ชุมชนชนบท พื้นที่เกษตรกรรม พืชหญ้าเลี้ยงสัตว์ และป่าไม้ ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ค่าบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ที่มีการวิจัยในต่างประเทศ

ประเภทการใช้ที่ดิน	แหล่งข้อมูล	ค่าบีโอดี (มก./ล.)	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล.)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)
ชุมชนเมือง	1	9.00	2.10	0.37	-
ชุมชนชนบท	1	4.00	1.56	0.36	-
	2	8.20	1.18	0.15	81
เกษตรกรรม	1	6.00	1.51	0.12	-
	2	3.80	2.32	0.34	55

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	แหล่งข้อมูล	ค่าบีโอดี (มก./ล.)	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล.)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	1	6.00	0.83	0.06	-
	2	9.60	1.18	0.15	94
	3	0.50	0.70	0.01	-
	4	1.25	0.90	0.07	-
ป่าไม้	1	4.00	0.83	0.06	-
	2	2.00	0.50	0.04	34

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548)

จากการเปรียบเทียบค่าบีโอดีในน้ำที่ขังอยู่ในแหล่งกำเนิด หรือน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตรกรรมจำพวกนาข้าว สวนผัก สวนผลไม้ ซึ่งมีใช้น้ำฝนชะล้างหน้าดินโดยตรงที่เป็นผลการวิจัยในประเทศไทย กับค่าบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภท non-point source ของต่างประเทศ พบว่าค่าบีโอดีที่สำรวจได้จากพื้นที่เกษตรกรรมในประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าของต่างประเทศมาก อันเนื่องมาจากความแตกต่างในการจัดการดินและสารบำรุงดิน ตลอดจนสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านความถี่ของปริมาณฝนที่ตกและปริมาณน้ำฝนรายปี

สำหรับการประเมินบีโอดีในน้ำฝนชะล้างกับหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source นั้นได้เลือกใช้ค่าจากการศึกษาค่าบีโอดีในน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทยมาใช้ประเมินบีโอดีในน้ำฝนชะล้างกับหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source จำพวกพื้นที่เกษตรกรรมในการศึกษารั้งนี้ ส่วนค่าบีโอดีที่คัดเลือกใช้ประเมินในแหล่งกำเนิด non-point source ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ชุมชนชนบท และแหล่งธรรมชาติจำพวกหญ้า ทุ่ง และพื้นที่ป่าไม้ได้ใช้ค่าต่ำสุดที่เป็นการสำรวจในต่างประเทศ

โดยสรุปค่า $\overline{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ค่า $\bar{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีในน้ำฝนชะล้างหน้าดินจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source

แหล่งกำเนิดประเภท Non-point source		ค่า C_v สำหรับกลุ่มดิน				ค่าบีโอดีที่ใช้ประเมิน $\bar{C}$ (มล./ล.)
		A	B	C	D	
เกษตรกรรม	นาข้าว	0.35	0.40	0.45	0.50	2.4
	สวนผัก	0.55	0.65	0.70	0.75	1.1
	ผลไม้	0.55	0.65	0.70	0.75	1.1
ชุมชน	ชุมชนชนบท	0.30	0.40	0.45	0.50	4.0
ธรรมชาติ	ป่าไม้	0.04	0.10	0.13	0.14	0.5
	ทุ่งหญ้าและพื้นที่ว่างเปล่า	0.10	0.20	0.25	0.30	0.5

การประเมินปริมาณค่า $\bar{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ของลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ค่า $\bar{C}$ และ C_v ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณบีโอดีบีโอดีจากแหล่งกำเนิดประเภท non-point source ของลุ่มน้ำปิงตอนบน

ลุ่มน้ำ	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่	ร้อยละ	C_v	$\bar{C}$
P20	เกษตรกรรม	221	16.50	0.60	2.40
	ป่าไม้	1,046.00	78.12	0.10	0.50
	ชลประทาน	51	3.81	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	17	1.27	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	4	0.30	0.20	0.50
	รวม	1339	100	0.19	0.86
P4A	เกษตรกรรม	232	11.96	0.60	2.40
	ป่าไม้	1,657.00	85.46	0.10	0.50
	ชลประทาน	38	1.96	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	7	0.36	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	5	0.26	0.20	0.50
	รวม	1939	100	0.16	0.74

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่	ร้อยละ	Cv	C
P1	เกษตรกรรม	102	9.17	0.60	2.40
	ป่าไม้	531	47.75	0.10	0.50
	ชลประทาน	289	25.99	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	175	15.74	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	15	1.35	0.20	0.50
	รวม	1112	100	0.22	1.23
P21	เกษตรกรรม	107	20.98	0.60	2.40
	ป่าไม้	332	65.10	0.10	0.50
	ชลประทาน	54	10.59	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	16	3.14	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	1	0.20	0.20	0.50
	รวม	510	100	0.23	1.01
P5	เกษตรกรรม	364	15.57	0.60	2.40
	ป่าไม้	1,249.00	53.42	0.10	0.50
	ชลประทาน	432	18.48	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	291	12.45	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	2	0.09	0.20	0.50
	รวม	2338	100	0.23	1.23
P71	เกษตรกรรม	227	13.11	0.60	2.40
	ป่าไม้	1,362.00	78.68	0.10	0.50
	ชลประทาน	100	5.78	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	41	2.37	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	1	0.06	0.20	0.50
	รวม	1731	100	0.18	0.83
P24A	เกษตรกรรม	93	20.48	0.60	2.40
	ป่าไม้	317	69.82	0.10	0.50
	ชลประทาน	36	7.93	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	7	1.54	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	1	0.22	0.20	0.50
	รวม	454	100	0.22	0.94
P73	เกษตรกรรม	756	35.24	0.60	2.40
	ป่าไม้	1,177.00	54.87	0.10	0.50

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่	ร้อยละ	Cv	C
P73	ชลประทาน	74	3.45	0.20	0.50
	ที่อยู่อาศัย	31	1.45	0.40	4.00
	แหล่งน้ำ	107	4.99	0.20	0.50
	รวม	2145	100	0.29	1.22

(1.4) การประเมินปริมาณบีโอดีตามระยะห่างที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิง

เนื่องจากปริมาณบีโอดี ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนและแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนอยู่ห่างจากแม่น้ำปิง จึงมีการคำนวณหาปริมาณบีโอดีที่เกิดขึ้นจริงในแม่น้ำปิง โดยเป็นการพิจารณาจากข้อมูลความสกปรกของบีโอดีในแต่ละแหล่งกำเนิด แต่ละประเภทของมลพิษ คูณกับเอ็กโปรเนนเชียลของค่าสกปรกประสิทธิ k_r หารด้วยความเร็วแล้วนำผลลัพธ์เชิงลบไปคูณกับระยะทางดังสมการที่

$$L = L_0 e^{-\frac{k_r}{u} X} \quad (55)$$

โดยที่ L = ปริมาณบีโอดีที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิง (กิโลกรัมบีโอดี/วัน)
 L_0 = ปริมาณบีโอดีในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด (กิโลกรัม/วัน)
 u = ความเร็วของมวลน้ำที่เคลื่อนที่ในลุ่มน้ำย่อย
 X = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงแม่น้ำปิงตามที่ไหลลง ณ จุดเชื่อมต่อในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (เมตร)
 k_r = ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการย่อยสลายและตกตะกอนทั้งหมด (วัน⁻¹)

โดย $k_r = k_d + k_s$
 $k_d = 0.3 \left(\frac{H}{8} \right)^{-0.434}$ เมื่อความลึกตั้งแต่ 0 ถึง 2.4 เมตร และ
 $k_d = 0.3$ เมื่อความลึกมากกว่า 2.4 เมตร
 k_s = อัตราการย่อยสลายในลำน้ำ (วัน⁻¹)

$$k_s = \frac{V_s}{H}$$

V_s = ความเร็วของการตกตะกอนปีโอดี

H = ความลึก (เมตร)

k_s = อัตราการตกตะกอน (วัน⁻¹)

สำหรับระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงแม่น้ำปิงตอนบนจะพิจารณาจาก จุดศูนย์กลาง (centroid) ของพื้นที่การปกครองของรายอำเภอถึงแม่น้ำปิงตอนบน ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของอำเภอถึงแม่น้ำปิงตอนบน

จังหวัด	อำเภอ	ระยะห่างของแหล่งกำเนิดกับแม่น้ำปิงตอนบน (กม.)
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	2.77
	แม่แจ่ม	0.80
	จอมทอง	6.60
	เชียงดาว	9.20
	ดอยสะเก็ด	9.80
	แม่แตง	4.10
	แม่ริม	10.30
	สะเมิง	1.90
	พร้าว	2.30
	สันป่าตอง	2.22
	สันกำแพง	0.70
	สันทราย	5.40
	หางดง	7.55
	ฮอด	6.80
	ดอยเต่า	1.60
	อมก๋อย	1.00
	สารภี	3.20
	แม่वास	1.50
ลำพูน	เมืองลำพูน	7.00
	แม่ทา	6.60

ตารางที่ 28 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ระยะทางของแหล่งกำเนิดกับแม่น้ำปิงตอนบน (กม.)
ลำพูน	บ้านโฮ่ง	1.84
	ลี้	4.80
	ทุ่งหัวช้าง	3.90
	ป่าซาง	6.91
	บ้านธิ	7.10

(2) การแยกผลการประเมินจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียเข้าสู่ตำแหน่งพิจารณาต่าง ๆ

ในการประเมินปริมาณมลสาร โดยวิธี conventional method ทั้งจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนและแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง WASP นั้น ได้ดำเนินการแบ่งการพิจารณาผลการประเมินจากแหล่งกำเนิดทั้งสองประเภทดังกล่าวเข้าสู่จุดพิจารณาต่าง ๆ ออกเป็น 2 ส่วน คือ

(2.1) การประเมินปริมาณมลสารจากแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ณ จุดที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในระบบแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่ตำแหน่งต่อไปนี้คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.4A 4) P.21 5) P.5 6) P.71 7) P.76 และ 8) P.24A ซึ่งสามารถใช้ผลการประเมินมลสารที่เกิดขึ้นทั้งสองส่วนประกอบด้วย 1) แหล่งกำเนิดที่แน่นอน และ 2) แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน ซึ่งสามารถประเมินปริมาณมลสารได้จากสมการที่ (53) และ (54) โดยผลของการประเมินจะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองที่ตำแหน่งทั้ง 8 จุด ดังกล่าว

(2.2) การประเมินปริมาณมลสารจากแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ณ บริเวณที่ไม่มี การตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระบบแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 3 ส่วน คือ ลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 ดังแสดงในภาพที่ 26 โดยในกรณีนี้มีการประเมินปริมาณมลสารโดยการสร้างสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณมลสารที่ตรวจวัดได้ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 12 จุด ดังที่อธิบายไว้ในข้อ 1 และพื้นที่รับน้ำของแต่ละจุดตรวจวัด โดยความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นนั้นใช้เป็นตัวแทนสำหรับแต่ละ

ช่วงที่มีการเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ทั้งสิ้น 26 เหตุการณ์ นอกจากนั้นแล้ว สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามตำแหน่งที่พิจารณา ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 หมายถึง สมการที่ใช้เป็นตัวแทนการประเมินปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.75 4) P.4A 5) P.67 6) P.21 และ 7) P.1

กลุ่มที่ 2 หมายถึง สมการที่ใช้เป็นตัวแทนในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 3 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.5 2) P.71 3) P.76 4) P.24A และ 5) P.73

2.3.3 การนำข้อมูลความเร็วในการไหลของน้ำ อัตราการไหล ความลึกของน้ำ และปริมาตรน้ำ ในแต่ละช่วงลำน้ำ (reach) ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลอง FLDWAV เข้าสู่แบบจำลอง WASP ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (format) ข้อมูลด้านออกจากแบบจำลอง FLDWAV ให้เป็นรูปแบบที่สามารถนำเข้าสู่แบบจำลอง WASP ได้

2.3.4 การประเมินค่า dispersion coefficient ซึ่งดำเนินการโดยการสอบเทียบพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะด้านกายภาพ แต่ไม่เปลี่ยนแปลงในด้านเคมีและชีวภาพ ซึ่งอาจจะเป็นค่าความเค็ม หรือ ตะกอนแขวนลอย (suspended sediment) ผลของค่า dispersion coefficient ที่ได้จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ สำหรับในการศึกษานี้ได้พิจารณาสอบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย โดยในการสอบเทียบแบบจำลองในส่วนนี้นั้น ต้องประเมินพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย 5 พารามิเตอร์ ดังนี้คือ 1) biotic solids production rate 2) biotic solids production rate temperature correction factor 3) organic matter dissolution rate constant 4) organic matter dissolution rate temperature correction factor และ 5) organic solids fraction Ash สำหรับพารามิเตอร์ที่มีผลมากที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงผลการประเมินคือ biotic solids production rate และ organic matter dissolution rate constant

2.3.5 การสอบเทียบแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ เพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสม ซึ่งโดยปกติแล้วในแบบจำลอง WASP มีความสามารถในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำได้หลายพารามิเตอร์ และแต่ละพารามิเตอร์จะมีพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองหลายพารามิเตอร์เช่นกัน สำหรับในการศึกษานี้ได้พิจารณาเฉพาะค่า BOD และ DO ซึ่งมีพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองจำนวนทั้งสิ้น 43 พารามิเตอร์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงค่า DO และ BOD นั้นมีทั้งสิ้น 9 พารามิเตอร์ ดังนี้คือ 1) Global Reaeration Rate Constant at 20 °C 2) Oxygen to Carbon Stoichiometric Ratio 3) BOD Decay Rate Constant at 20 °C 4) Nitrification Rate Constant at 20 °C 5) Denitrification Rate Constant at 20 °C 6) Phytoplankton growth rate at 20 °C 7) Phytoplankton respiration rate at 20 °C และ 8) Sediment Oxygen Demand at 20 °C

3. เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในการสอบเทียบแบบจำลองและการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ต้องมีการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่วมที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองทั้งสองและปริมาณน้ำท่วมที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม ในการศึกษาได้พิจารณาใช้ตัวแปรทางสถิติจำนวน 3 ตัวแปร ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 29 มาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ตารางที่ 29 ตัวแปรทางสถิติที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ตัวแปรทางสถิติ	สมการ
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r)	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]}}$
Root Mean Square Error (RMSE)	$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{N} \right)^{0.5}$
Efficiency Index (EI)	$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2} \times 100\%$

เมื่อ

$$Q_{mi} = \text{ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา } i$$

$$\overline{Q}_m = \text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด}$$

$$Q_{ci} = \text{ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา } i$$

$$\overline{Q}_c = \text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง}$$

$$N = \text{จำนวนของข้อมูล}$$

สำหรับรายละเอียดของตัวแปรทางสถิติแต่ละตัวแปรแสดงได้ดังนี้

1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงที่ดีมาก และถ้า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองก็มีความสัมพันธ์ที่ดีมากแต่ในเชิงปฏิภาคผกผัน แต่เมื่อไรก็ตามที่ r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือแทบไม่มีเลย โดยทั่วไปแล้วในการศึกษาด้านอุทกวิทยาค่า r ควรมีค่ามากกว่า 0.7 จึงจะถือว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2) Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (absolute error) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ในกรณีที่ค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีมาก

3) ค่า Efficiency Index (EI) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงระดับความสัมพันธ์ (degree of association) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับการตรวจวัดทุกข้อมูล

ผลและวิจารณ์ผล

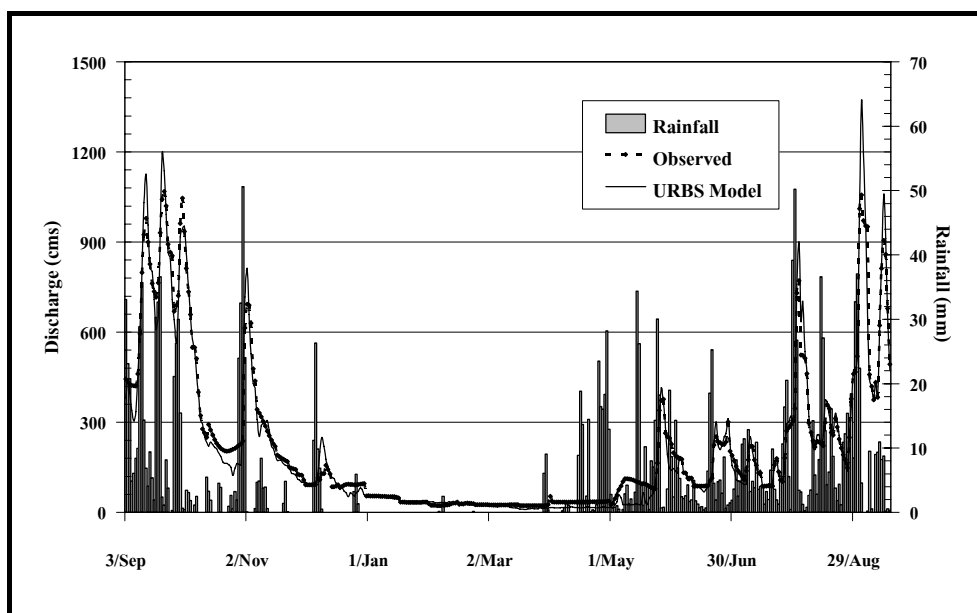
ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ 3 แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 1) แบบจำลอง URBS 2) แบบจำลอง FLDWAV และ 3) แบบจำลอง WASP โดยเหตุการณ์น้ำท่วมและคุณภาพน้ำระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 16 กันยายน 2549 ใช้เพื่อการสอบเทียบแบบจำลอง และเหตุการณ์ระหว่างวันที่ 17 กันยายน 2549 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ใช้เพื่อการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง โดยผลการดำเนินงานในแต่ละแบบจำลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลอง URBS

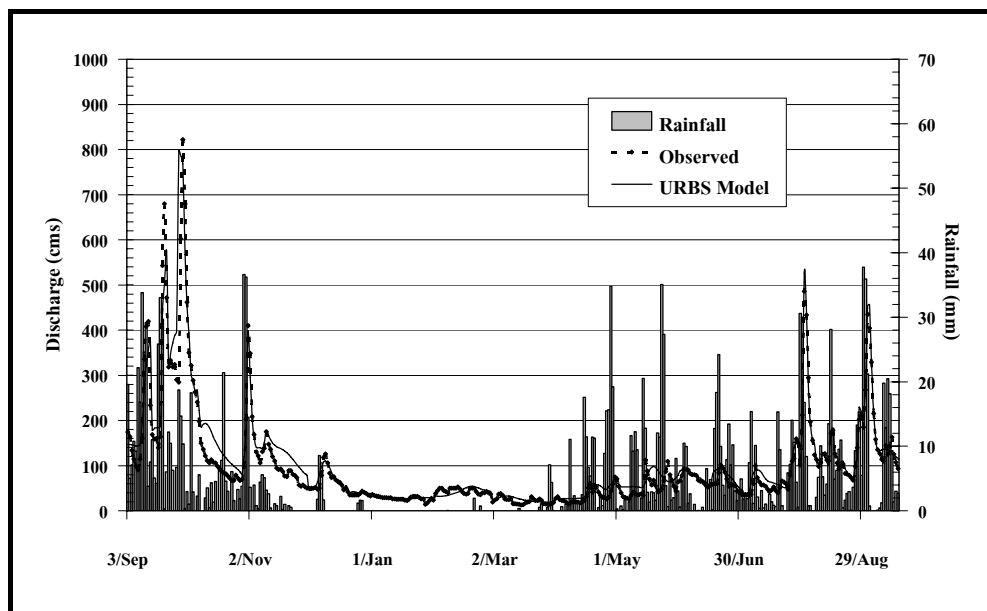
ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมนั้น แบ่งการประเมินปริมาณน้ำท่าออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยปึงส่วนที่ 1 รวมกับปึงส่วนที่ 2 ซึ่งสามารถสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ผลการประเมินที่สถานี P.1 และ ปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยปึงส่วนที่ 3 ซึ่งสามารถสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ผลการประเมินที่สถานี P.73 ผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่สำคัญที่ได้แสดงดังในตารางที่ 30 สำหรับผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS และที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงของการสอบเทียบ (วันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 16 กันยายน 2549) ที่สถานี P.1 และ P.73 แสดงดังในรูปที่ 32 และ 33 ตามลำดับ และสำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (17 กันยายน 2549 ถึง 9 พฤษภาคม 2550) แสดงดังในรูปที่ 34 และ 35 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติทั้งสามคือค่า r , EI และ RMSE นั้น แสดงดังในตารางที่ 31 ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง FLDWAV ได้

ตารางที่ 30 ค่าของพารามิเตอร์ควบคุมของแบบจำลอง URBS

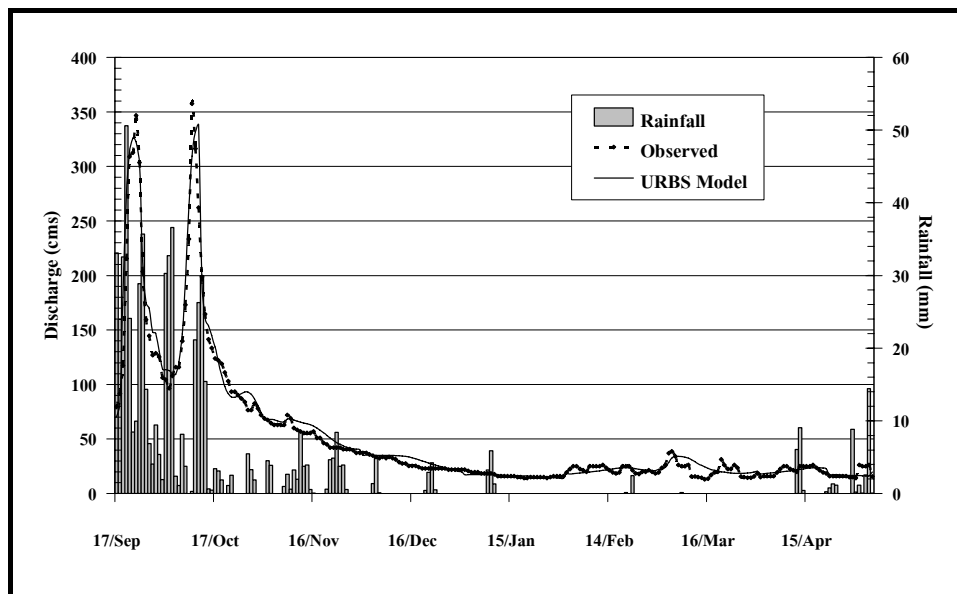
ลำดับ ที่	สถานี วัดน้ำท่า	พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS				
		α	β	IL	PR	IF
1	P.1	0.30	7	0	0.17	500
2	P.73	0.45	9	0	0.25	250



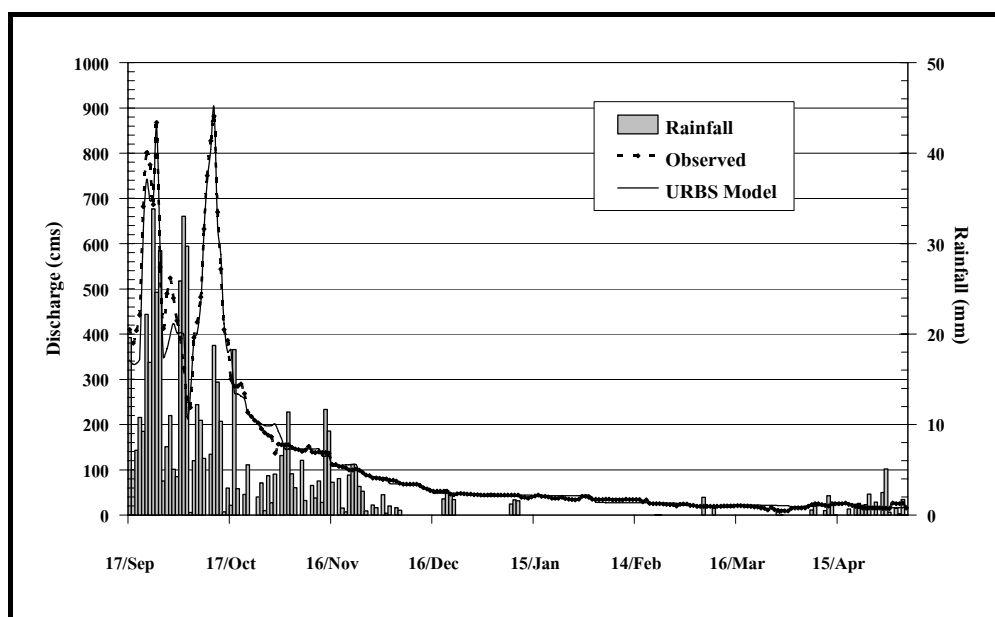
ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ



ภาพที่ 33 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ



ภาพที่ 34 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



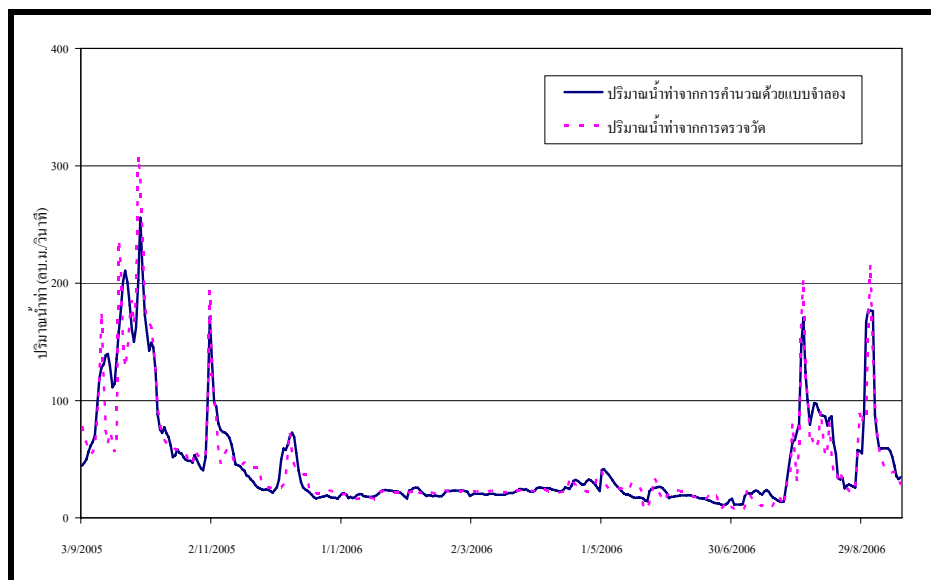
ภาพที่ 35 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง URBS และจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์

ตารางที่ 31 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

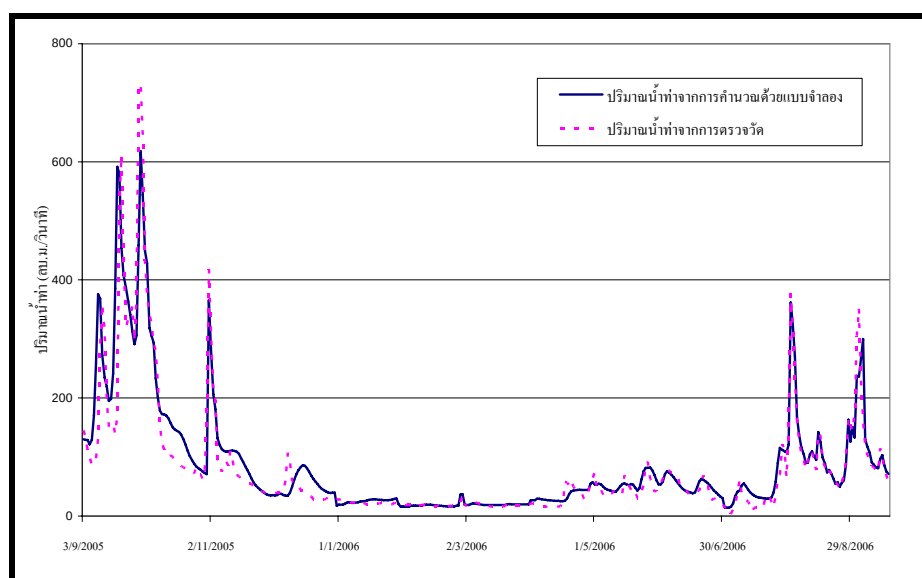
เหตุการณ์พิจารณา	สถานีวัดน้ำท่า	r	RMSE (ลบ.ม./วินาที)	EI (%)
03/09/2548	P.1	0.875	33.765	81.428
ถึง 16/09/2549	P.73	0.855	37.356	83.417
17/09/2549	P.1	0.920	27.949	89.479
ถึง 09/05/2550	P.73	0.912	23.264	91.489

2. แบบจำลอง FLDWAV

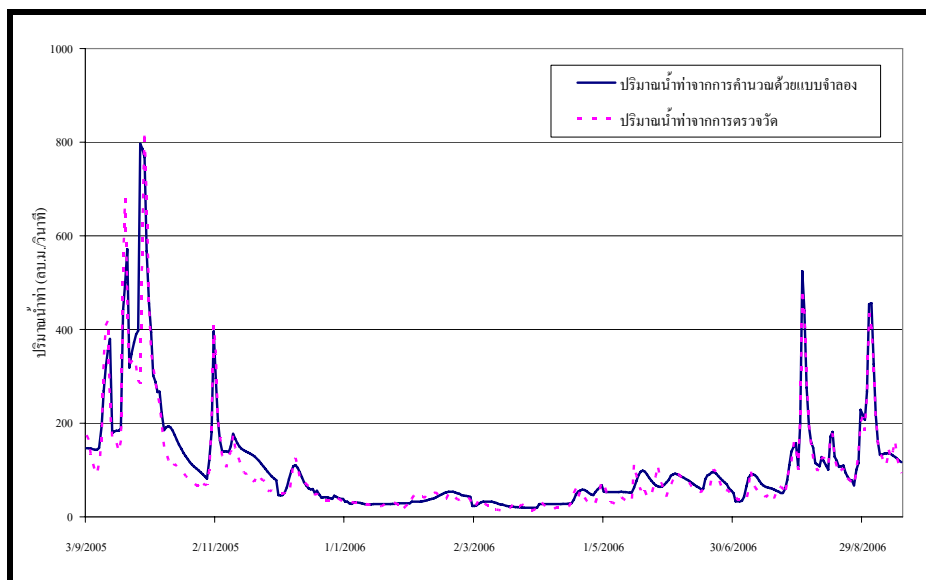
ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองซึ่งหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรูปตัดขวางของลำน้ำนั้น ดำเนินการโดยการเปลี่ยนแปลงค่า Manning's n ในแต่ละรูปตัดขวางจนทำให้เกิดการเข้ากันได้ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดและที่ได้จากแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ คือ สถานี P.75, P.67, P.1 และ P.73 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่า ค่า Manning's n ในแต่ละช่วงของการไหลในลำน้ำดังนี้ 1) กม.0.0 ถึง 100.00 เท่ากับ 0.03, 2) กม.100.00 ถึง 157.00 เท่ากับ 0.035 และ 3) กม.157.00 ถึง 194.00 เท่ากับ 0.04 สำหรับการไหลในทุ่งน้ำท่วมมีค่าในแต่ละช่วงดังนี้ 1) กม.102.00 ถึง 180.00 เท่ากับ 0.150 และ 2) กม.180.00 ถึง 194.00 เท่ากับ 0.125 สำหรับผลการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLDWAV และที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงของการสอบเทียบที่สถานี P.75, P.67, P.1 และ P.73 แสดงดังในภาพที่ 36, 37, 38 และ 39 ตามลำดับ และในช่วงของการตรวจพิสูจน์แสดงดังในภาพที่ 40, 41, 42 และ 43 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติทั้งสามคือค่า r , RMSE และ EI นั้น แสดงดังในตารางที่ 32 ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่ได้จากแบบจำลอง FLDWAV มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง WASP ได้



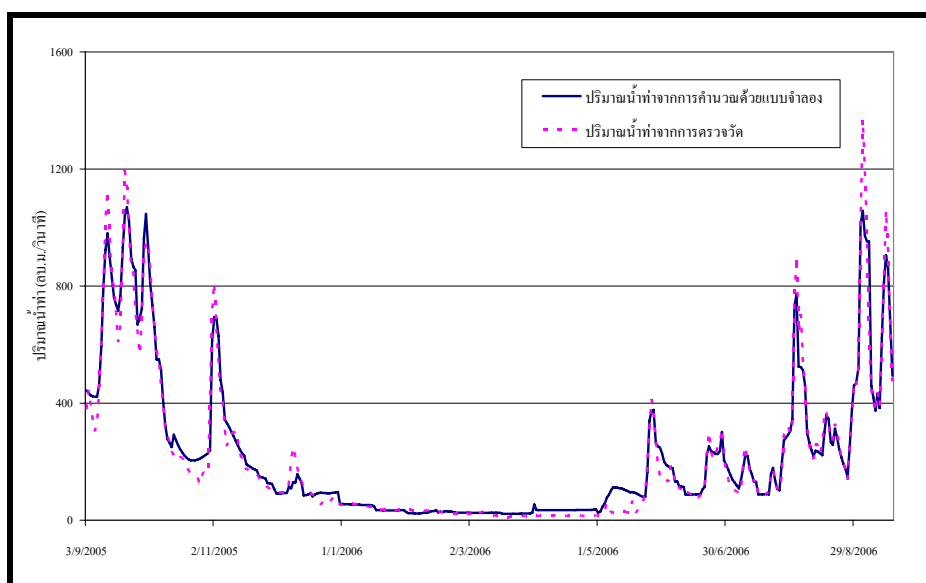
ภาพที่ 36 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ



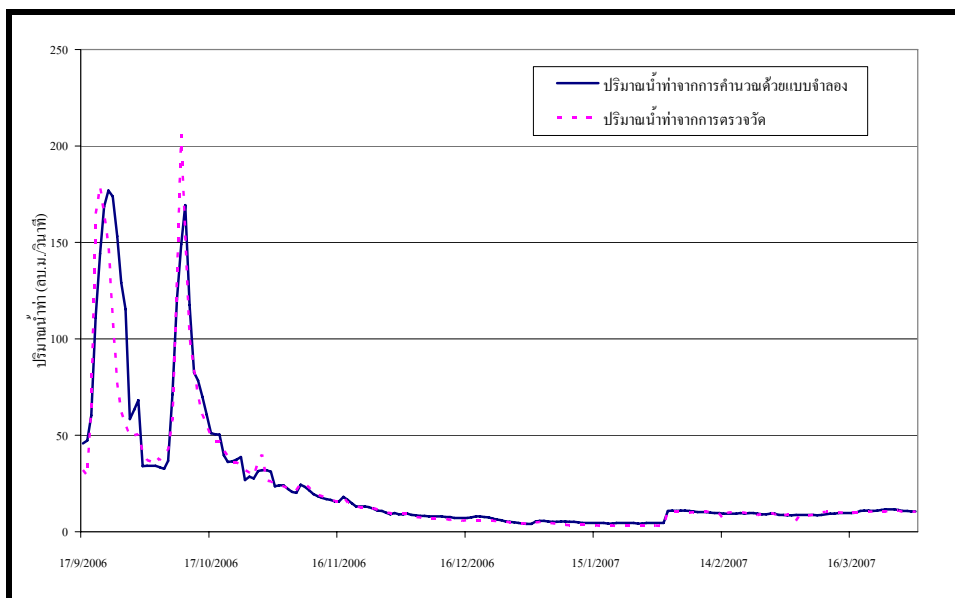
ภาพที่ 37 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ



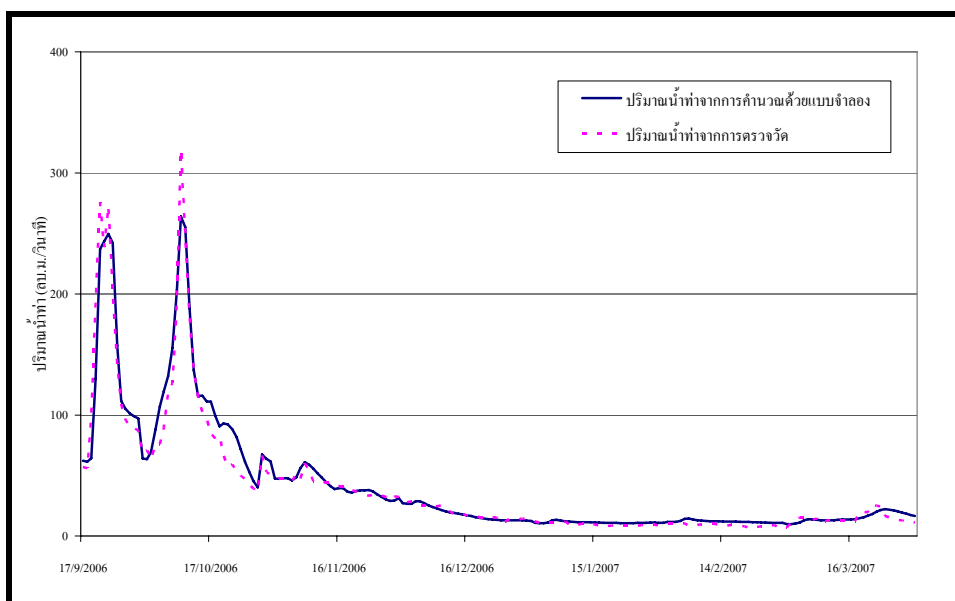
ภาพที่ 38 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ



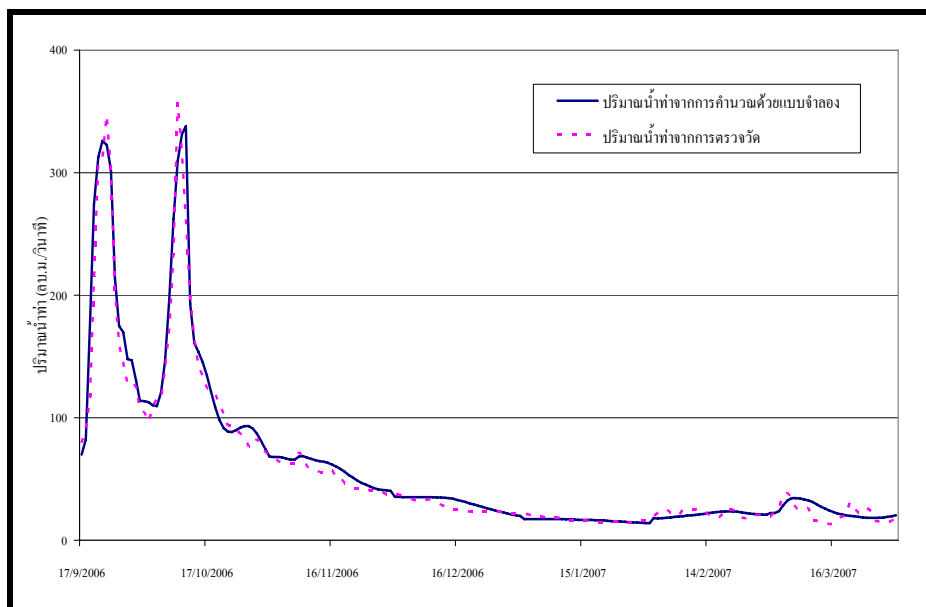
ภาพที่ 39 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ



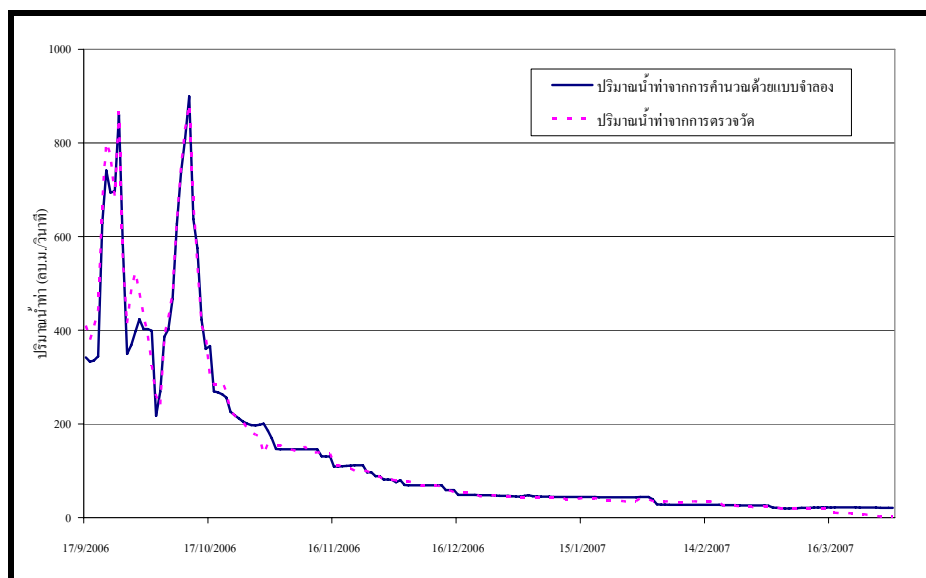
ภาพที่ 40 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 41 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 42 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 43 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง FLDWAV ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์

ตารางที่ 32 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV

เหตุการณ์พิจารณา	สถานีวัดน้ำท่า	r	RMSE (ลบ.ม./วินาที)	EI (%)
03/09/2548 ถึง 16/09/2549	P.75	0.830	16.550	86.232
	P.67	0.819	42.014	83.710
	P.1	0.844	38.851	87.099
	P.73	0.815	47.356	86.770
17/09/2549 ถึง 09/05/2550	P.75	0.939	12.052	86.727
	P.67	0.879	11.069	85.532
	P.1	0.948	11.381	87.020
	P.73	0.821	23.264	88.503

3. แบบจำลอง WASP

3.1) การประเมินปริมาณมลสาร

สำหรับการประเมินปริมาณมลสารเพื่อเป็นข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง WASP นั้น ได้ใช้ข้อมูลจากโดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยภายใต้โครงการ “หน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย” (นุชนารถ และคณะ, 2550) ซึ่งประกอบด้วย ค่าความเข้มข้นของปริมาณ BOD และ SS ที่จุดเก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำตามตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบนของกรมชลประทานจำนวน 12 จุด (P.20, ท้ายเขื่อนแม่งัด, P.75, P.4A, P.67, P.21, P.1, P.5, P.71, P.76, P.24A และ P.73) จุดละ 26 ตัวอย่าง ในช่วงเวลาระหว่าง วันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ซึ่งการประเมินปริมาณมลสาร นั้นได้ทำการประเมินโดย 2 วิธีการ คือ 1) direct estimate และ 2) conventional method

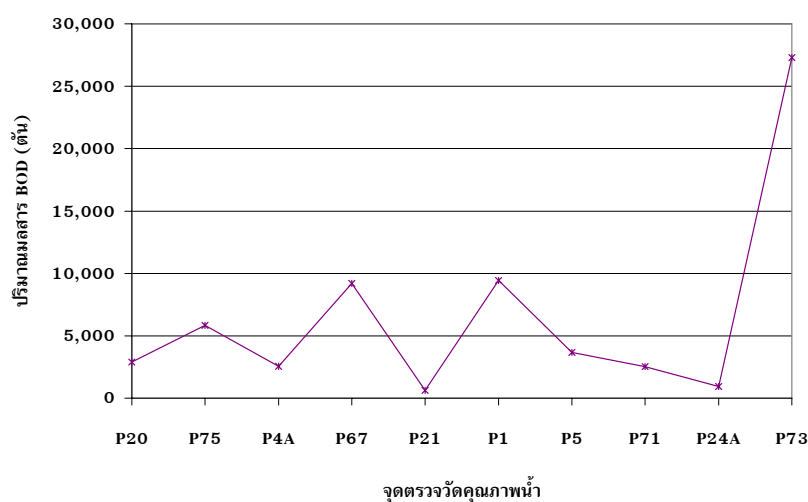
1. การประเมินปริมาณมลสารโดยวิธี direct estimate

จากผลการประเมินปริมาณมลสารโดยวิธี direct estimate พบว่า ปริมาณมลสารจากการคำนวณด้วยวิธี A, B, C และ E มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นวิธี D มีค่ามากกว่าวิธีอื่น ๆ ประมาณ

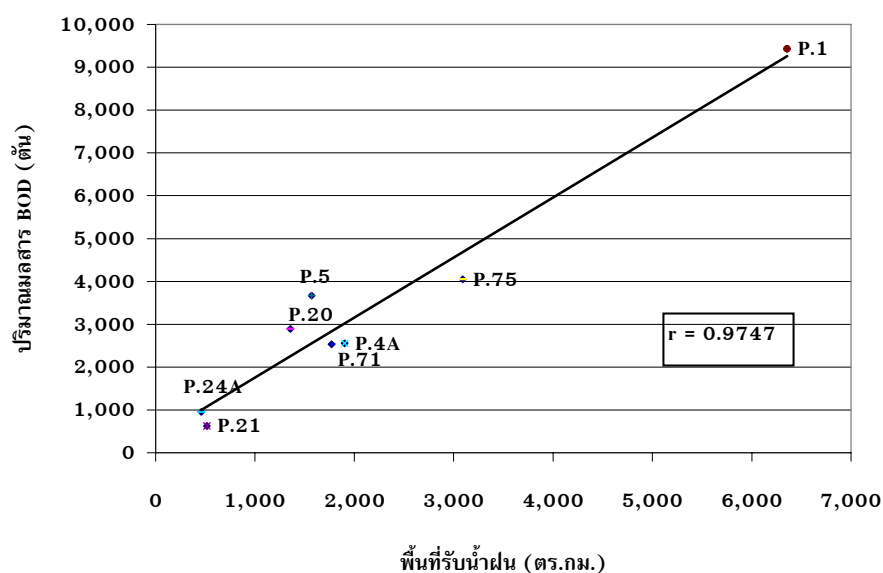
2 เท่า โดยปริมาณมลสารที่คำนวณได้ด้วยวิธีการ E สำหรับทุกจุดตรวจวัดให้ผลการคำนวณน้อยที่สุด จากการพิจารณาสูตรการคำนวณ พบว่า การคำนวณโดยวิธี D มีความแตกต่างจากวิธีอื่น กล่าวคือ การคำนวณปริมาณมลสารในแต่ละช่วงเวลาการเก็บข้อมูลสองครั้งที่ติดกันสำหรับวิธีการ A, B และ C เป็นการนำค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นมลสารของข้อมูลสองครั้งที่ติดกันไปคูณกับปริมาณการไหลเฉลี่ยด้วยวิธีต่าง ๆ กัน แต่สำหรับวิธีการ D นั้น เป็นการหาผลรวมระหว่างผลคูณของความเข้มข้นมลสารในแต่ละครั้งกับปริมาณการไหลเฉลี่ย ซึ่งเสมือนกับการเพิ่มค่าความเข้มข้นของการเก็บข้อมูลสองครั้งที่ติดกันแทนที่จะเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นดังที่ได้ประยุกต์กับวิธีการ A, B และ C สำหรับวิธี E เป็นการหาผลรวมของผลคูณระหว่างความเข้มข้นมลสารและปริมาณการไหลของผลการเก็บข้อมูลสองครั้งที่ติดกัน จากนั้นนำผลรวมของปริมาณการไหลสองครั้งที่ติดกันไปหารเพื่อเป็นการปรับค่าความเข้มข้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของช่วงเวลาการเก็บข้อมูลทั้งสองครั้งก่อนที่จะไปคูณกับปริมาณการไหลเฉลี่ยรายวันตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล ดังนั้น ผลการคำนวณจึงได้ปริมาณมลสารใกล้เคียงกับวิธีการ A, B และ C ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเห็นสมควรไม่นำผลการคำนวณโดยวิธี D มาใช้ นอกจากนั้นแล้ว เมื่อพิจารณารายละเอียดของสูตรการคำนวณของทั้ง 4 วิธี นี้พบว่า วิธี B และ E ได้นำปริมาณการไหลรายวันตลอดช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลมาใช้ในการคำนวณแทนที่การใช้ค่าเฉลี่ยเฉพาะวันที่เก็บข้อมูล ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญกับปริมาณการไหลรายวัน แทนที่ปริมาณการไหลเฉพาะวันที่เก็บข้อมูลซึ่งในกรณีที่เลือกเก็บข้อมูลปริมาณการไหลในช่วงการเกิดน้ำท่วมหลายครั้งดังที่ดำเนินการ ในการวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลให้ผลการคำนวณปริมาณมลสารมีค่ามากกว่าความเป็นจริงได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ผลการคำนวณโดยวิธี B และ E ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

สำหรับผลการศึกษาปริมาณมลสาร BOD ในช่วงเวลา 615 วัน ที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้นำผลการศึกษามาพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร BOD จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำที่สถานี P.20 จนถึงจุดตรวจวัดด้านท้ายน้ำที่สถานี P.73 ตามแนวแม่น้ำปิง รวมทั้งลำน้ำสาขา ดังในภาพที่ 44 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณมลสาร BOD ในแม่น้ำปิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แม่น้ำปิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากต้นน้ำไปท้ายน้ำจากจุดตรวจวัดที่สถานี P.20, P.75, P.67, P.1 และ P.73 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,889, 5,830, 9,195, 9,430 และ 27,294 ตัน ตามลำดับ สำหรับปริมาณมลสาร BOD ในลำน้ำสาขาพบว่า มีค่าสูงสุดจนถึงต่ำสุดที่จุดตรวจวัดที่สถานี P.5, P.4A, P.71, P.24A และ P.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3,669, 2,552, 2,532, 951 และ 624 ตัน ตามลำดับ โดยจุดตรวจวัดเหล่านี้มีขนาดพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 1,569, 1,902, 1,771, 460 และ 515 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณมลสาร BOD มาพล็อตกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับช่วงเวลา 615 วัน ดัง

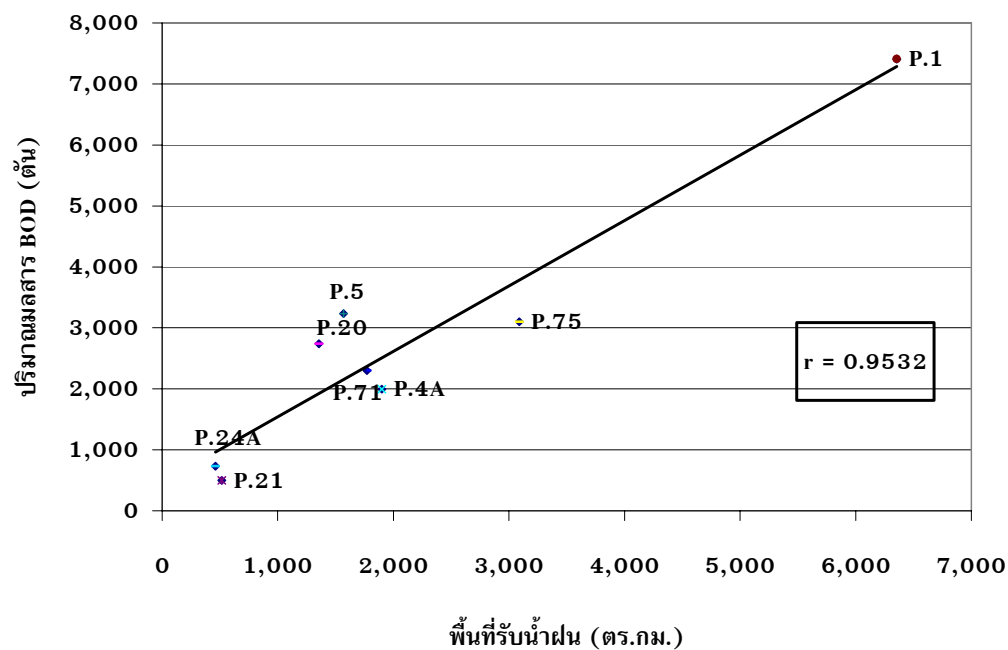
แสดงในภาพที่ 45 และแยกเป็นผลการพล็อตกราฟเฉพาะในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 46 และ 47 ตามลำดับ พบว่า ได้ความสัมพันธ์ในเกณฑ์ดีทั้ง 3 กราฟ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.9725, 0.9532 และ 0.9764 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วได้พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD กับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับทุกช่วงเวลาการเก็บข้อมูลจำนวน 25 ช่วงเวลา ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จัดในเกณฑ์ที่ยอมรับได้กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7732



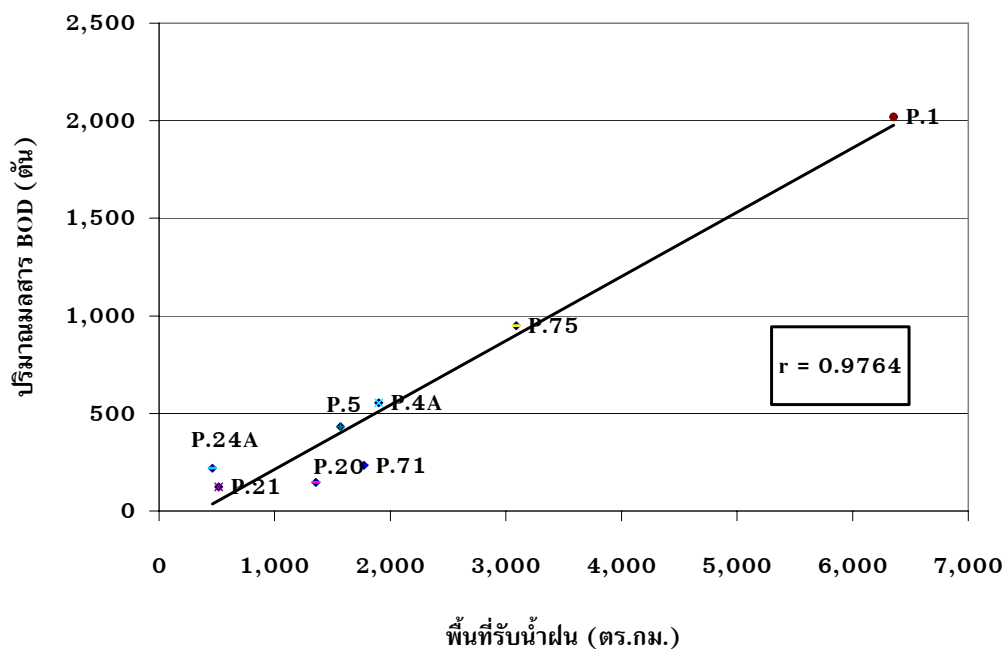
ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร BOD จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำถึงท้ายน้ำ



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 615 วัน

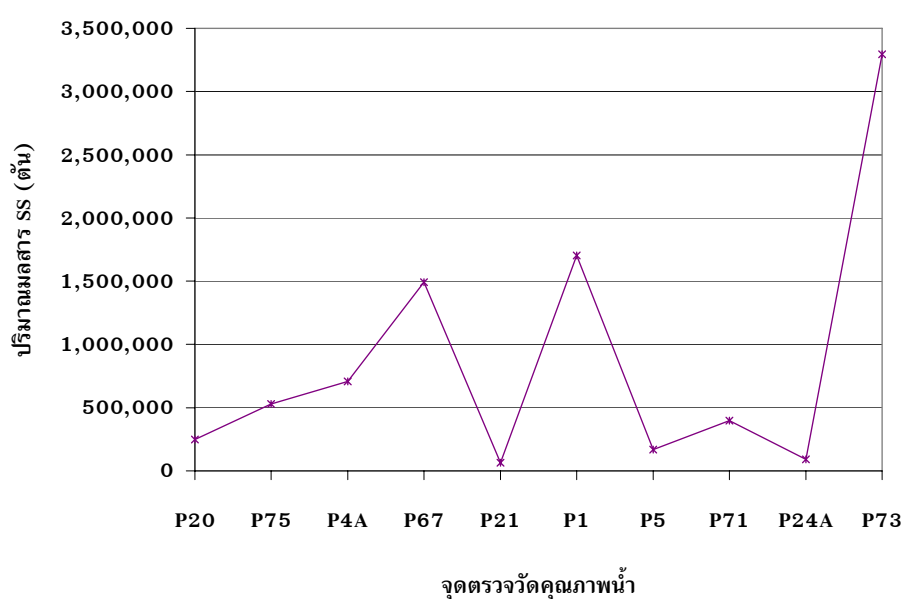


ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ในช่วงฤดูฝน

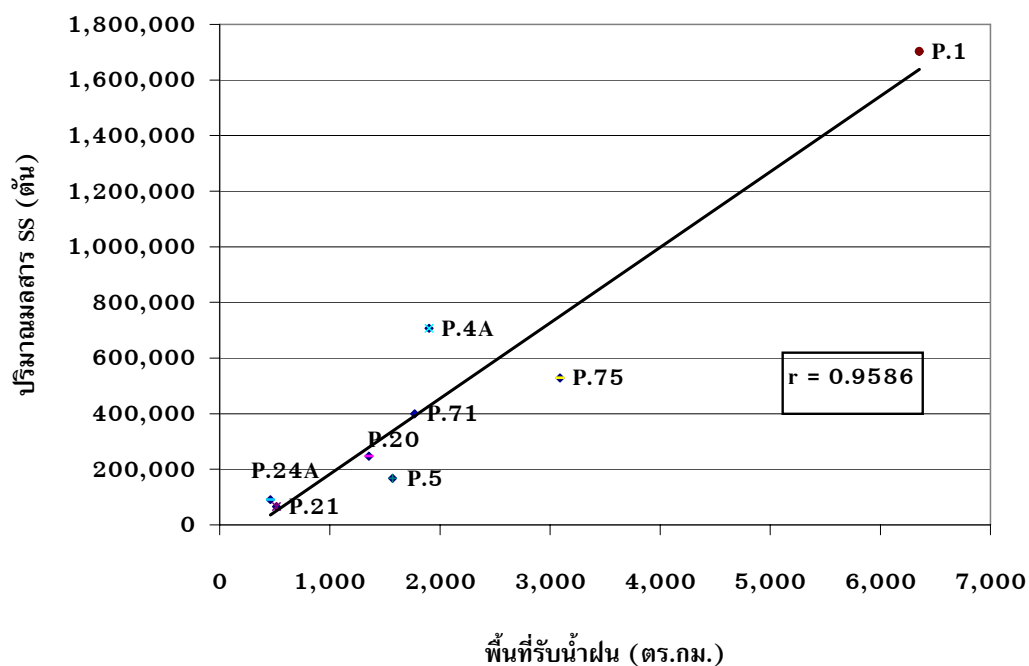


ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร BOD และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง

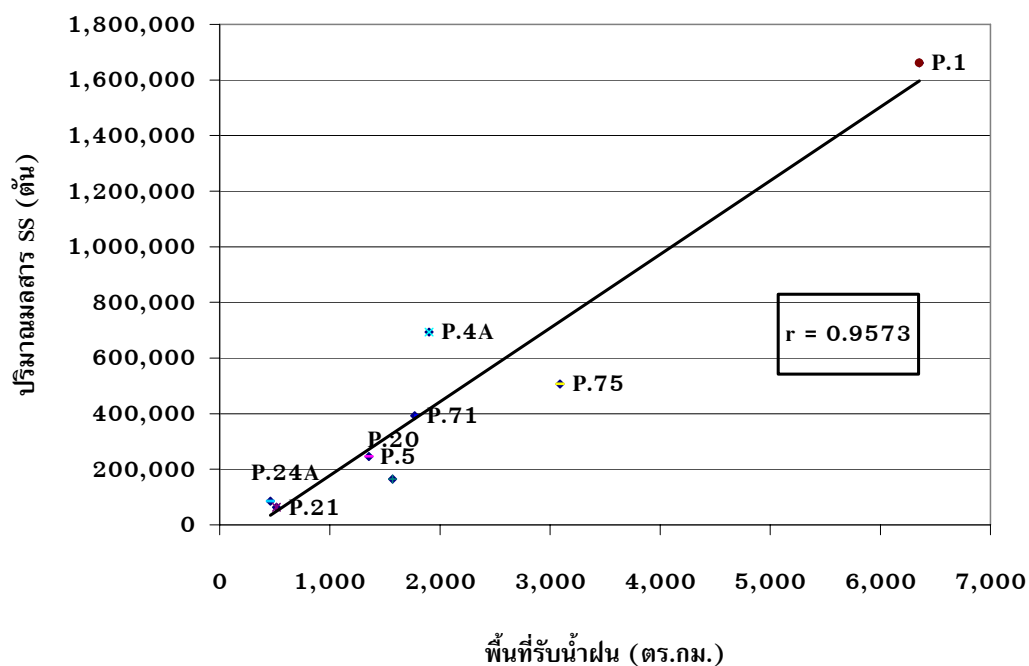
สำหรับผลการศึกษาปริมาณมลสาร SS ในช่วงเวลา 615 วัน ที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ได้นำผลการศึกษามาพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร SS จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำที่สถานี P.20 จนถึงจุดตรวจวัดด้านท้ายน้ำที่สถานี P.73 ตามแนวแม่น้ำปิง รวมทั้งลำน้ำสาขาดังในภาพที่ 48 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณมลสาร SS ในแม่น้ำปิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากต้นน้ำไปท้ายน้ำจากจุดตรวจวัดที่สถานี P.20, P.75, P.67, P.1 และ P.73 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 247,818, 528,382, 1,493,310 และ 3,293,220 ตัน ตามลำดับ สำหรับปริมาณมลสาร SS ในลำน้ำสาขาทพบว่า มีค่าสูงสุดจนถึงต่ำสุดที่จุดตรวจวัดที่สถานี P.4A, P.71, P.5, P.24A และ P.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 706,900, 398,890, 167,888, 89,992 และ 65,298 ตันตามลำดับ โดยจุดตรวจวัดเหล่านี้มีขนาดพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 1,902 1,771 1,569 460 และ 515 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ปริมาณมลสาร SS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแนวแม่น้ำปิง ดังนั้นจึงได้นำปริมาณมลสาร SS มาพล็อตกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับช่วงเวลา 615 วัน ดังแสดงในรูปที่ 49 และแยกเป็นผลการพล็อตกราฟเฉพาะในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 50 และ 51 ตามลำดับ พบว่า ได้ความสัมพันธ์ในเกณฑ์ดีทั้ง 3 กราฟ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9586, 0.9612 และ 0.9693 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วได้พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS กับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับทุกช่วงเวลาการเก็บข้อมูลจำนวน 25 ช่วงเวลา ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2 ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์จัดในเกณฑ์ดี กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าระหว่าง 0.7224 ถึง 0.9726 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8922



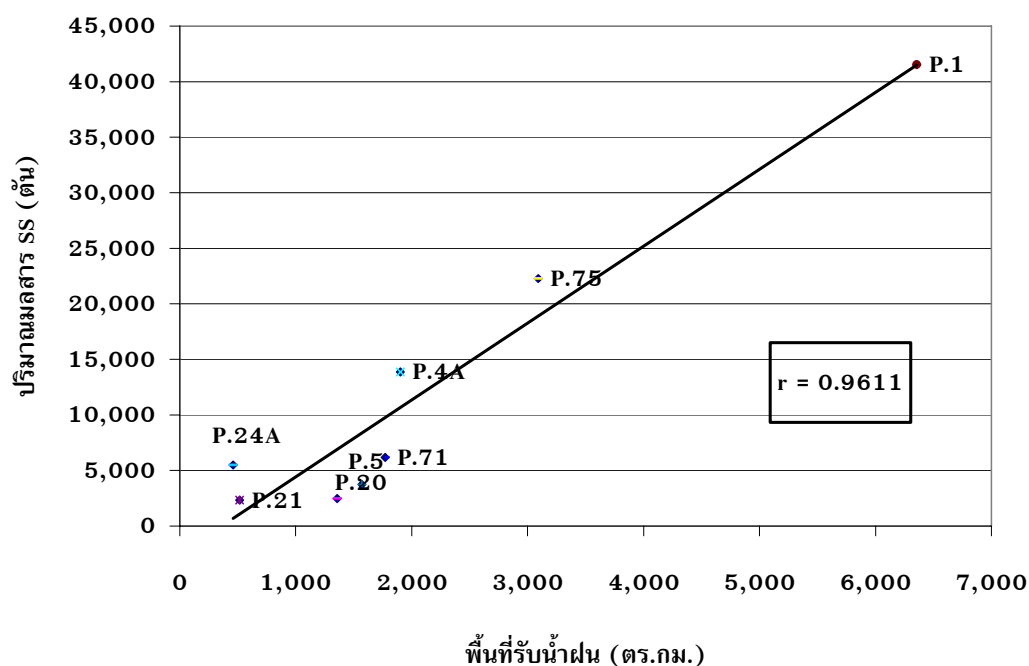
ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสาร SS จากจุดตรวจวัดด้านต้นน้ำถึงท้ายน้ำ



ภาพที่ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจคุณภาพน้ำต่าง ๆ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล 615 วัน



ภาพที่ 50 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ในช่วงฤดูฝน



ภาพที่ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลสาร SS และขนาดพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ในช่วงฤดูแล้ง

สำหรับการประเมินปริมาณมลสาร ณ จุดที่มีมลสารไหลเข้าสู่ระบบแม่น้ำปิง ระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 และเป็นจุดที่มีการตรวจวัดข้อมูลคุณภาพน้ำไว้แล้ว ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่ตำแหน่งต่อไปนี้คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.4A 4) P.21 5) P.5 6) P.71 7) P.76 และ 8) P.24A ซึ่งสามารถใช้ผลการประเมินมลสารโดยตรงตามวิธีที่ได้รับการคัดเลือกจากวิธี A, B, C, D หรือ E โดยปริมาณมลสาร SS และ BOD ในช่วงวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 10 กันยายน 2548 ที่ได้จากวิธี direct estimate แสดงดังตารางที่ 33 และตารางที่ 34 โดยผลการประเมินจะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองที่ตำแหน่งทั้ง 8 จุด ดังกล่าว สำหรับในช่วงเวลาอื่นได้แสดงในตารางผนวกที่ 6 ถึงตารางผนวกที่ 15 สำหรับปริมาณมลสาร SS และสำหรับปริมาณมลสาร BOD แสดงในตารางผนวกที่ 16 ถึงตารางผนวกที่ 25

ตารางที่ 33 ผลการประเมินปริมาณมลสารของ SS สำหรับแต่ละวิธีที่จุดตรวจวัดต่าง ๆ

จุดตรวจวัด คุณภาพน้ำ	วิธีการ					ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ วิธี A B C และ E)	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ วิธี B และ E)	พื้นที่รับน้ำ ตร.กม.
	A	B	C	D	E			
P20	275,541	217,563	354,543	551,082	278,072	281,430	247,818	1,355.00
แม่จัด	526,715	482,472	627,250	1,053,431	574,292	552,682	528,382	3,090.00
P4A	839,874	612,068	1,109,173	1,679,748	801,732	840,712	706,900	1,902.00
P21	60,685	61,482	68,055	121,370	69,114	64,834	65,298	515.00
P5	160,818	157,631	178,674	321,635	178,145	168,817	167,888	1,569.00
P71	390,811	376,862	439,228	781,621	420,918	406,954	398,890	1,771.00
P76	1,602,937	1,380,928	1,871,207	3,205,874	1,605,693	1,615,191	1,493,310	1,475.00
P24A	82,549	87,255	87,013	165,098	92,730	87,387	89,992	460.00

ตารางที่ 34 ผลการประเมินปริมาณมลสารของ BOD สำหรับแต่ละวิธีที่จุดตรวจวัดต่าง ๆ

จุดตรวจวัด คุณภาพน้ำ	วิธีการ					ค่าเฉลี่ย (สำหรับวิธี A, B, C และ E)	ค่าเฉลี่ย (สำหรับวิธี B และ E)	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
	A	B	C	D	E			
P20	3,073	2,746	3,370	6,147	3,032	3,055	2,889	1,355.00
แม่จัด	4,237	4,096	4,116	8,473	3,998	4,112	4,047	3,090.00
P4A	2,502	2,419	2,786	5,004	2,686	2,598	2,552	1,902.00
P21	603	613	625	1,207	634	619	624	515.00
P5	4,621	3,851	4,076	9,242	3,488	4,009	3,669	1,569
P71	2,625	2,540	2,635	5,251	2,523	2,581	2,532	1,771
P76	9,799	8,776	10,716	19,598	9,614	9,726	9,195	1,475.00
P24A	929	941	948	1,858	961	945	951	460.00

สำหรับการประเมินปริมาณมลสาร ณ จุดที่มีมลสารไหลเข้าสู่ระบบแม่น้ำปิง ระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งเป็นจุดที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลคุณภาพน้ำจึงไม่สามารถใช้ผลการประเมินมลสารโดยตรงตามวิธีที่ได้รับการคัดเลือกจากวิธี A, B, C, D หรือ E ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 3 ส่วน คือ ลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 ดังแสดงในภาพที่ 26 โดยการสร้างสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณมลสารที่

ตรวจวัดได้ทั้ง 12 จุด กับพื้นที่รับน้ำของแต่ละจุดตรวจวัด โดยความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นนั้นใช้เป็นตัวแทนสำหรับแต่ละช่วงที่มีการเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ทั้งสิ้น 26 เหตุการณ์ นอกจากนั้นแล้ว สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามตำแหน่งที่พิจารณา คือ กลุ่มที่ 1 หมายถึง ปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.75 4) P.4A 5) P.67 6) P.21 และ 7) P.1 ดังตารางที่ 35 และกลุ่มที่ 2 หมายถึง ปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 3 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.5 2) P.71 3) P.76 4) P.24A และ 5) P.73 ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 35 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร SS และ BOD ในกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 สำหรับวิธี direct estimate

ช่วงเวลาพิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ SS	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
03/09/2548 – 11/09/2548	$y = 20.819x - 11547$	$y = 0.0355x - 3.6245$
12/09/2548 – 18/09/2548	$y = 24.842x - 12184$	$y = 0.0189x + 23.326$
19/09/2548 – 22/09/2548	$y = 18.928x - 10258$	$y = 0.021x + 4.6924$
23/09/2548 - 29/09/2548	$y = 125.47x - 88584$	$y = 0.0843x - 24.200$
30/09/2548 – 05/10/2548	$y = 130.26x - 87645$	$y = 0.0912x - 4.5506$
06/10/2548 – 16/11/2548	$y = 20.032x - 7742.7$	$y = 0.1067x + 44.196$
17/11/2548 – 21/12/2548	$y = 2.7867x - 1687.4$	$y = 0.1028x - 58.833$
22/12/2548 – 13/02/2549	$y = 0.9873x - 656.13$	$y = 0.0533x - 16.113$
14/02/2549 – 09/04/2549	$y = 0.909x - 498.31$	$y = 0.0470x - 20.827$
10/04/2549 – 21/05/2549	$y = 6696x - 215.19$	$y = 0.0305x - 8.3312$
22/05/2549 – 24/06/2549	$y = -0.4163x + 1312.6$	$y = 0.0056x + 34.292$
25/06/2549 – 16/07/2549	$y = -0.6643x + 1376.5$	$y = -0.017x + 50.446$
17/07/2549 – 02/08/2549	$y = 1.6251x + 2665.4$	$y = 0.0977x + 38.901$
03/08/2549 – 16/09/2549	$y = 9.0159x + 5310.9$	$y = 0.3009x + 86.641$
17/09/2549 – 23/09/2549	$y = 6.2598x - 2046.2$	$y = 0.0193x + 3.9409$
24/09/2549 – 06/10/2549	$y = 29.876x - 8846.7$	$y = 0.1994x - 28.777$
07/10/2549 – 11/10/2549	$y = 0.0703x + 137.45$	$y = 17.883x + 223.62$
12/10/2549 – 03/11/2549	$y = 28.359x + 7696$	$y = 0.0964x + 66.034$
04/11/2549 – 04/12/2549	$y = 1.719x - 189.06$	$y = 0.0288x + 13.536$
05/12/2549 – 13/01/2550	$y = 0.5087x - 99.574$	$y = 0.023x + 5.551$

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ช่วงเวลาที่พิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ SS	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
14/01/2550 – 09/02/2550	$y = 0.1277x - 26.916$	$y = 0.009x + 0.654$
10/02/2550 – 03/03/2550	$y = 0.2087x - 55.913$	$y = 0.0225x - 11.892$
04/03/2550 – 04/04/2550	$y = 0.3976x - 197.64$	$y = 0.0193x - 20.777$
05/04/2550 – 09/05/2550	$y = 0.7828x - 102.53$	$y = 0.0386x - 12.018$

ตารางที่ 36 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร SS และ BOD ในลุ่มน้ำปิง 3 สำหรับวิธี direct estimate

ช่วงเวลาที่พิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ SS	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
03/09/2548 – 11/09/2548	$y = 9.7353x - 3969.1$	$y = 0.0667x - 11.929$
12/09/2548 – 18/09/2548	$y = 18.265x + 2514.6$	$y = 0.0977x + 9.4213$
19/09/2548 – 22/09/2548	$y = 15.275x - 3457.5$	$y = 0.0425x - 1.7163$
23/09/2548 – 29/09/2548	$y = 5.2546x - 1678.8$	$y = 0.0357x - 4.5255$
30/09/2548 – 05/10/2548	$y = 2.8281x - 370.81$	$y = 0.0327x - 2.1294$
06/10/2548 – 16/11/2548	$y = 4.4856x - 909.71$	$y = 0.086x - 10.397$
17/11/2548 – 21/12/2548	$y = 0.846x - 219.85$	$y = 0.0695x - 11.775$
22/12/2548 – 13/02/2549	$y = 0.1957x + 75.048$	$y = 0.0263x + 11.825$
14/02/2549 – 09/04/2549	$y = 0.0564x + 93.916$	$y = 0.008x + 26.202$
10/04/2549 – 21/05/2549	$y = 0.2045x + 126.45$	$y = 0.0074x + 19.65$
22/05/2549 – 24/06/2549	$y = 0.7445x + 683.34$	$y = 0.046x + 38.348$
25/06/2549 – 16/07/2549	$y = 0.9665x + 343.2$	$y = 0.048x + 18.55$
17/07/2549 – 02/08/2549	$y = 4.3214x - 122.97$	$y = 0.1601x - 16.42$
03/08/2549 – 16/09/2549	$y = 15.102x + 3247.7$	$y = 0.4333x + 47.148$
17/09/2549 – 23/09/2549	$y = 9.4172x - 1674.2$	$y = 0.052x + 11.356$
24/09/2549 – 06/10/2549	$y = 37.057x - 5419.1$	$y = 0.2007x + 12.592$
07/10/2549 – 11/10/2549	$y = 16.954x - 2135.2$	$y = 0.087x - 9.1654$
12/10/2549 – 03/11/2549	$y = 39.72x - 1463.3$	$y = 0.165x + 39.361$
04/11/2549 – 04/12/2549	$y = -1.4143x + 4724.6$	$y = -0.0486x + 134.48$
05/12/2549 – 13/01/2550	$y = -0.0718x + 567.93$	$y = 0.0088x + 24.718$
14/01/2550 – 09/02/2550	$y = 0.017x + 157.68$	$y = 0.012x + 6.3261$

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ช่วงเวลาที่พิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ SS	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
10/02/2550 – 03/03/2550	$y = 0.1334x + 73.998$	$y = 0.014x - 0.1779$
04/03/2550 – 04/04/2550	$y = 0.0898x + 57.39$	$y = 0.0078x + 4.5144$
05/04/2550 – 09/05/2550	$y = 0.1247x + 3875.1$	$y = 0.0719x + 58.526$

2. การประเมินปริมาณมลสารโดยวิธี coventional method

ปริมาณมลสารที่เกิดขึ้น ณ จุดที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในระบบแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่ตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.20 2) ท่าเยื้องแมงคด 3) P.4A 4) P.21 5) P.5 6) P.71 7) P.76 และ 8) P.24A ซึ่งสามารถใช้ผลการประเมินมลสารที่เกิดขึ้นทั้งสองส่วนประกอบด้วย 1) แหล่งกำเนิดที่แน่นอน และ 2) แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน โดยผลของการประเมินจะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองที่ตำแหน่งทั้ง 8 จุด ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.) ปริมาณบีโอดีของแหล่งกำเนิดที่แน่นอน โดยแหล่งกำเนิดที่แน่นอน แบ่งออกเป็น (1) ชุมชน ซึ่งพิจารณาจากจำนวนประชากรในแหล่งชุมชนที่อยู่ใกล้ลำน้ำสายหลักสำหรับเทศบาล และสุขาภิบาล (2) ฟาร์มสุกร ซึ่งพิจารณาแยกตามประเภทฟาร์มในแต่ละพื้นที่รายตำบล และ (3) โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาจากประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและลักษณะสมบัติของน้ำเสีย/น้ำทิ้ง โดยใช้ข้อมูลอัตราการระบายน้ำทิ้ง และค่าบีโอดีของน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง แล้วแต่ชนิดของแหล่งกำเนิดคูณกับหน่วยที่ก่อให้เกิดน้ำเสียของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด (4) นิคมอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาจากโรงบำบัดน้ำทิ้งในนิคมอุตสาหกรรม ในช่วงวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 10 กันยายน 2458 แสดงดังตารางที่ 37 และสำหรับในช่วงเวลาอื่นๆ ได้แสดงในตารางผนวกที่ 26

2.) ปริมาณบีโอดีของแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน โดยแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน หมายถึง แหล่งกำเนิดที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ชุมชนชนบทและชุมชนเมืองที่ไม่มีท่อระบายน้ำสาธารณะ ในช่วงวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 10 กันยายน 2458 แสดงดังตารางที่ 38 และสำหรับในช่วงเวลาอื่นๆ ได้แสดงในตารางผนวกที่ 26

ตารางที่ 37 ปริมาณมลสาร BOD ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน

Station	ปริมาณมลสาร BOD (ตัน/วัน)
P20	36.165
P75	51.673
P4A	54.385
P67	207.767
P21	18.603
P1	80.049
P5	225.466
P71	73.454
P24A	18.704
P73	214.796

ตารางที่ 38 ปริมาณมลสาร BOD ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน

Station	ปริมาณมลสาร BOD (ตัน/วัน)
P20	16.073
P75	22.966
P4A	24.171
P67	92.341
P21	8.268
P1	35.577
P5	100.207
P71	32.646
P24A	8.313
P73	95.465

เนื่องจากปริมาณบีโอดี ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนและแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนอยู่ห่างจากแม่น้ำปิง จึงมีการประเมินปริมาณ BOD ที่เกิดขึ้นในแม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งพิจารณาจากปริมาณ BOD ที่เกิดของทั้งสองแหล่งกำเนิด ในช่วงวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 10 กันยายน 2548 ดังแสดงในตารางที่ 39 และสำหรับในช่วงเวลาอื่นๆ ได้แสดงในตารางผนวกที่ 26

ตารางที่ 39 ปริมาณมลสาร BOD ที่เกิดขึ้นในแม่น้ำปิงตอนบน

Station	ปริมาณมลสาร BOD (ตัน/วัน)
P20	52.238
P75	74.639
P4A	78.556
P67	300.108
P21	26.871
P1	115.626
P5	325.673
P71	106.100
P24A	27.017
P73	310.211

สำหรับปริมาณมลสารจากแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ณ บริเวณที่ไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ในระบบแม่น้ำปิงระหว่างสถานี P.20 ถึง P.73 ซึ่งในที่นี้หมายถึงปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 3 ส่วน คือ ลุ่มน้ำปิง 1 ลุ่มน้ำปิง 2 และลุ่มน้ำปิง 3 ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยในกรณีนี้มีการประเมินปริมาณมลสารโดยการสร้างสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณมลสารที่ตรวจวัดได้ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 12 จุด ดังที่อธิบายไว้ในข้อ 1 และพื้นที่รับน้ำของแต่ละจุดตรวจวัด โดยความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นนั้นใช้เป็นตัวแทนสำหรับแต่ละช่วงที่มีการเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ทั้งสิ้น 26 เหตุการณ์ นอกจากนั้นแล้ว สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามตำแหน่งที่พิจารณา คือ กลุ่มที่ 1 หมายถึง ปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.20 2) ท่าเยื่อนแม่จืด 3) P.75 4) P.4A 5) P.67 6) P.21 และ 7) P.1 ดังตารางที่ 40 และกลุ่มที่ 2

หมายถึง ปริมาณมลสารในส่วนของกลุ่มน้ำปิง 3 โดยพิจารณารวมกลุ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่
ตำแหน่งต่อไปนี้ คือ 1) P.5 2) P.71 3) P.76 4) P.24A และ 5) P.73 ดังตารางที่ 41

ตารางที่ 40 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร BOD ในกลุ่มน้ำปิง 1 และกลุ่มน้ำปิง 2 สำหรับ
วิธี conventional method

ช่วงเวลาที่พิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
03/09/2548 – 11/09/2548	$y = 0.0434x + 15.648$
12/09/2548 – 18/09/2548	$y = 0.0278x + 9.5326$
19/09/2548 – 22/09/2548	$y = 0.046x - 10.399$
23/09/2548 - 29/09/2548	$y = 0.0561x - 23.524$
30/09/2548 – 05/10/2548	$y = 0.0467x - 15.031$
06/10/2548 – 16/11/2548	$y = 0.0315x - 96.492$
17/11/2548 – 21/12/2548	$y = 0.3159x - 96.492$
22/12/2548 – 13/02/2549	$y = 0.1083x + 13.27$
14/02/2549 – 09/04/2549	$y = 0.8867x - 27.742$
10/04/2549 – 21/05/2549	$y = 0.7555x - 10.455$
22/05/2549 – 24/06/2549	$y = 0.0208x + 11.484$
25/06/2549 – 16/07/2549	$y = -0.017x + 50.446$
17/07/2549 – 02/08/2549	$y = -0.7553x + 23.534$
03/08/2549 – 16/09/2549	$y = 0.5067x + 42.464$
17/09/2549 – 23/09/2549	$y = 0.5864x - 3.0539$
24/09/2549 – 06/10/2549	$y = 0.2772x + 17.678$
07/10/2549 – 11/10/2549	$y = 0.2698x + 10.432$
12/10/2549 – 03/11/2549	$y = 0.2802x + 15.629$
04/11/2549 – 04/12/2549	$y = 0.918x + 40.523$
05/12/2549 – 13/01/2550	$y = 0.5035x + 23.005$
14/01/2550 – 09/02/2550	$y = 0.3663x + 1.3199$
10/02/2550 – 03/03/2550	$y = 1.1099x - 25.447$
04/03/2550 – 04/04/2550	$y = 0.644x + 57.077$
05/04/2550 – 09/05/2550	$y = 0.496x + 5.7384$

ตารางที่ 41 สมการความสัมพันธ์ของปริมาณมลสาร BOD ในลุ่มน้ำปิง 3 สำหรับวิธี conventional method

ช่วงเวลาที่พิจารณา	สมการความสัมพันธ์ของ BOD
03/09/2548 – 11/09/2548	$y = 0.0837x - 1.490$
12/09/2548 – 18/09/2548	$y = 0.0833x - 1.490$
19/09/2548 – 22/09/2548	$y = 0.0122x - 0.4319$
23/09/2548 - 29/09/2548	$y = 0.015x - 0.225$
30/09/2548 – 05/10/2548	$y = 0.0511x - 0.6465$
06/10/2548 – 16/11/2548	$y = 0.0544x - 0.354$
17/11/2548 – 21/12/2548	$y = 0.248x - 0.2476$
22/12/2548 – 13/02/2549	$y = 0.1986x - 0.3364$
14/02/2549 – 09/04/2549	$y = 0.4862x + 2.1898$
10/04/2549 – 21/05/2549	$y = 0.5004x + 2.6097$
22/05/2549 – 24/06/2549	$y = 0.176x + 4.6785$
25/06/2549 – 16/07/2549	$y = 0.1353x + 1.1279$
17/07/2549 – 02/08/2549	$y = 0.2182x + 0.8568$
03/08/2549 – 16/09/2549	$y = 0.9416x - 0.9658$
17/09/2549 – 23/09/2549	$y = 1.116x - 1.899$
24/09/2549 – 06/10/2549	$y = 0.850x - 0.309$
07/10/2549 – 11/10/2549	$y = 0.8333x - 0.559$
12/10/2549 – 03/11/2549	$y = 0.5159x + 0.248$
04/11/2549 – 04/12/2549	$y = -0.5416x + 2.615$
05/12/2549 – 13/01/2550	$y = 0.7256x + 3.1019$
14/01/2550 – 09/02/2550	$y = 0.2165x - 2.7737$
10/02/2550 – 03/03/2550	$y = 0.1724x + 1.3146$
04/03/2550 – 04/04/2550	$y = -0.1103x + 1.2228$
05/04/2550 – 09/05/2550	$y = 0.2054x + 1.072$

สำหรับผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD และ SS ทั้งโดยวิธี direct estimate และ conventional method ณ จุดที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ในระบบแม่น้ำปิง ที่ตำแหน่ง 1) P.20 2) ท้ายเขื่อนแม่งัด 3) P.4A 4) P.21 5) P.5 6) P.71 7) P.76 และ 8) P.24A สำหรับแต่ละช่วงของเหตุการณ์ที่ดำเนินการเก็บข้อมูล แสดงไว้ในตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการเปรียบเทียบการประเมินมลสาร BOD จากวิธี direct estimate กับ วิธี conventional method

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมินสาร	วิธี Direct estimate (กิโลกรัมต่อวัน)	วิธี Conventional method (กิโลกรัมต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
03/09/2548 - 10/09/2548	P4A	8922	8578	3.86
	P21	3884	2371	38.95
	P5	37051	15835	57.26
	P71	13567	9685	28.61
	P24A	3765	1691	55.09
11/09/2548 - 17/09/2548	P4A	9987	6332	36.59
	P21	3682	2371	35.59
	P5	33898	29895	11.81
	P71	20451	11719	42.69
	P24A	6744	3458	48.72
18/09/2548 - 21/09/2548	P4A	10951	7822	28.57
	P21	3746	1291	65.53
	P5	38191	17152	55.09
	P71	17607	12385	29.66
	P24A	4316	3283	23.94
22/09/2548 - 28/09/2548	P4A	16887	8540	49.43
	P21	4750	512	89.21
	P5	37503	11101	70.40
	P71	11852	5236	55.82
	P24A	3500	1127	67.81
29/09/2548 - 04/10/2548	P4A	20277	7558	62.73
	P21	2459	880	64.20
	P5	30852	16229	47.40
	P71	9443	2485	73.68
	P24A	2402	911	62.10
05/10/2548 - 15/11/2548	P4A	14323	3398	76.27
	P21	5699	481	91.55
	P5	23444	3266	86.07
	P71	14101	3124	77.84
	P24A	4970	648	86.96

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ช่วงเวลา	จุดสถานที่ทำการ ประเมินสาร	วิธี Direct estimate (กิโลกรัมต่อวัน)	วิธี Conventional method (กิโลกรัมต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
05/10/2548 - 15/11/2548	P21	4652	646	86.10
	P5	34654	2985	91.39
	P71	9182	3008	67.24
	P24A	2546	546	78.57
21/12/2548 - 12/02/2549	P4A	7469	2114	71.70
	P21	2463	566	77.03
	P5	28469	1489	94.77
	P71	9711	651	93.29
	P24A	2401	365	84.82
13/02/2549 - 08/04/2549	P4A	7594	1442	81.01
	P21	2577	175	93.22
	P5	20213	1555	92.31
	P71	9606	717	92.53
	P24A	2511	413	83.56
09/04/2549 - 20/05/2549	P4A	9351	1360	85.45
	P21	5126	281	94.52
	P5	5693	1441	74.68
	P71	2603	190	92.71
	P24A	4672	441	90.55
21/05/2549 - 23/06/2549	P4A	9177	1552	83.09
	P21	6521	1254	80.76
	P5	19916	5616	71.80
	P71	10080	1524	84.88
	P24A	5800	1386	76.10
24/06/2549 - 15/07/2549	P4A	8543	889	89.60
	P21	6296	1968	68.74
	P5	20283	6273	69.07
	P71	18743	3036	83.80
	P24A	5639	1554	72.45
16/07/2549 - 01/08/2549	P4A	23147	9836	57.51
	P21	11790	2618	77.79
	P5	83023	24458	70.54

ตารางที่ 42 (ต่อ)

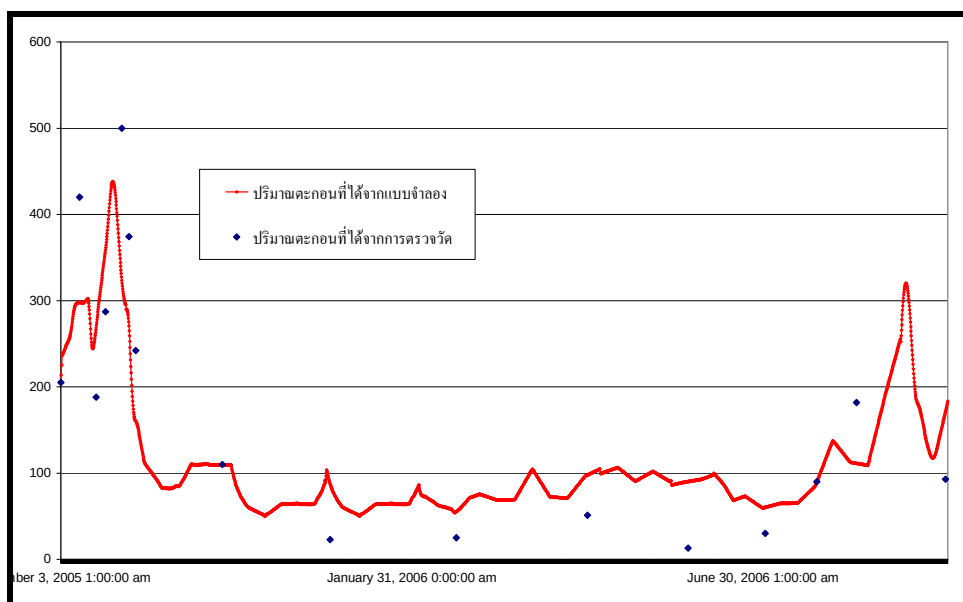
ช่วงเวลา	จุดสถานที่ทำการ ประเมิณสาร	วิธี Direct estimate (กิโลกรัมต่อวัน)	วิธี Conventional method (กิโลกรัมต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
16/07/2549 - 01/08/2549	P24A	8899	1725	80.62
02/08/2549 - 16/09/2549	P4A	24753	11066	55.29
	P21	9319	2686	71.18
	P5	77754	25416	67.31
	P71	28606	9577	66.52
	P24A	8907	1725	80.63
23/09/2549 - 06/10/2549	P4A	22763	7143	68.62
	P21	3371	3182	5.62
	P5	33694	18334	45.59
	P71	30573	10285	66.36
	P24A	8275	2790	66.28
07/10/2549 - 11/10/2549	P4A	18650	6268	66.39
	P21	2926	2419	17.34
	P5	29901	18447	38.31
	P71	34907	9182	73.70
	P24A	7249	2360	67.44
12/10/2549 - 03/11/2549	P4A	9049	6996	22.69
	P21	3599	2992	16.87
	P5	33328	7883	76.35
	P71	18712	9747	47.91
	P24A	5794	2686	53.64
04/11/2549 - 04/12/2549	P4A	6132	2185	64.36
	P21	2409	873	63.74
	P5	29020	1333	95.41
	P71	9429	2022	78.56
	P24A	3701	2433	34.26
05/12/2549 - 13/01/2550	P4A	6043	1410	76.67
	P21	2325	545	76.57
	P5	28643	1513	94.72
	P71	9250	1541	83.34
	P24A	2363	634	73.17
14/01/2550 - 09/02/2550	P4A	6100	842	86.19

ตารางที่ 42 (ต่อ)

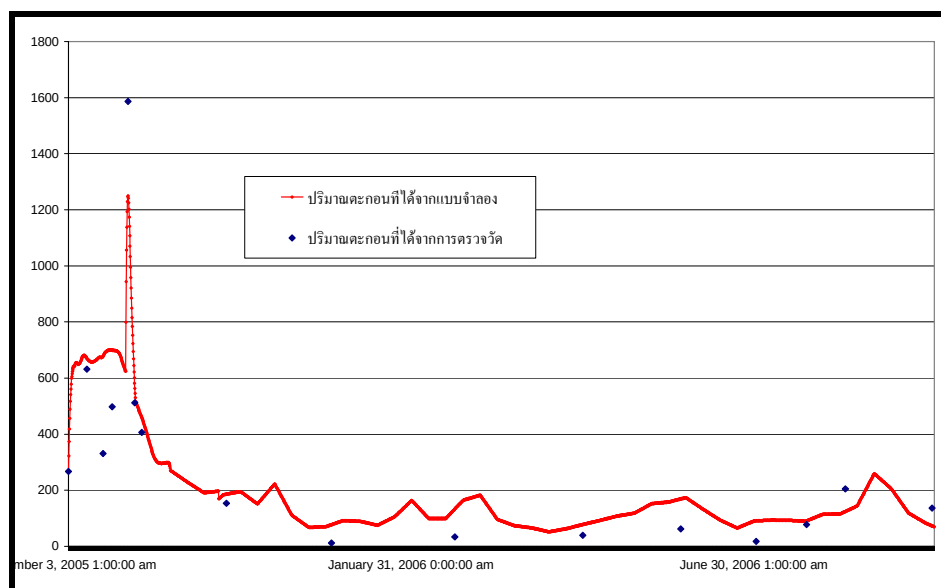
ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมินสาร	วิธี Direct estimate (กิโลกรัมต่อวัน)	วิธี Conventional method (กิโลกรัมต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
14/01/2550 - 09/02/2550	P21	2325	319	86.29
	P5	28187	6123	78.28
	P71	9182	1017	88.92
	P24A	2338	256	89.05
10/02/2550 - 03/03/2550	P4A	6043	1898	68.60
	P21	2327	312	86.61
	P5	28184	2302	91.83
	P71	9182	1014	88.96
	P24A	2338	1284	45.10
04/03/2550 - 04/04/2550	P4A	6180	1820	70.55
	P21	2368	899	62.02
	P5	28427	1131	96.02
	P71	9206	959	89.59
	P24A	2362	1160	50.91
05/04/2550 - 09/05/2550	P4A	7322	1524	79.19
	P21	2491	824	66.93
	P5	30723	6113	80.10
	P71	9862	4279	56.61
	P24A	2440	2429	0.43

สำหรับการประเมินค่า dispersion coefficient ซึ่งได้เลือกพิจารณาปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) ผลของค่า dispersion coefficient ที่ได้จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ จากผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองคือ 1) biotic solids production rate เท่ากับ 2.7 กรัม/ลบ.ม.-วัน และ 2) organic matter dissolution rate constant เท่ากับ 0.23 วัน⁻¹ โดยผลการเปรียบเทียบปริมาณ SS ที่ได้จากแบบจำลอง WASP และที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงของการสอบเทียบที่สถานี P.75, P.67, P.1 และ P.73 แสดงดังในภาพที่ 52, 53, 54 และ 55 ตามลำดับ และในช่วงของการตรวจพิสูจน์แสดงดังในภาพที่ 56, 57, 58 และ 59 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติทั้งสามคือค่า r, RMSE และ EI นั้น แสดงดังในตารางที่ 43 ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ค่า

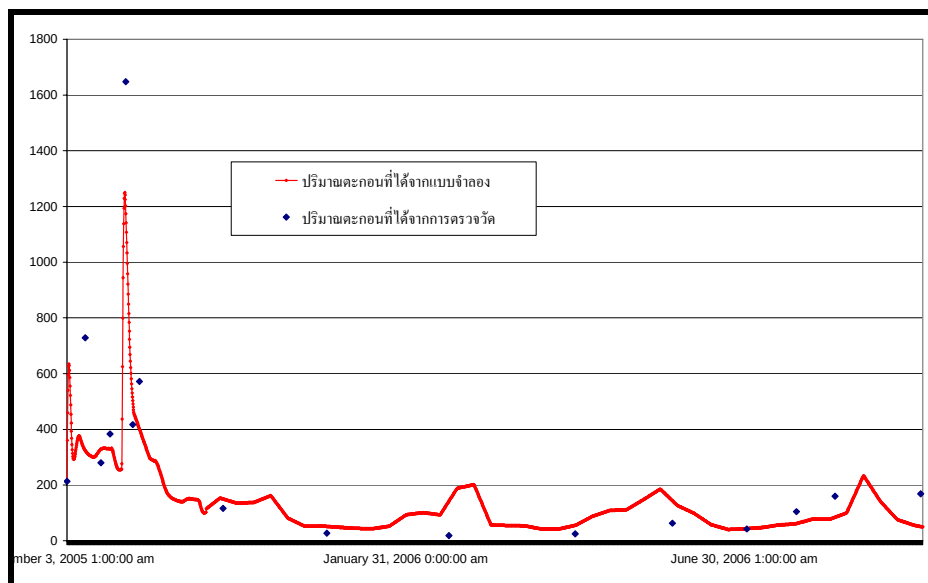
dispersion coefficient จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับการจำลองแบบด้านคุณภาพน้ำโดยแบบจำลอง WASP ต่อไปได้



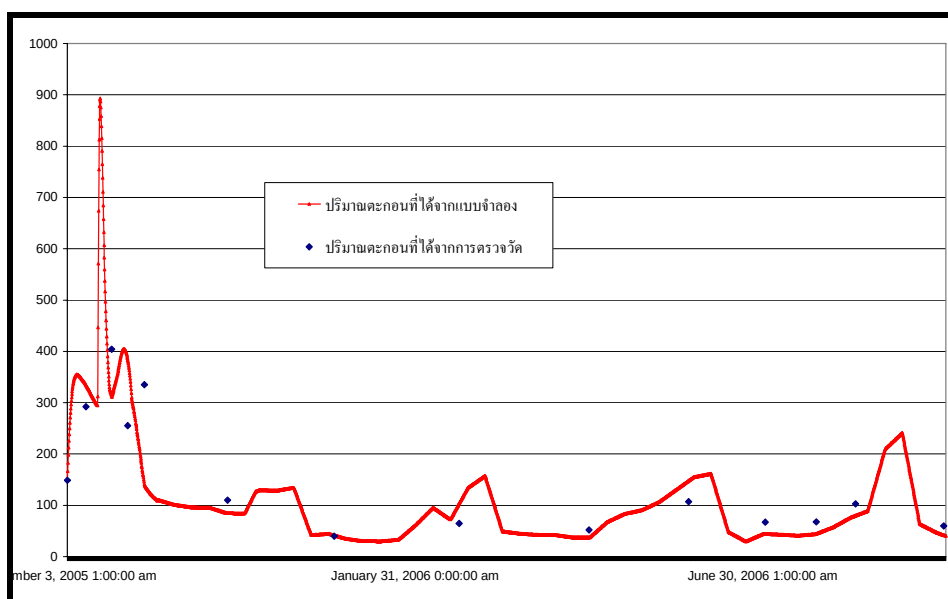
ภาพที่ 52 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ



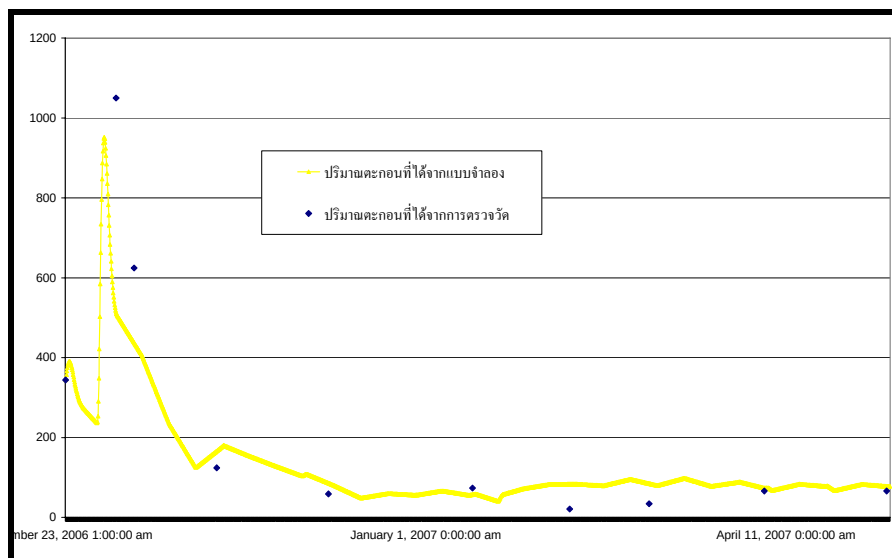
ภาพที่ 53 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ



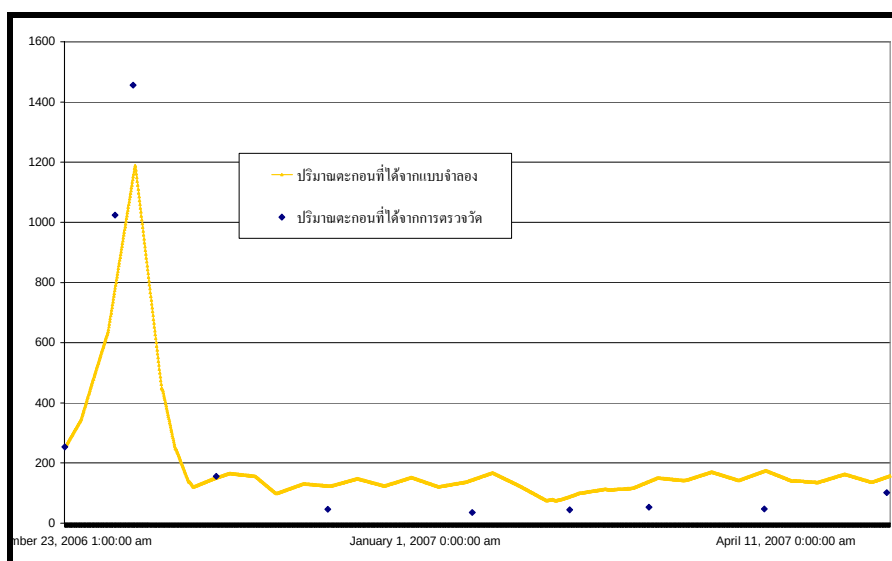
ภาพที่ 54 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ



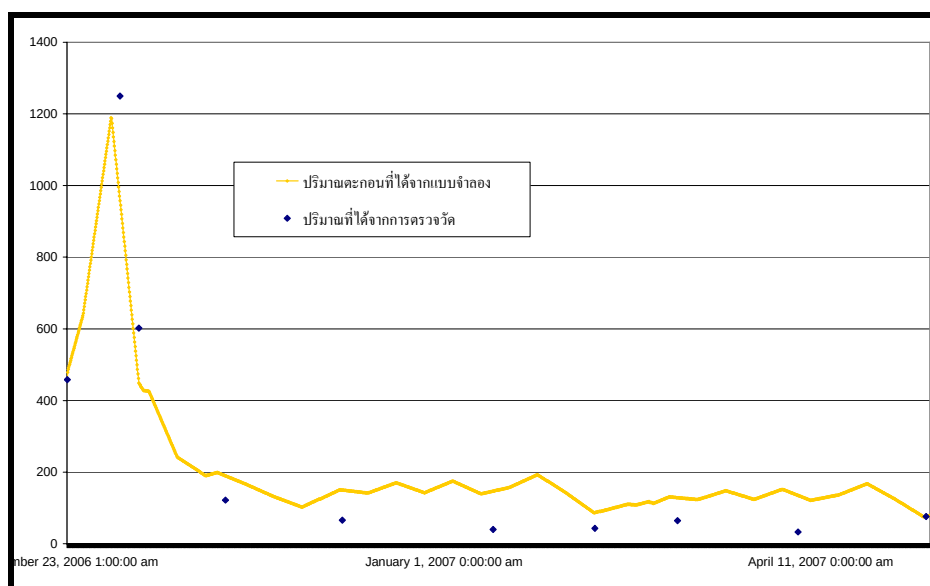
ภาพที่ 55 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ



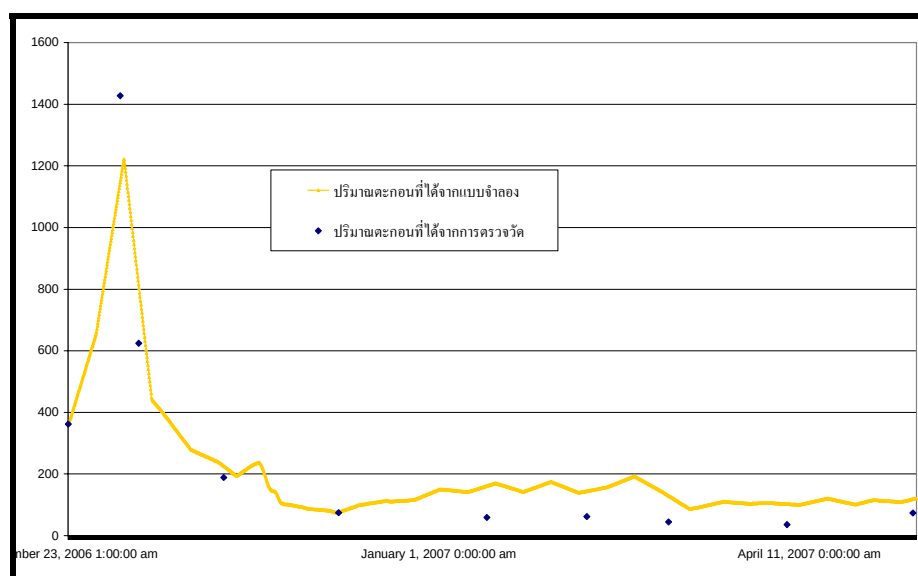
ภาพที่ 56 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 57 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 58 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 59 ผลการประเมินปริมาณ SS ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์

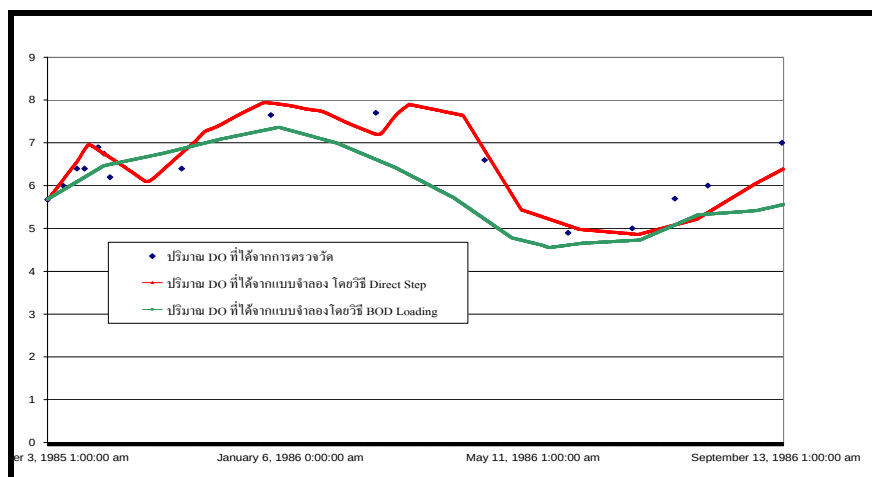
ตารางที่ 43 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ SSที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP

เหตุการณ์พิจารณา	สถานีวัดน้ำทำ	direct estimate		
		r	RMSE (มล.กรัม/ลิตร)	EI (%)
03/09/2548 ถึง 16/09/2549	P.75	0.870	32.628	71.294
	P.67	0.936	24.204	86.081
	P.1	0.950	22.297	81.428
	P.73	0.815	24.500	62.417
17/09/2549 ถึง 09/05/2550	P.75	0.891	23.396	61.870
	P.67	0.985	15.287	87.209
	P.1	0.950	11.148	89.479
	P.73	0.912	17.147	91.489

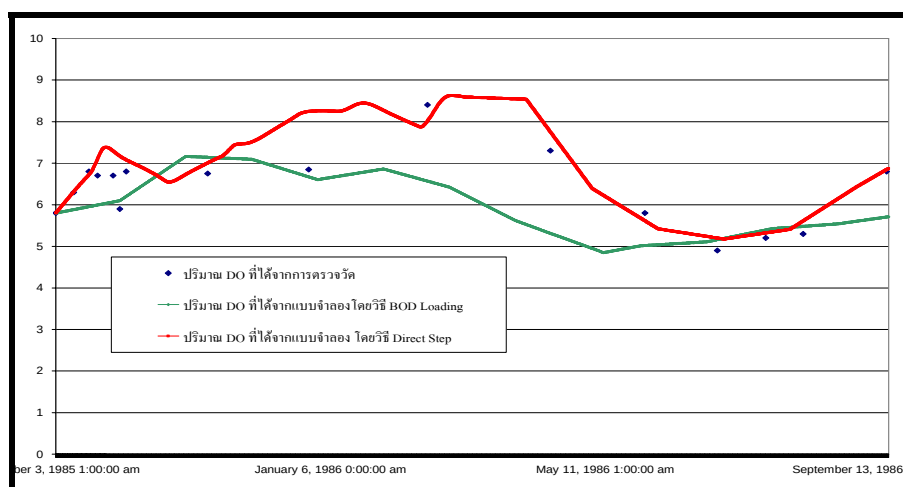
จากการวิเคราะห์ค่า dispersion coefficient ซึ่งพบว่ามีค่าระหว่าง 20-35 ตารางเมตรต่อวินาที มาใช้ประกอบในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่า BOD และ DO โดยแบบจำลอง WASP จากการดำเนินงานแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมนั้น พบว่า ค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่สำคัญที่มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD และ DO นั้น ประกอบด้วย 1) สัมประสิทธิ์การเติมอากาศใช้สมการของ O'Connor & Dubbins 2) Global Reaeration Rate Constant at 20 °C มีค่าเท่ากับ 1.2 วัน⁻¹ 3) Oxygen to Carbon Stoichiometric Ratio มีค่าเท่ากับ 2.67 mg O₂/mg C 4) BOD Decay Rate Constant at 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.18 วัน⁻¹ 5) Nitrification Rate Constant at 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.08 วัน⁻¹ 6) Denitrification Rate Constant at 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.06 วัน⁻¹ 7) Phytoplankton growth rate at 20 °C มีค่าเท่ากับ 1.5 วัน⁻¹ 8) Phytoplankton respiration rate at 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.15 วัน⁻¹ 9) Sediment Oxygen Demand at 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.3 วัน⁻¹

สำหรับผลการเปรียบเทียบปริมาณ DO ที่ได้จากแบบจำลอง WASP และที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงของการสอบเทียบที่สถานี P.75, P.67, P.1 และ P.73 ทั้งโดยวิธี direct estimate และ conventional method แสดงดังในภาพที่ 60, 61, 62 และ 63 ตามลำดับ และในช่วงของการตรวจ

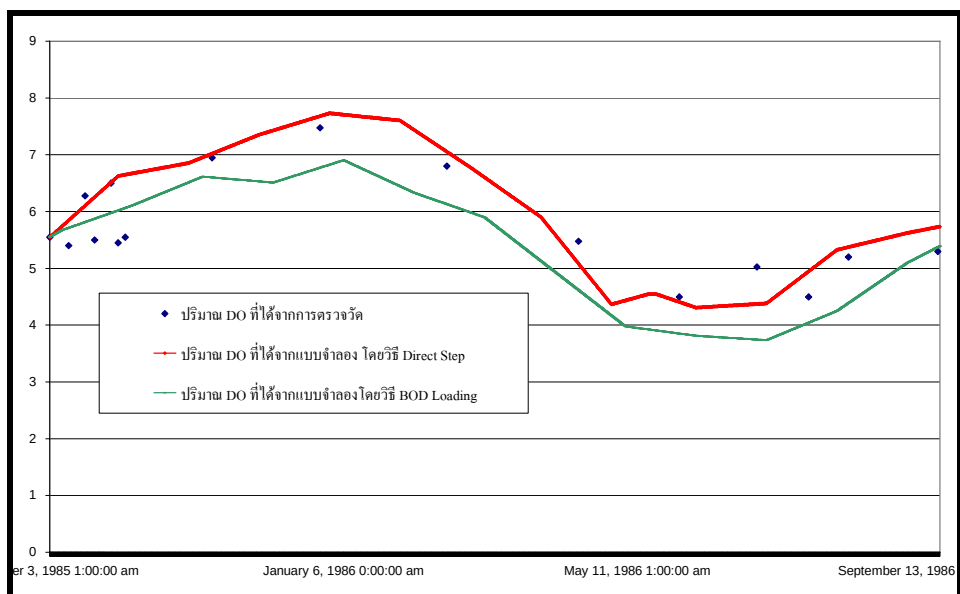
พิสูจน์แสดงดังในภาพที่ 68, 69, 70 และ 71 ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบในส่วนของปริมาณ BOD ในช่วงของการสอบเทียบที่สถานีดักลาสแสดงดังในภาพที่ 64, 65, 66 และ 67 ตามลำดับ และในช่วงของการตรวจพิสูจน์แสดงดังในภาพที่ 72, 73, 74 และ 75 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติทั้งสามคือค่า r , RMSE และ EI สำหรับในกรณีของปริมาณ BOD และ DO นั้นแสดงดังในตารางที่ 44 และ 45 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นแบบจำลองคุณภาพน้ำที่ผ่านการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แล้วมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของคุณภาพน้ำตามสมมุติฐานต่าง ๆ ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานแบบจำลองต่อไป



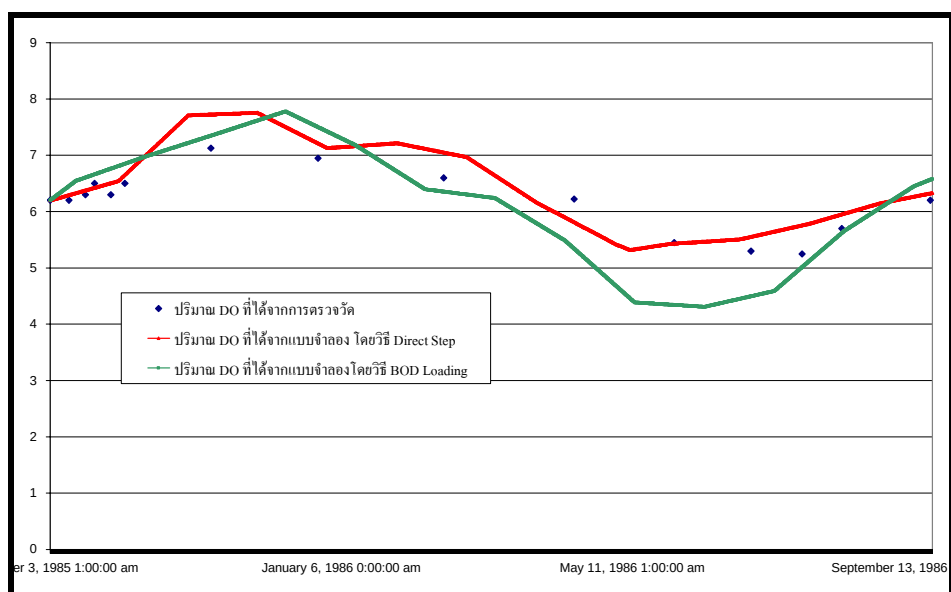
ภาพที่ 60 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ



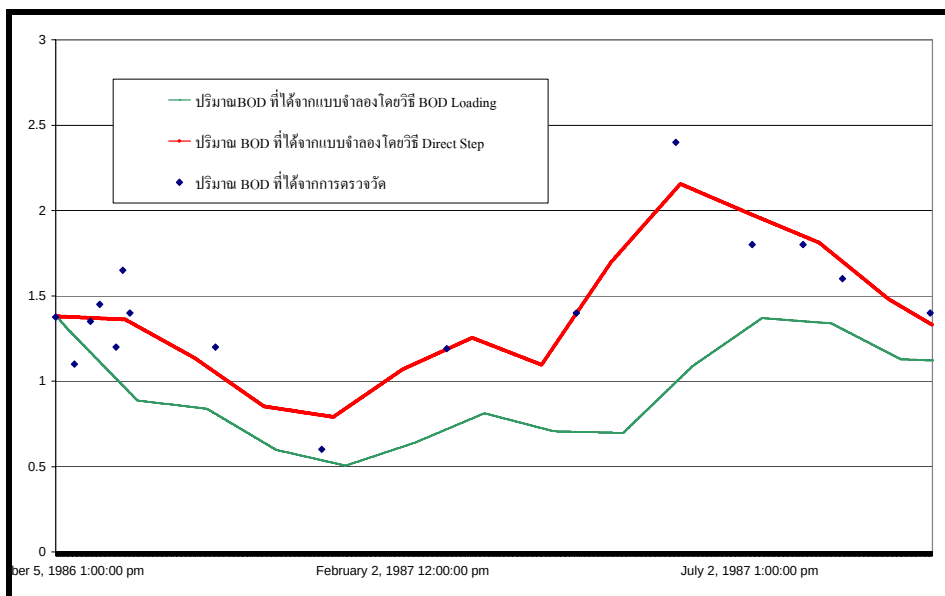
ภาพที่ 61 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ



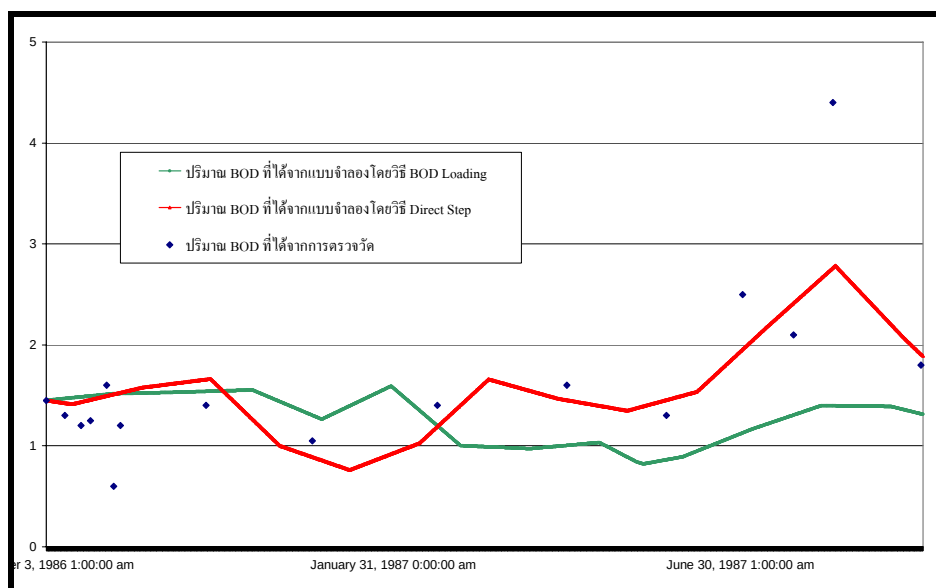
ภาพที่ 62 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ



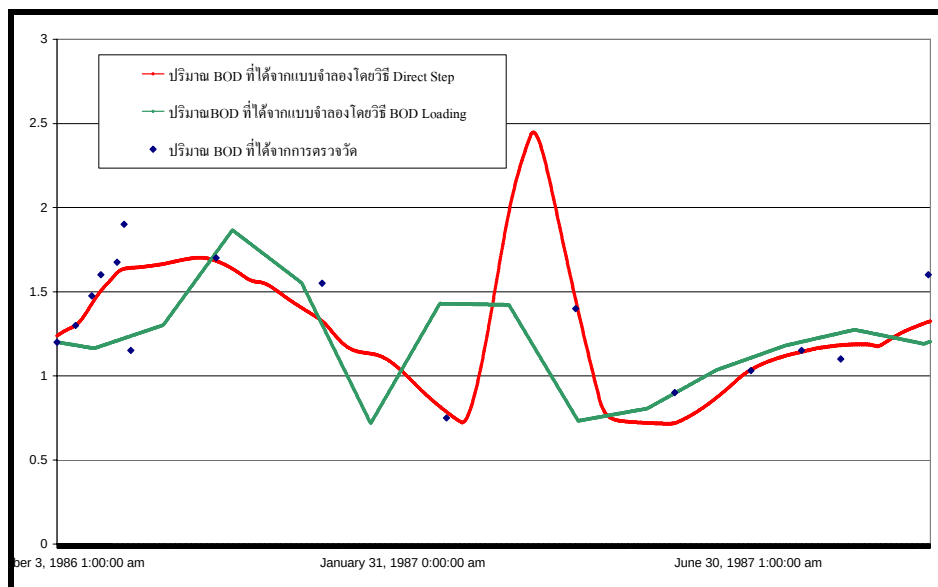
ภาพที่ 63 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ



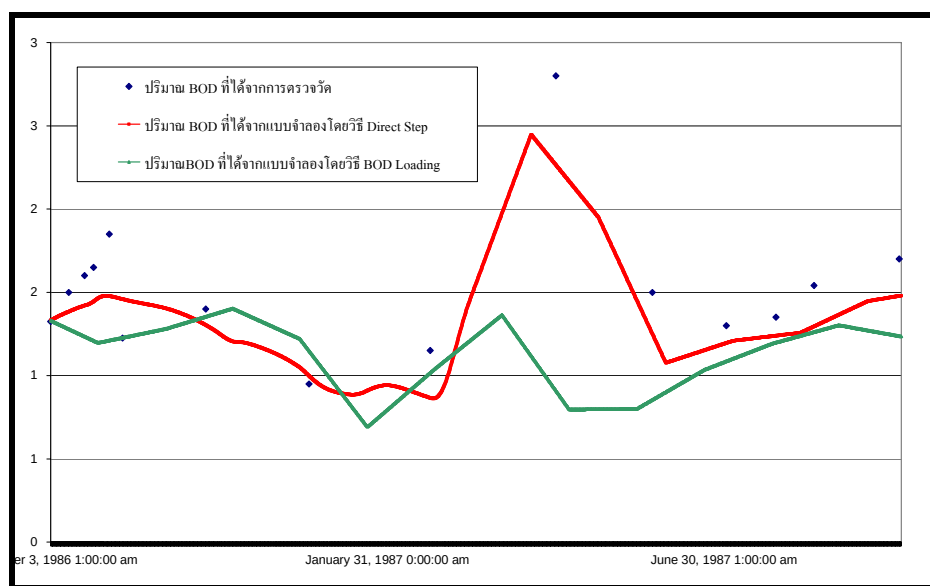
ภาพที่ 64 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการสอบเทียบ



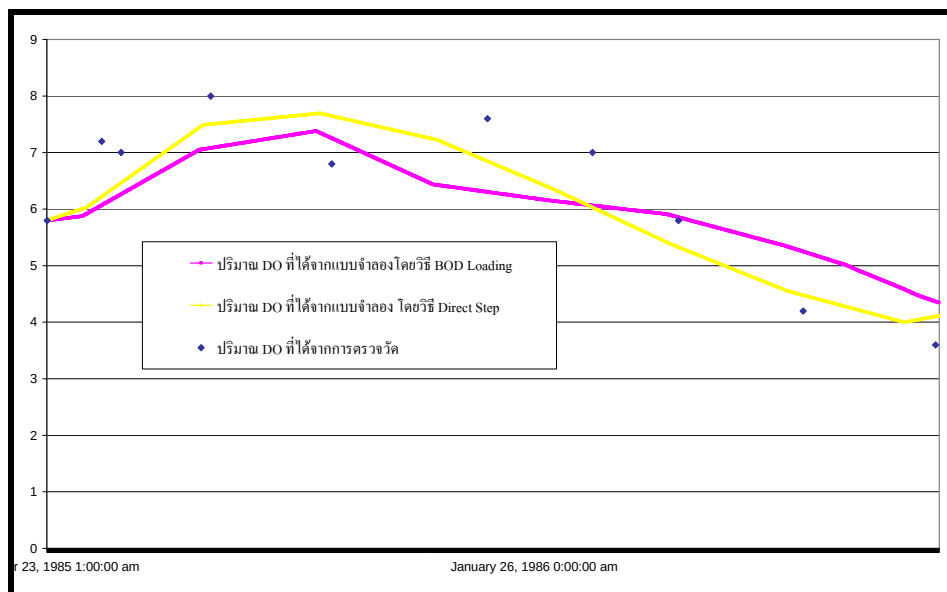
ภาพที่ 65 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการสอบเทียบ



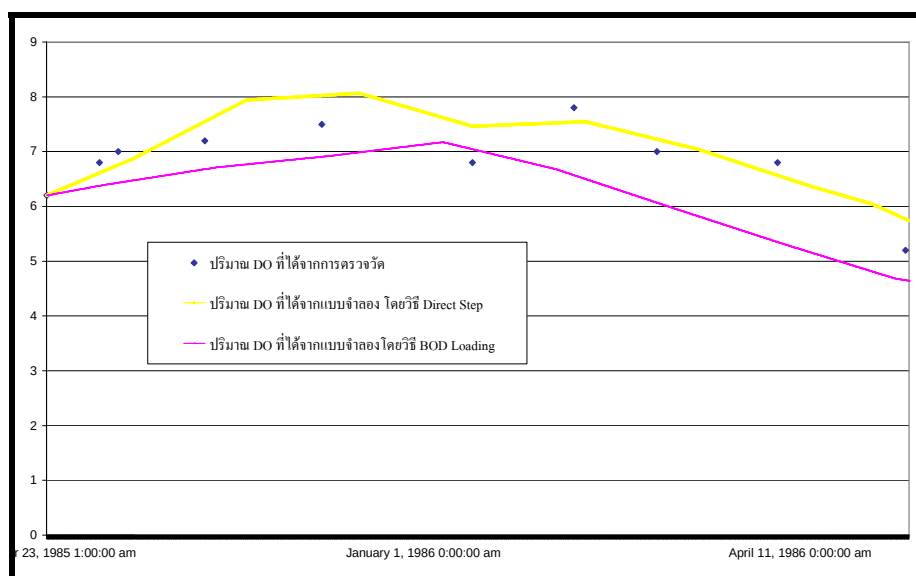
ภาพที่ 66 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการสอบเทียบ



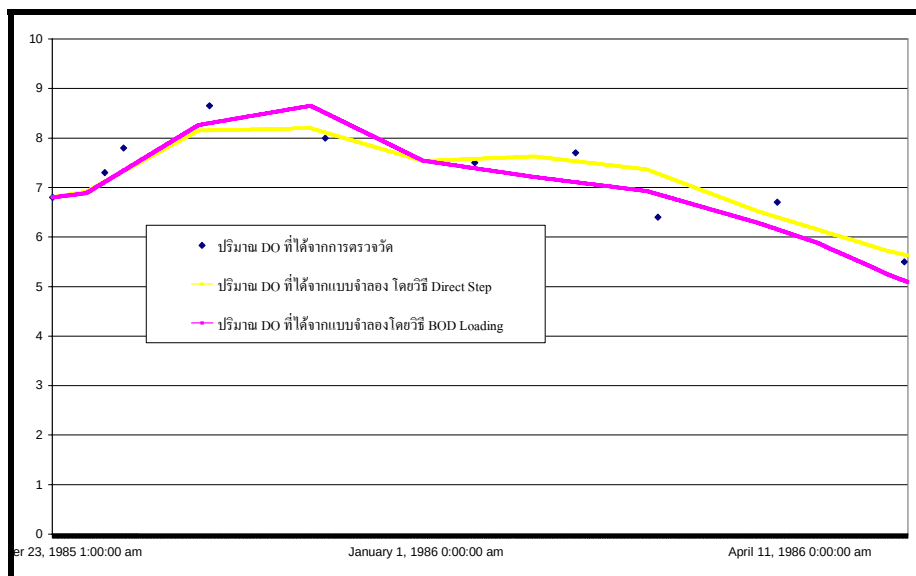
ภาพที่ 67 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการสอบเทียบ



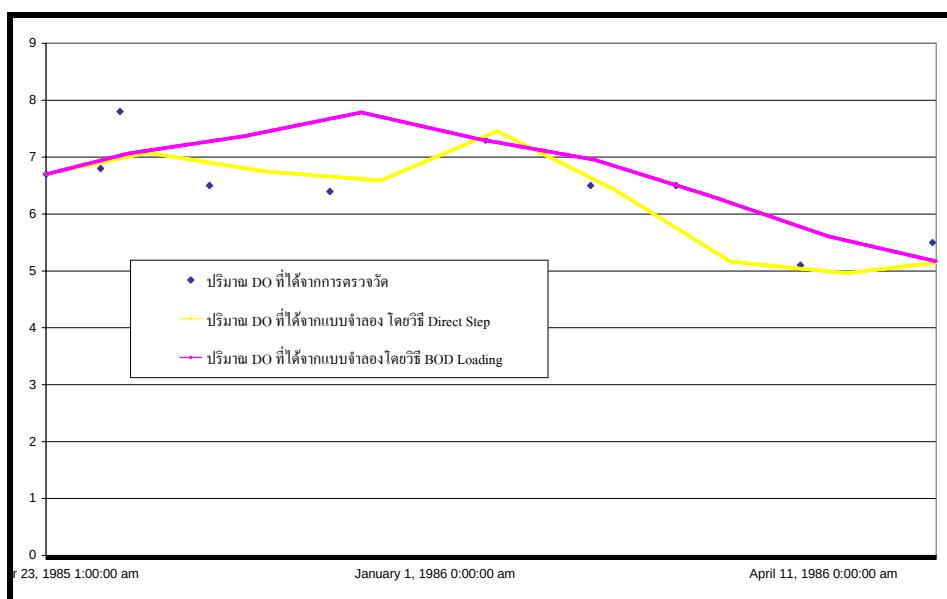
ภาพที่ 68 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



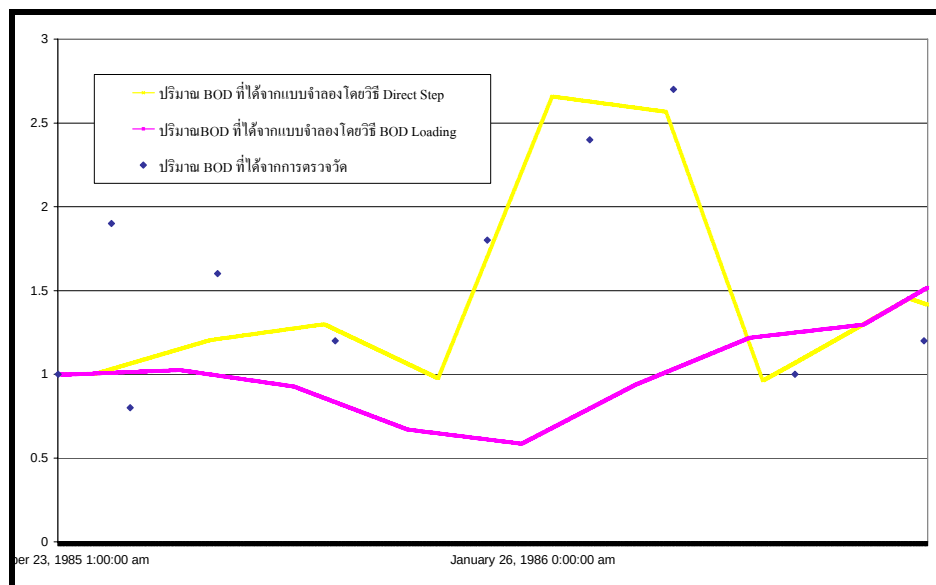
ภาพที่ 69 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



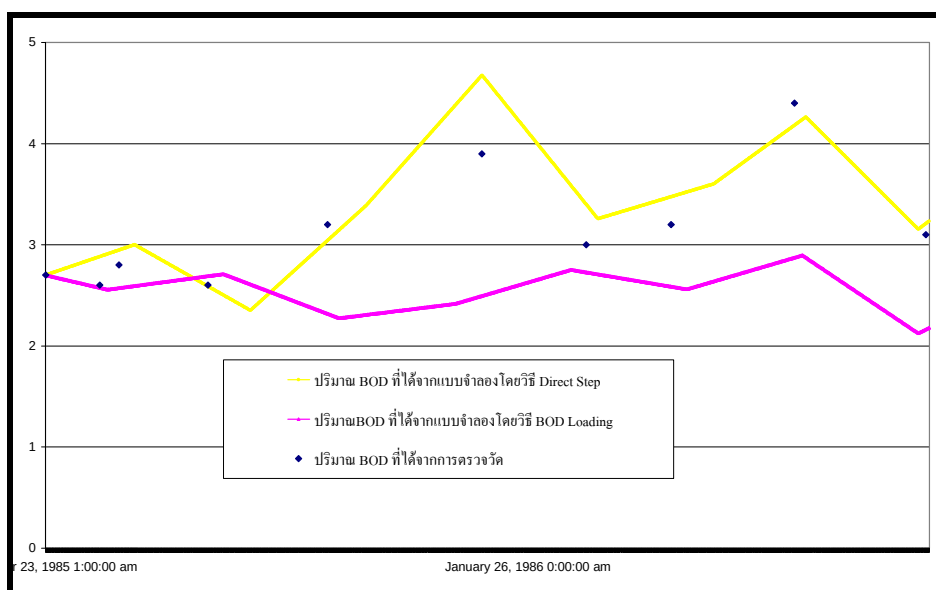
ภาพที่ 70 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



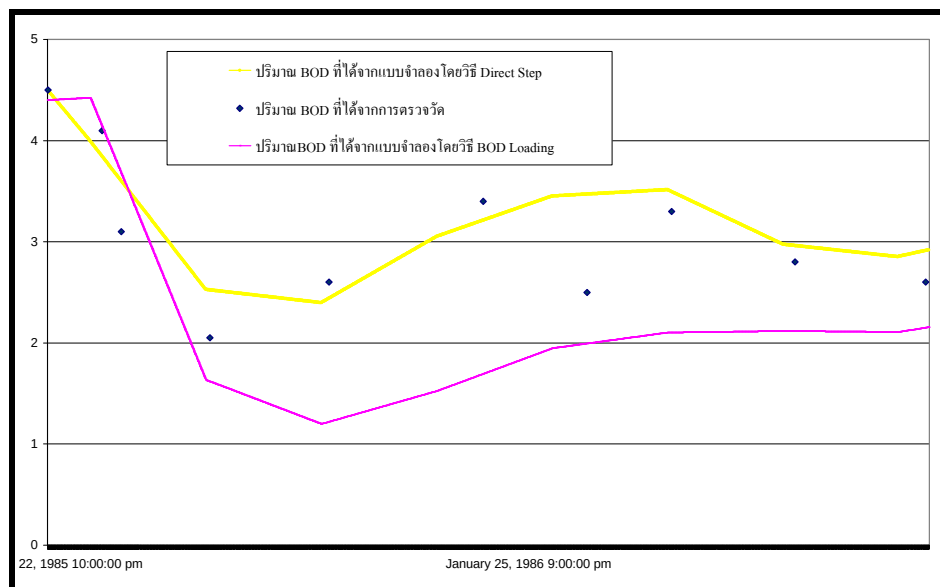
ภาพที่ 71 ผลการประเมินปริมาณ DO ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



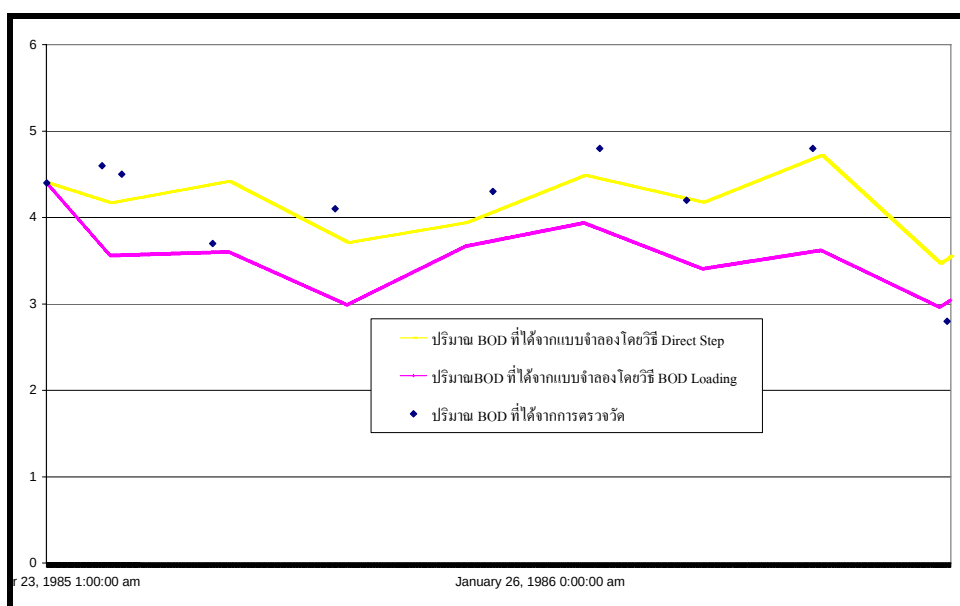
ภาพที่ 72 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 73 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 74 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1 ในช่วงการตรวจพิสูจน์



ภาพที่ 75 ผลการประเมินปริมาณ BOD ที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 ในช่วงการตรวจพิสูจน์

ตารางที่ 44 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ DO ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP

เหตุการณ์ พิจารณา	สถานี วัดน้ำท่า	direct estimate			conventional method		
		r	RMSE (มล.กรัม/ลิตร)	EI (%)	r	RMSE (มล.กรัม/ลิตร)	EI (%)
03/09/2548 ถึง 16/09/2549	P.75	0.898	0.137	77.022	0.774	0.444	25.497
	P.67	0.868	0.301	58.734	0.582	0.726	10.549
	P.1	0.873	0.261	61.454	0.833	0.367	45.777
	P.73	0.918	0.086	70.008	0.910	0.252	12.236
17/09/2549 ถึง 09/05/2550	P.75	0.903	0.429	77.226	0.861	0.714	62.077
	P.67	0.864	0.142	68.247	0.751	0.600	29.377
	P.1	0.900	0.144	80.488	0.916	0.164	77.717
	P.73	0.865	0.163	69.952	0.703	0.362	33.309

ตารางที่ 45 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ของ BOD ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP

เหตุการณ์ พิจารณา	สถานี วัดน้ำท่า	direct estimate			conventional method		
		r	RMSE (มล.กรัม/ลิตร)	EI (%)	r	RMSE (มล.กรัม/ลิตร)	EI (%)
03/09/2548 ถึง 16/09/2549	P.75	0.931	0.024	83.148	0.451	0.270	90.857
	P.67	0.836	0.269	60.649	0.124	0.847	23.733
	P.1	0.889	0.021	77.145	0.208	0.132	39.940
	P.73	0.924	0.057	66.505	0.325	0.346	108.93
17/09/2549 ถึง 09/05/2550	P.75	0.840	0.116	68.096	0.356	0.827	126.987
	P.67	0.898	0.102	66.881	0.165	0.646	109.562
	P.1	0.865	0.171	66.804	0.801	0.770	49.772
	P.73	0.748	0.155	52.163	0.578	0.605	86.948

4. การศึกษาความไว (sensitivity study) ของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WASP ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบน

การศึกษาความไว (sensitivity study) ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WASP มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ที่สำคัญของแบบจำลอง WASP ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะของปริมาณ DO และ BOD เมื่อทราบถึงแนวโน้มของอิทธิพลของพารามิเตอร์แต่ละตัวที่มีต่อปริมาณ DO และ BOD จะทำให้เกิดความเข้าใจการดำเนินงานของแบบจำลอง WASP ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP กับสถานีวิจัยคุณภาพน้ำอื่น ๆ รวมทั้งสำหรับแม่น้ำอื่น ๆ ได้โดยง่ายต่อไป

ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP เพื่อการประเมินปริมาณ DO และ BOD ที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ในแม่น้ำปิงตอนบนพบว่า มีพารามิเตอร์ที่สำคัญจำนวน 6 พารามิเตอร์ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ประกอบด้วย

1) Global reaeration rate constant at 20 °C (k_2)

2) Oxygen to carbon stoichiometric ratio (a_{OC})

3) Decay rate constant at 20 °C (k_d)

4) Nitrification rate constant at 20 °C (k_{I2})

5) Phytoplankton growth rate at 20 °C (G_{P1})

6) Phytoplankton respiration rate at 20 °C (k_{IR})

7) Dispersion Coefficient (k_{ds})

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASP กับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วงที่สรุปไว้ในตารางที่ 46 นอกจากนั้นแล้ว ในตารางดังกล่าวได้สรุปค่าของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มีการแนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานแบบจำลอง WASP (USEPA, 2005) อย่างไรก็ตาม ค่าที่แนะนำไว้ในแบบจำลองเป็นแต่เพียงคำแนะนำเบื้องต้นเท่านั้นและสามารถใช้ค่าที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ได้ โดยต้องมีค่าอยู่ในขีดจำกัดในการใช้งานแบบจำลอง WASP ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 46

ตารางที่ 46 ช่วงของค่าสำหรับแต่ละพารามิเตอร์ที่มีการศึกษากับแม่น้ำปิงตอนบนและคู่มือการใช้งาน เปรียบเทียบกับขีดจำกัดในการใช้งานแบบจำลอง

ที่มาของพารามิเตอร์	k_2 (วัน ⁻¹)	a_{OC} (มล.กรัม O ₂ /มล.กรัม C)	k_d (วัน ⁻¹)	k_{12} (วัน ⁻¹)	G_{P1} (วัน ⁻¹)	k_{LR} (วัน ⁻¹)	k_{ds} (ตร.ม./วินาที)
แม่น้ำปิงตอนบน	2	2.67	0.5	0.08	1.5	0.15	20-35
คู่มือการใช้งาน	1.028	2.67	0.16-0.21	0.09-0.13	0.1-2.5	0.125	20-50
ขีดจำกัดในการใช้งานแบบจำลอง	0 – 10	0 – 2.67	0 – 5.6	0 – 10	0 – 3	0 – 0.5	-

การศึกษาความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD กระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ครั้งละ 1 พารามิเตอร์ ในขณะที่ค่าของพารามิเตอร์ตัวอื่นให้คงค่าไว้เหมือนเดิม หลังจากนั้นให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่กำลังพิจารณาว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD อย่างไร โดยทำการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ค่าของพารามิเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไป กับกรณีที่พารามิเตอร์มีค่าเท่ากับค่าใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองไว้

ในการศึกษาความไวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WASP ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD นั้น ได้พิจารณาเลือกสถานีวัดน้ำท่า P.1 ซึ่งตั้งอยู่ในแม่น้ำปิงตอนบนบริเวณสะพานนวรัฐ ในตัวเมืองเชียงใหม่ และมีพื้นที่รับน้ำฝน 6,355 ตารางกิโลเมตร โดยในการศึกษานั้นได้เลือกเหตุการณ์ในระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 โดยในช่วงเวลาดังกล่าวได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP จนได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองแล้ว โดยค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวที่เลือกใช้สรุปได้ในตารางที่ 47 หลังจากที่ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเหตุการณ์ดังกล่าวแล้ว จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น จากนั้นจึงทำการสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ตารางที่ 47 ค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง WASP ที่เหมาะสมสำหรับเหตุการณ์ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ที่สถานีวัดน้ำท่า P.1

พารามิเตอร์ของ แบบจำลอง	k_2 (วัน ⁻¹)	a_{oc} (มล.กรัม O ₂ / มล.กรัม C)	k_d (วัน ⁻¹)	k_{12} (วัน ⁻¹)	G_{p1} (วัน ⁻¹)	k_{1R} (วัน ⁻¹)	k_{ds} (ตร.ม./ วินาที)
ค่าที่เลือกใช้ในการ สอบเทียบและตรวจ พิสูจน์แบบจำลอง	2	2.67	0.5	0.08	1.5	0.15	20-35

4.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

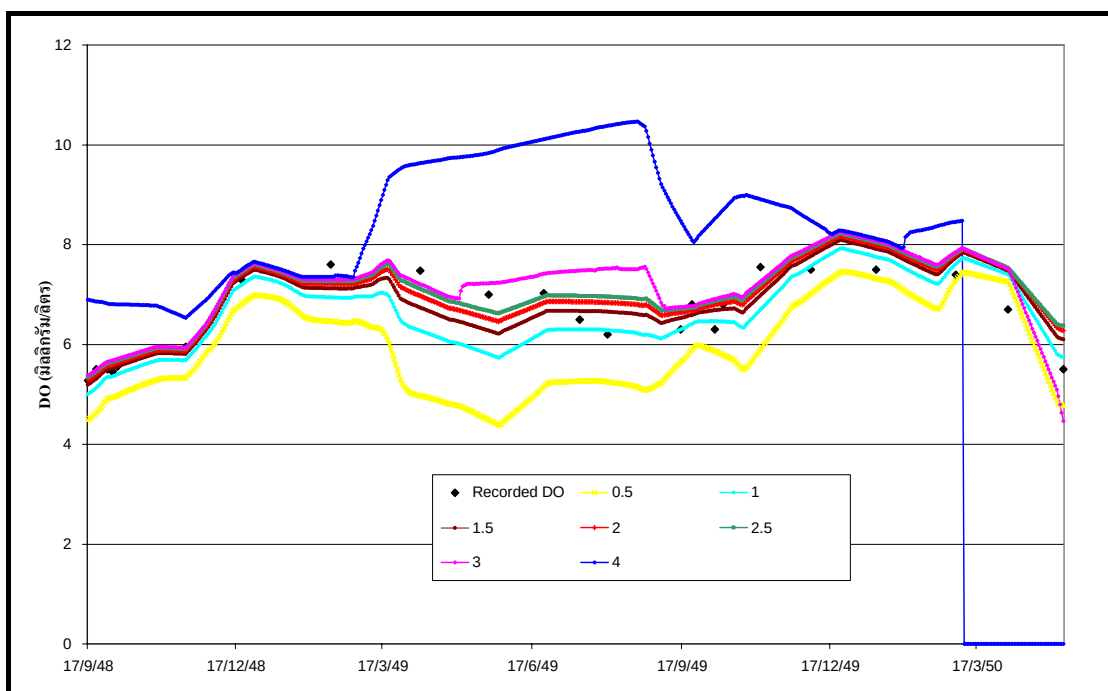
พารามิเตอร์ k_2 ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศของลำน้ำ โดยที่การเติมอากาศนั้น จะขึ้นอยู่กับความลึกของระดับน้ำ ความเร็วในการไหลของน้ำ และความเร็วลม โดยที่ปริมาณออกซิเจนในลำน้ำและอากาศสามารถแลกเปลี่ยนกันได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในลำน้ำและอากาศ จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ k_2 คือ 2 วัน⁻¹ ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในกลุ่มการใช้แบบจำลอง WASP นั้น มีค่า 1.028 วัน⁻¹ ดังนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน⁻¹ ผลการศึกษาพบว่า ค่า k_2 มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า k_2 จะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มมากขึ้น และเมื่อลดค่า k_2 จะทำให้ปริมาณ DO ลดลงด้วย และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจได้แสดง เปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ k_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน⁻¹ กับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน⁻¹ ดังแสดงในตารางที่

48 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า k_2 เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 4 วัน⁻¹ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ -14.92, -5.25, -1.78, 0, 1.04, 2.33 และ 9.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า k_2 มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ค่อนข้างมาก โดย k_2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกันซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ k_2 เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 76 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า k_2 ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไป อย่างไรก็ตาม เมื่อค่า k_2 เท่ากับ 4 วัน⁻¹ พบว่า เกิดการแกว่งของปริมาณ DO กล่าวคือ ปริมาณ DO เกิดความไม่มีเสถียรภาพ

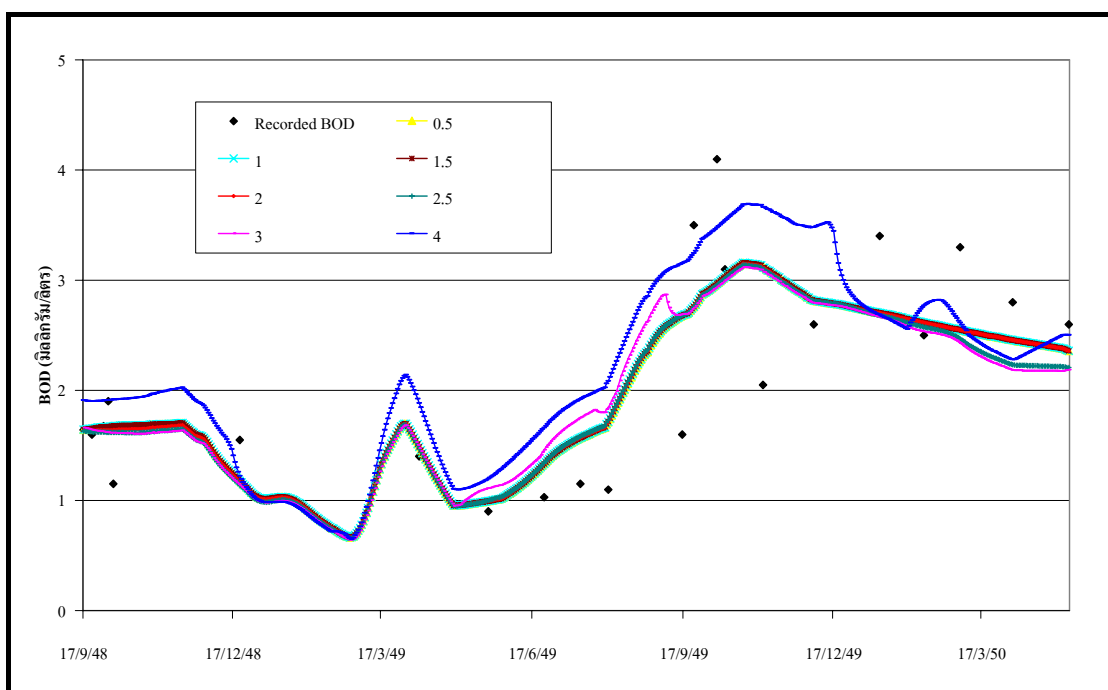
สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า k_2 เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 4 วัน⁻¹ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ 0.21, 0.25, 0.27, 0, -0.61, -1.56 และ -12.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 48 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่า k_2 มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ไม่มากนัก ยกเว้นในกรณีที่ k_2 เท่ากับ 4 วัน⁻¹ โดย k_2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD แบบเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกันซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นแล้ว ได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ k_2 เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน⁻¹ ดังในภาพที่ 77 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า k_2 ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแบบตาม ๆ กันไป โดยไม่มีการแกว่งของปริมาณ BOD เหมือนกับที่เกิดขึ้นกับปริมาณ DO

ตารางที่ 48 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 4 วัน⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน⁻¹

ค่า k_2	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	-14.92	- 5.25	- 1.78	0	1.04	2.33	9.05
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	0.21	0.25	0.27	0	- 0.61	- 1.56	- 12.58



ภาพที่ 76 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน⁻¹



ภาพที่ 77 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_2 ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_2 เท่ากับ 2 วัน⁻¹

4.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า a_{OC} ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

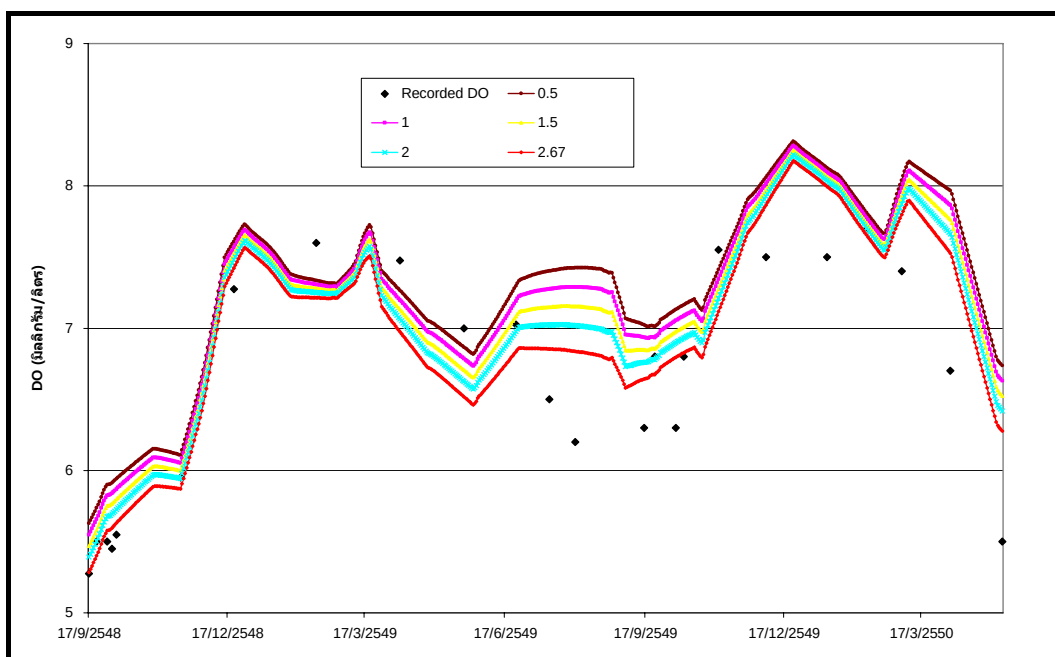
พารามิเตอร์ a_{OC} ในแบบจำลอง WASP หมายถึง พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนระหว่างปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนในลำน้ำ ซึ่งในกรณีที่ a_{OC} มีค่ามาก หมายความว่า มีอัตราการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับปริมาณคาร์บอนในลำน้ำ ในทางกลับกันเมื่อค่า a_{OC} มีค่าน้อย หมายความว่า มีการใช้ปริมาณออกซิเจนลดลงสำหรับปริมาณคาร์บอนในลำน้ำ โดยสารประกอบจำพวกคาร์บอนส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว โดยสารประกอบคาร์บอนเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยเห็ด รา หรือแบคทีเรีย ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ a_{OC} คือ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้แบบจำลอง WASP จากนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า O_2 ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C ผลการศึกษาพบว่า ค่า a_{OC} มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า a_{OC} จะทำให้ปริมาณ DO ลดลง และเมื่อลดค่า a_{OC} จะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มขึ้น และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ a_{OC} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C กับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C ดังแสดงในตารางที่ 49 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า a_{OC} เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ 4.28, 3.29, 2.31, 1.32 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า a_{OC} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ไม่มากนัก โดย a_{OC} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO แบบเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกัน ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ a_{OC} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C ดังแสดงในภาพที่ 78 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า a_{OC} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไปจนเกือบเป็นเส้นขนานกันในแต่ละกรณี

สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า a_{OC} เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ -76.29, -58.67, -41.12, -25.54 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 49 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุป

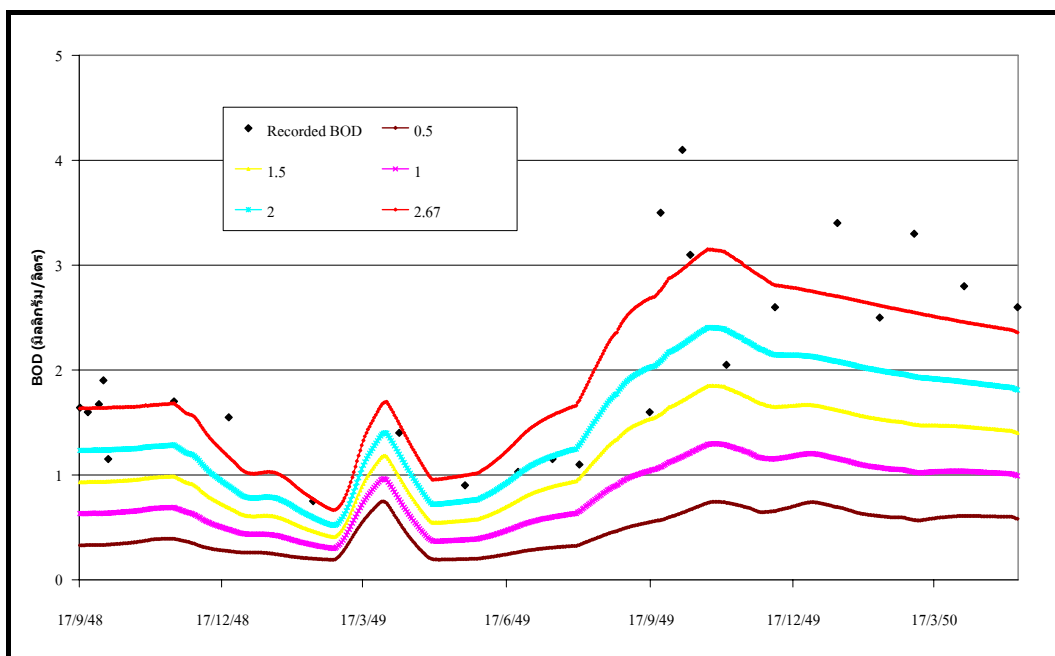
ได้ว่า ค่า a_{OC} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก โดย a_{OC} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกันซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎี เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นแล้ว ได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ a_{OC} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C ดังในภาพที่ 80 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า a_{OC} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงที่มากแบบตาม ๆ กันไปจนเกือบเป็นเส้นขนานกันในแต่ละกรณีเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นกับกรณีของ DO

ตารางที่ 49 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ a_{OC} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C

ค่า a_{OC}	0.5	1	1.5	2	2.67
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	4.28	3.29	2.31	1.32	0
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	-76.29	-58.67	-41.12	-25.54	0



ภาพที่ 78 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า a_{OC} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O₂/ มล.กรัม C



ภาพที่ 79 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า a_{OC} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ a_{OC} เท่ากับ 2.67 มล.กรัม O₂/ มล.กรัม C

4.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

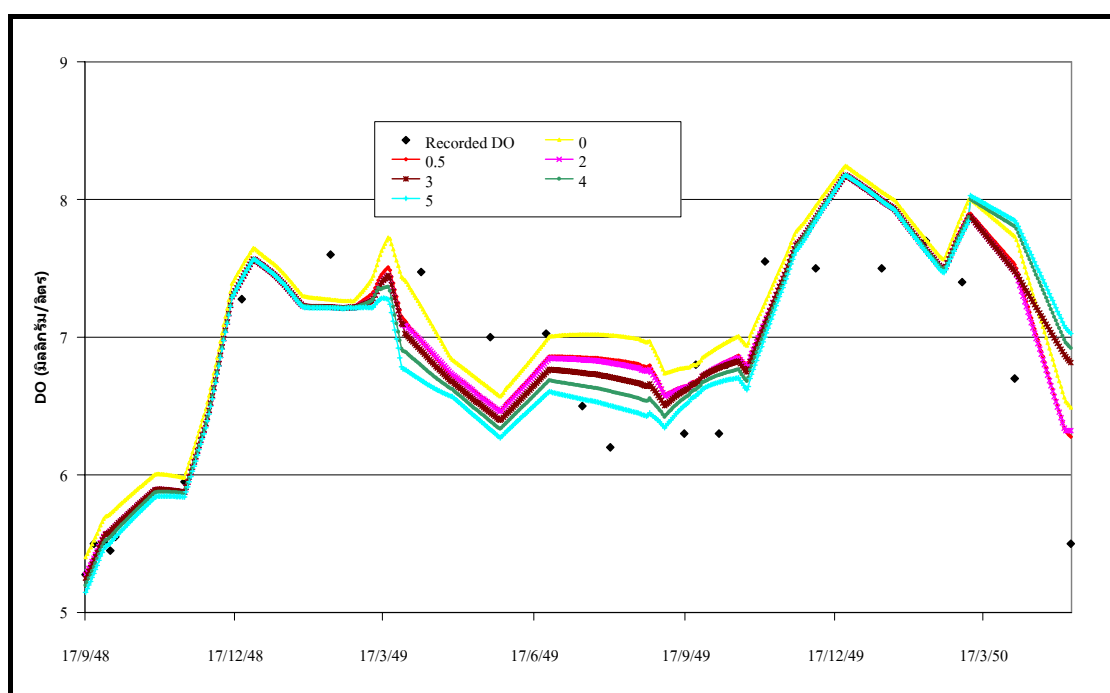
พารามิเตอร์ k_d ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายปริมาณ BOD ในลำน้ำ เมื่อสิ่งมีชีวิต อาทิเช่น พืชน้ำ สาหร่าย และแพลงก์ตอน ได้ตายลงจะเกิดการย่อยสลายโดยตัวย่อยสลาย อาทิเช่น เห็ด รา และแบคทีเรีย ในลำน้ำ โดยตัวย่อยสลายเหล่านี้จะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ k_d คือ 0.5 วัน^{-1} ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้แบบจำลอง WASP มีค่าระหว่าง 0.16 ถึง 0.21 วัน^{-1} ดังนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 5 วัน^{-1} ผลการศึกษา พบว่า ค่า k_d มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า k_d จะทำให้ปริมาณ DO ลดลง และเมื่อลดค่า k_d จะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มขึ้น และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปรอ์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ k_d มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 วัน^{-1} กับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 50 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า k_d เท่ากับ $0, 0.5, 2, 3, 4$ และ 5 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ $24.98, 0, -13.26, -20.89, -21.36$ และ -29.22 เปรอ์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า k_d มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO มาก โดย k_d มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO แบบเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกัน ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ k_d เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 5 วัน^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 80 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า k_d ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไป อย่างไรก็ตาม บางช่วงของของค่า k_d ต่าง ๆ นั้น มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก

สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า k_d เท่ากับ $0, 0.5, 2, 3, 4$ และ 5 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ $-0.18, 0, 0.14, 0.24, 0.42$ และ 0.91 เปรอ์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 50 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่า k_d มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD น้อยมาก อย่างไรก็ตาม ค่า k_d ก็นับว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกันซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นแล้ว ได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ k_d เปลี่ยนแปลงในช่วง

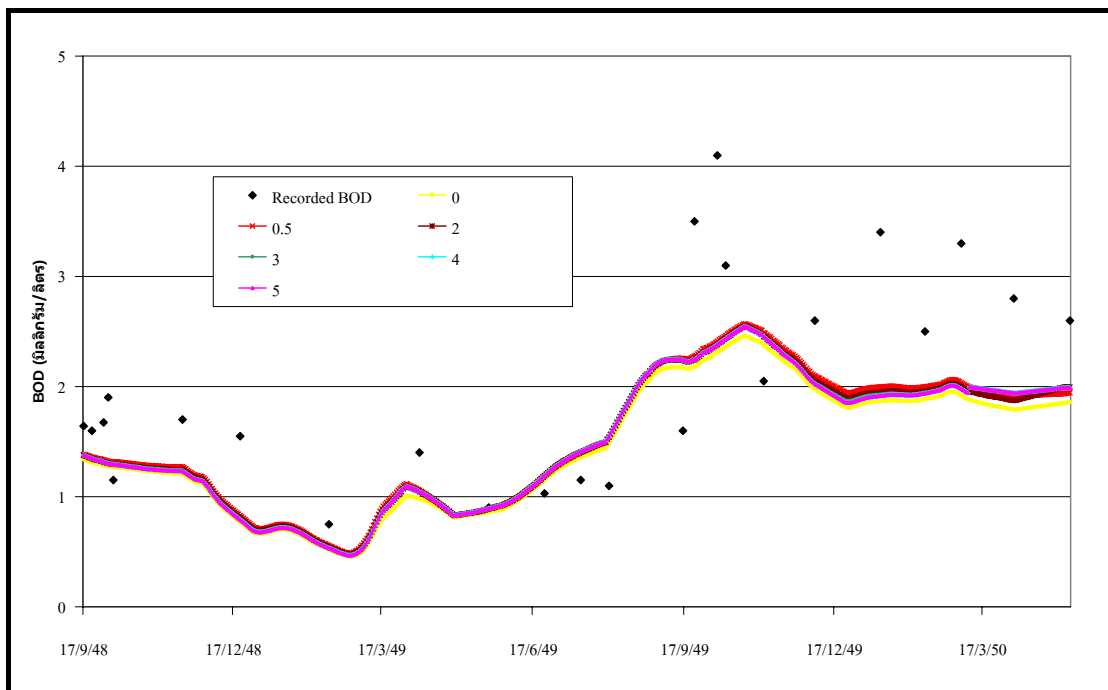
ระหว่าง 0 ถึง 5 วัน⁻¹ ดังในภาพที่ 81 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า k_d ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก

ตารางที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_d มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 วัน⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน⁻¹

ค่า k_d	0	0.5	2	3	4	5
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	24.98	0	- 13.26	- 20.89	- 21.36	- 29.22
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	- 0.18	0	0.14	0.24	0.42	0.91



ภาพที่ 80 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน⁻¹



ภาพที่ 81 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_d ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_d เท่ากับ 0.5 วัน^{-1}

4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

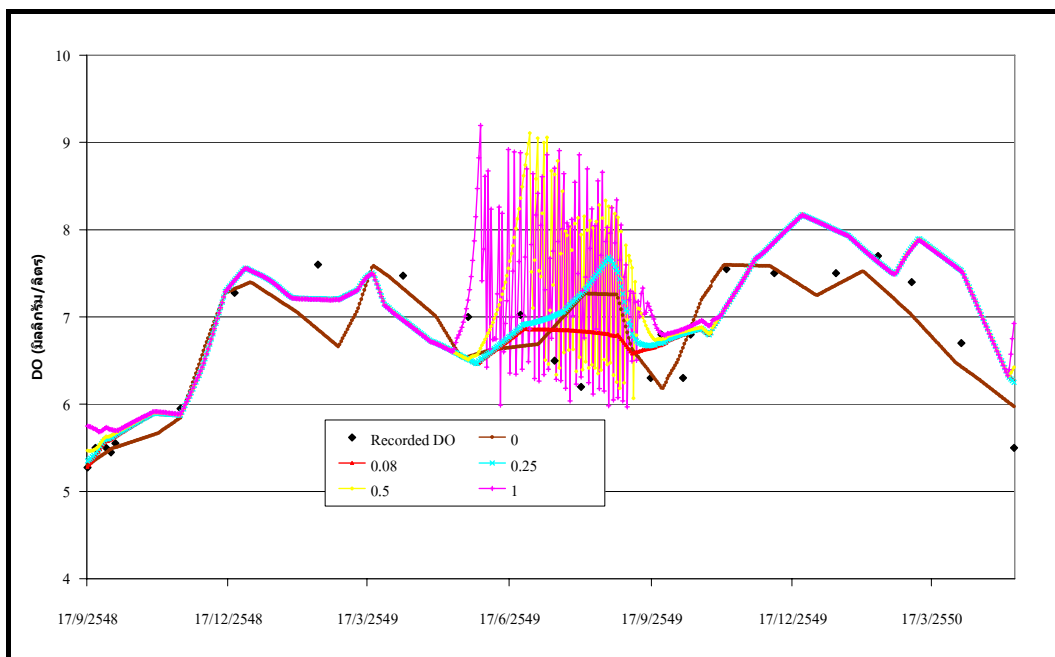
พารามิเตอร์ k_{12} ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของกระบวนการ nitrification ในน้ำ โดยปฏิกิริยา nitrification เป็นกระบวนการที่ใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา โดยมีแบคทีเรียที่สำคัญสองชนิด คือ *Nitrosomonas* ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ และ *Nitrobacter* ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ k_{12} คือ 0.08 วัน^{-1} ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้แบบจำลอง WASP มีค่าระหว่าง 0.09 ถึง 0.13 วัน^{-1} ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 วัน^{-1} ผลการศึกษา พบว่า ค่า k_{12} มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า k_{12} จะทำให้ปริมาณ DO ลดลงในช่วงแรกและช่วงสุดท้ายที่ทำการศึกษา แต่จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในช่วงกลาง และเมื่อเพิ่มค่า k_{12} จนถึง 1 วัน^{-1} แล้วจะทำให้กราฟเกิดการแกว่งกล่าวคือเกิดความไม่เสถียรภาพในปริมาณ DO ขึ้น และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ k_{12} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 วัน^{-1} กับกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 51 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า k_{12} เท่ากับ $0, 0.08, 0.25, 0.5$ และ 1 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ $2.39, 0, -0.72, -1.87$ และ -2.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า

ค่า k_{12} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ไม่มากนัก โดย k_{12} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO แบบเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกัน ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ k_{12} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 82 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า k_{12} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น และเมื่อ k_{12} มีค่าเท่ากับ 0.5 และ 1 วัน⁻¹ จะทำให้กราฟเกิดการแกว่งอย่างมาก ดังนั้น จึงแนะนำให้ใช้ค่า k_{12} อยู่ในช่วงที่ไม่ต่างจากที่แบบจำลองเสนอแนะไว้มากนัก คือ k_{12} ระหว่าง 0.09-0.13 วัน⁻¹

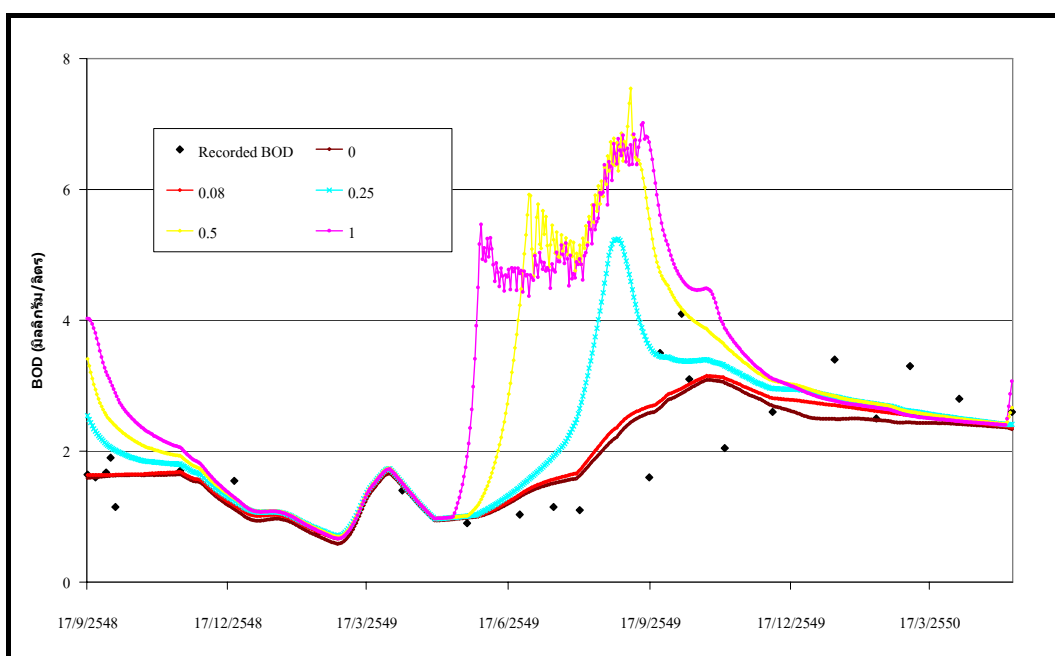
สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า k_{12} เท่ากับ 0, 0.08, 0.25, 0.5 และ 1 วัน⁻¹ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ -3.76, 0, 14.88, 42.03 และ 52.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 51 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่า k_{12} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก โดย k_{12} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD เป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกันซึ่ง ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ k_{12} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 83 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า k_{12} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไป อย่างไรก็ตาม เมื่อค่า k_{12} เท่ากับ 0.25, 0.5 และ 1.0 วัน⁻¹ พบว่าเกิดการกระโดดของค่า BOD ในช่วงกลางของเหตุการณ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.5 และ 1.0 วัน⁻¹ นั้น พบว่าเกิดการแกว่งของปริมาณ BOD อย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงกลางของเหตุการณ์ ดังนั้น จึงแนะนำให้ใช้ค่า k_{12} ให้อยู่ในช่วงที่ไม่ต่างจากที่แบบจำลองเสนอแนะไว้มากนัก คือ k_{12} ระหว่าง 0.09-0.13 วัน⁻¹

ตารางที่ 51 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{12} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 วัน⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน⁻¹

ค่า k_{12}	0	0.08	0.25	0.5	1
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	2.39	0	-0.72	-1.87	-2.20
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	-3.76	0	14.88	42.03	52.73



ภาพที่ 82 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน^{-1}



ภาพที่ 83 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{12} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณีที่ k_{12} เท่ากับ 0.08 วัน^{-1}

4.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า G_{p1} ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

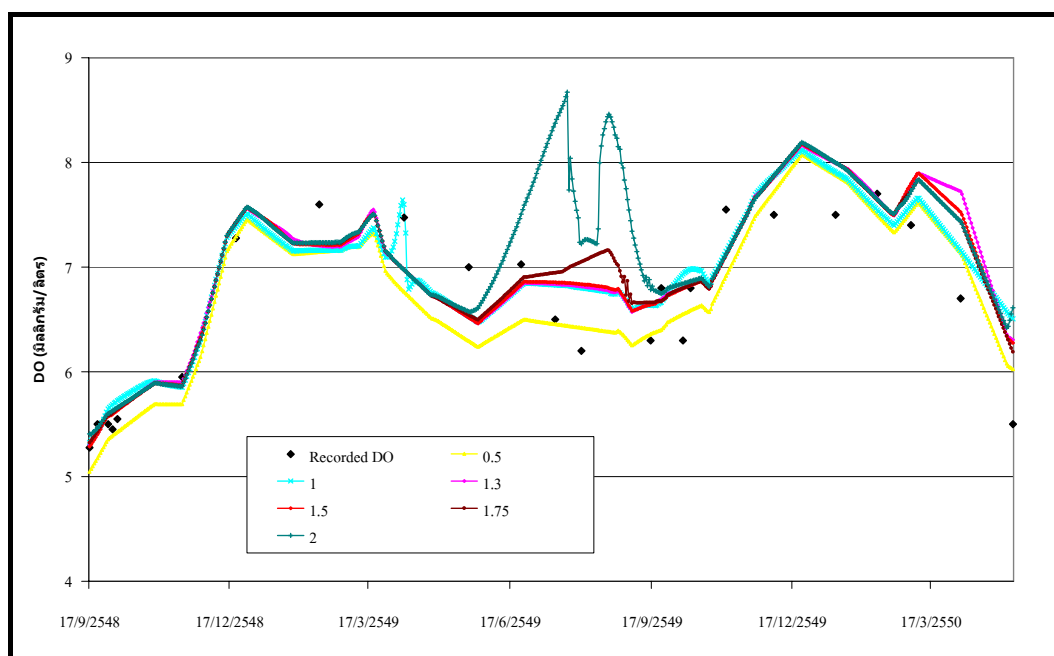
พารามิเตอร์ G_{p1} ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช ในลำน้ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืชโดยใช้คาร์บอนไดร็อกไซด์และน้ำ และจะได้ออกซิเจนและน้ำตาลเป็นผลผลิต จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ G_{p1} คือ 1.5 วัน^{-1} ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้แบบจำลอง WASP นั้น มีค่า 0.1 ถึง 2.5 วัน^{-1} ดังนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า G_{p1} ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน^{-1} ผลการศึกษา พบว่า ค่า G_{p1} มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า G_{p1} จะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มขึ้น และเมื่อลดค่า G_{p1} จะทำให้ปริมาณ DO ลดน้อยลง เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปรอ์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ G_{p1} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน^{-1} กับกรณีที่ G_{p1} เท่ากับ 1.5 วัน^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 52 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า G_{p1} เท่ากับ 0.5, 1, 1.3, 1.5, 1.75 และ 2 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ -3.15, -0.40, -0.16, 0, 0.26 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า G_{p1} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ไม่มากนัก โดย G_{p1} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO เป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกัน ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ G_{p1} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 84 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า G_{p1} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไป อย่างไรก็ตาม เมื่อค่า G_{p1} เท่ากับ 2.0 วัน^{-1} พบว่า เกิดการกระโดดของค่า DO ในช่วงกลางของเหตุการณ์และค่า DO ในช่วงดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่า DO ที่ได้จากการตรวจวัดมาก ดังนั้น ค่าของ G_{p1} เท่ากับ 2.0 วัน^{-1} จึงเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ในแม่น้ำปิงตอนบน

สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า G_{p1} เท่ากับ 0.5, 1, 1.3, 1.5, 1.75 และ 2 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ -31.95, -20.44, 1.72, 0, -3.84 และ 86.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 52 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่า G_{p1} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก โดย G_{p1} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD ที่ไม่ชัดเจน กล่าวคือ บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกัน แต่บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกัน นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD ที่ชัดเจน

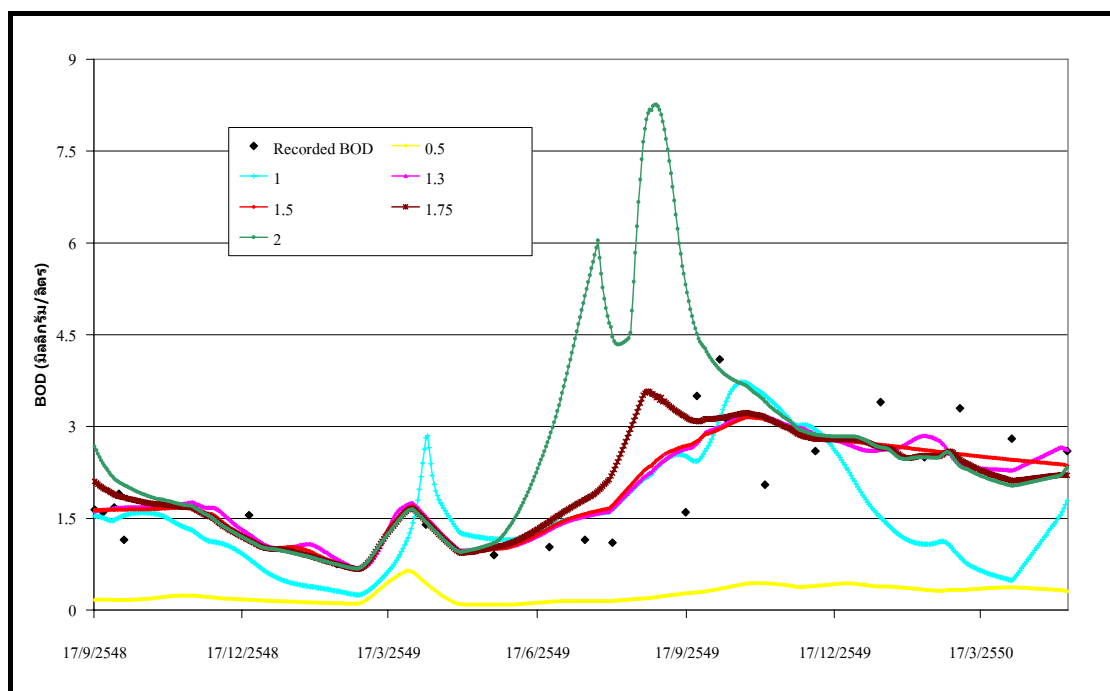
ในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ G_{p1} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 85 ซึ่งจากภาพดังกล่าว จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า G_{p1} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงแบบ ไม่ชัดเจนตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น โดยกราฟมีการกระโดดของค่า BOD ในหลาย ๆ ช่วง ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ในการสอบเทียบหาค่า G_{p1} ที่เหมาะสมนั้น ควรพิจารณาจากการเข้ากันได้ของปริมาณ DO ที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดเป็นหลัก จากนั้นจึงพิจารณาการเข้ากันได้ของปริมาณ BOD โดยไม่ให้เกิดลักษณะของการแกว่งตัวหรือกระโดดของข้อมูลที่ไม่เป็น เป็นไปทำนองเดียวกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

ตารางที่ 52 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ G_{p1} มีค่าอยู่ ระหว่าง 0.5 ถึง 2 วัน⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ G_{p1} เท่ากับ 1.5 วัน⁻¹

ค่า G_{p1}	0.5	1	1.3	1.5	1.75	2
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	-3.15	-0.40	-0.16	0	0.26	2.31
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	-31.95	-20.44	1.72	0	-3.84	86.30



ภาพที่ 84 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า G_{p1} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณี G_{p1} เท่ากับ 1.5 วัน⁻¹



ภาพที่ 85 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า G_{p1} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ G_{p1} เท่ากับ 1.5 วัน^{-1}

4.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า k_{IR} ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

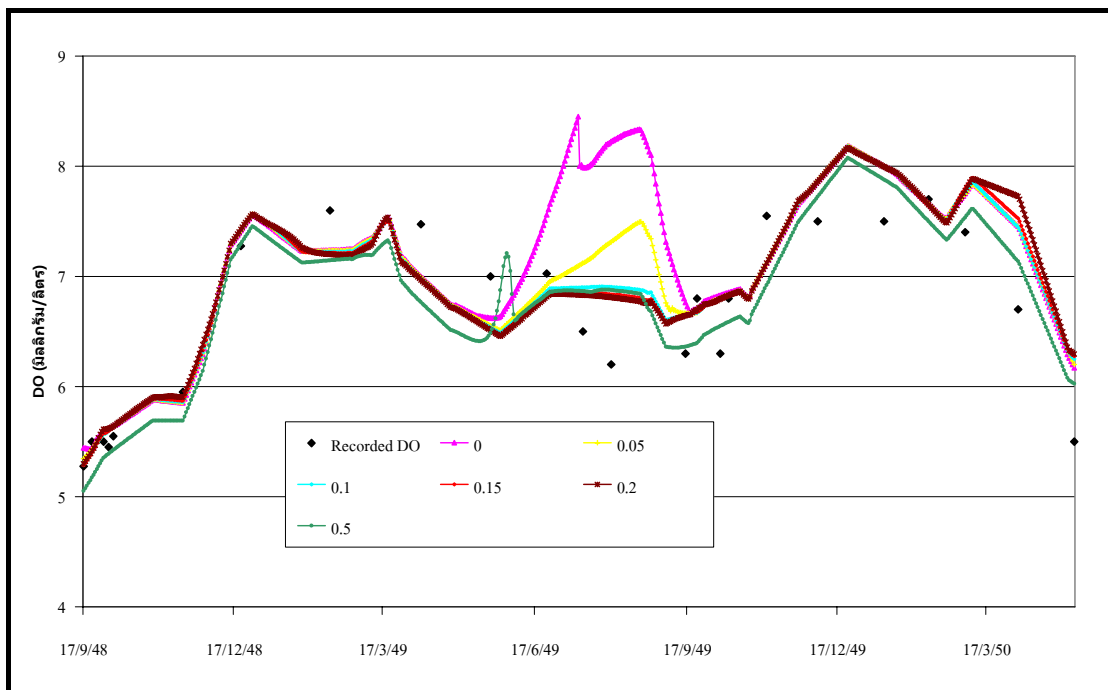
พารามิเตอร์ k_{IR} ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การหายใจของพืชในลำน้ำ ซึ่งใช้ออกซิเจนและน้ำตาลในกระบวนการหายใจ โดยจะได้คาร์บอนไดร็อกไซด์และน้ำเป็นผลผลิต จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ k_{IR} คือ 0.15 วัน^{-1} ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้แบบจำลอง WASP นั้น มีค่า 0.125 วัน^{-1} ดังนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า k_{IR} ให้เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน^{-1} ผลการศึกษาพบว่า ค่า k_{IR} มีผลกระทบต่อปริมาณ DO กล่าวคือ เมื่อเพิ่มค่า k_{IR} จะทำให้ปริมาณ DO ลดน้อยลง และเมื่อลดค่า k_{IR} จะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ k_{IR} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน^{-1} กับกรณีที่ k_{IR} เท่ากับ 0.15 วัน^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 53 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า k_{IR} เท่ากับ 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.5 วัน^{-1} จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ 12.59, 2.69, 0.05, 0, -0.14 และ -2.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า k_{IR} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO ไม่มากนัก โดย k_{IR} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO เป็น

ปรากฏผลผันซึ่งกันและกัน ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามทฤษฎีกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ k_{IR} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 86 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับค่า k_{IR} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตาม ๆ กันไป อย่างไรก็ตาม เมื่อค่า k_{IR} เท่ากับ 0 และ 0.05 วัน⁻¹ พบว่าเกิดการกระโดดของค่า DO ในช่วงกลางของเหตุการณ์ ดังนั้น การกำหนดค่า k_{IR} ที่เหมาะสมนั้น ไม่ควรให้แตกต่างจากที่คู่มือการใช้งานกำหนดไว้มากนัก

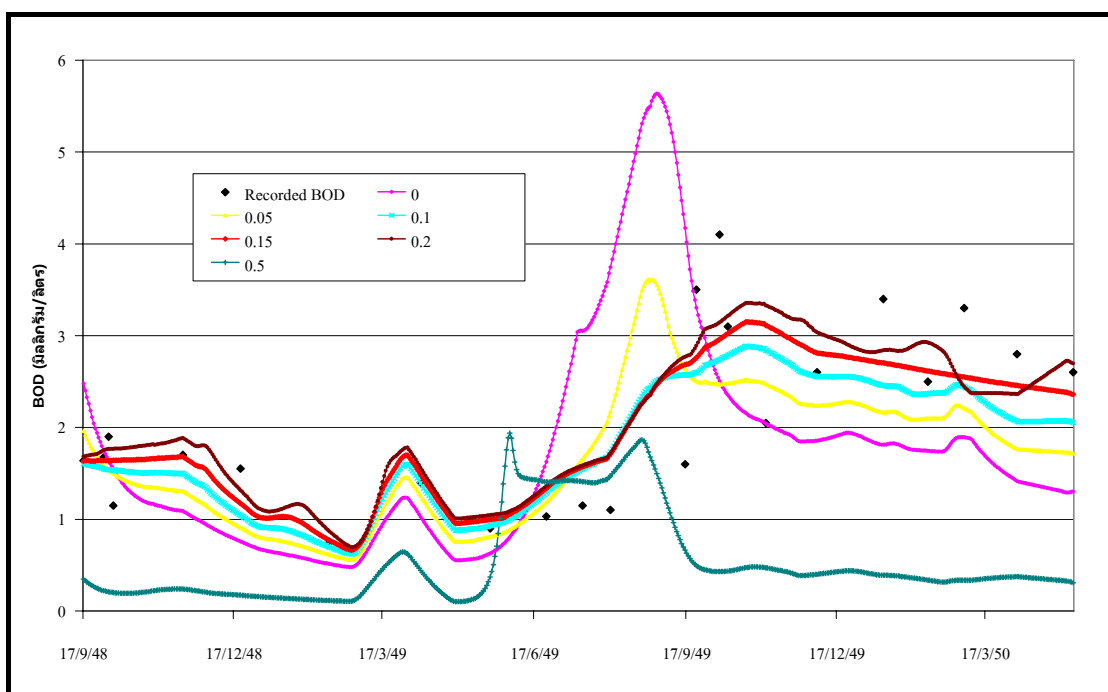
สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า k_{IR} เท่ากับ 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.5 วัน⁻¹ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ BOD เท่ากับ 9.72, -12.95, -7.69, 0, 5.39 และ -72.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 53 เช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่า k_{IR} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก โดย k_{IR} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD ไม่ชัดเจน กล่าวคือ บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปรากฏผลผันกัน แต่บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปรากฏโดยตรงซึ่งกันและกัน นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ k_{IR} เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน⁻¹ ดังแสดงในภาพที่ 87 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลง แบบไม่ชัดเจนตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น โดยกราฟมีการกระโดดของค่า BOD ในหลาย ๆ ช่วง ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ในการสอบเทียบหาค่า k_{IR} ที่เหมาะสมนั้น ควรพิจารณาจากการเข้ากันได้ของปริมาณ DO ที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดเป็นหลัก จากนั้นจึงพิจารณาการเข้ากันได้ของปริมาณ BOD โดยไม่ให้เกิดลักษณะของการแกว่งตัวหรือกระโดดของข้อมูลที่ไม่เป็นเป็นไปทำนองเดียวกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

ตารางที่ 53 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{IR} มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5 วัน⁻¹ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{IR} เท่ากับ 0.15 วัน⁻¹

ค่า k_{IR}	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.5
การเปลี่ยนปริมาณ DO (%)	12.59	2.69	0.05	0	-0.14	-2.10
การเปลี่ยนปริมาณ BOD (%)	9.72	-12.95	-7.69	0	5.39	-72.62



ภาพที่ 86 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{IR} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{IR} เท่ากับ 1.5 วัน^{-1}



ภาพที่ 87 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{IR} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{IR} เท่ากับ 1.5 วัน^{-1}

4.7 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

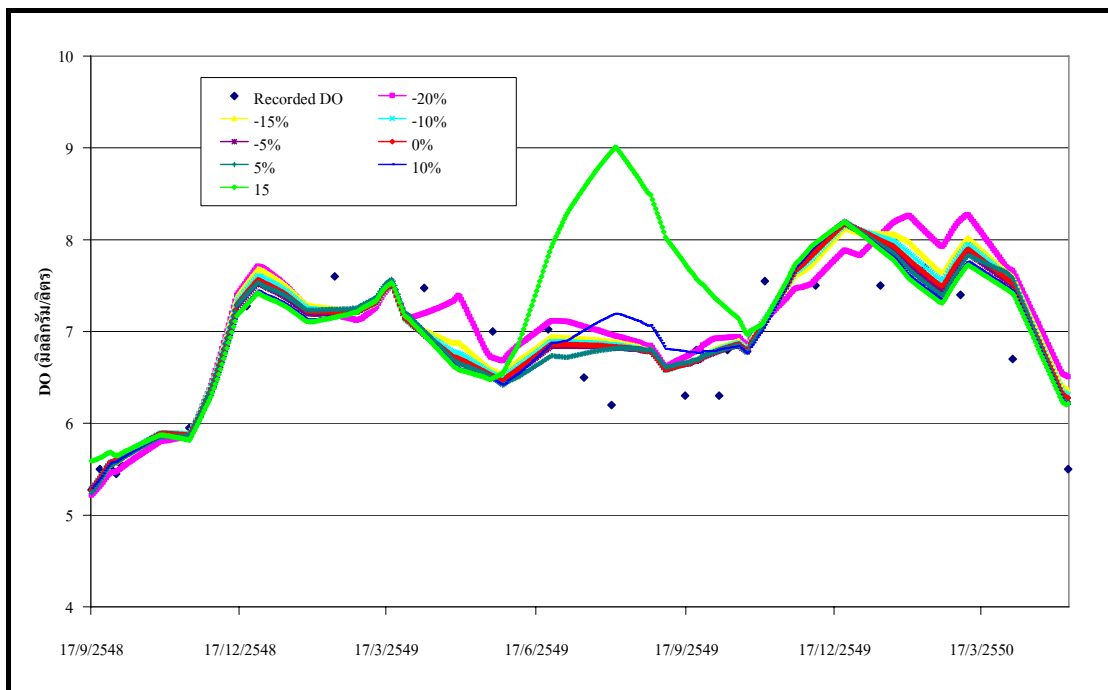
พารามิเตอร์ k_{ds} ในแบบจำลอง WASP หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ในลำน้ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปริมาณมลสารในลำน้ำ ไม่ว่าจะเป็นแบบละลายน้ำหรือแบบตะกอนแขวนลอย โดยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหลของน้ำ ความกว้างของลำน้ำ ความลึกของการไหล และค่าความลาดชันของท้องน้ำ จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP สำหรับแม่น้ำปิงตอนบน พบว่า ค่าที่เหมาะสมของ k_{ds} นั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 20 ถึง 35 ตารางเมตร/วินาที ในขณะที่ค่าที่แนะนำให้ใช้ในคู่มือการใช้งานแบบจำลอง WASP นั้น มีค่า 20 ถึง 50 ตารางเมตร/วินาที ดังนั้น จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ให้มีค่าแตกต่างจากค่า k_{ds} ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงระหว่าง -20% ถึง +15% และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงได้แสดง เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สำหรับกรณีที่ k_{ds} มีค่าอยู่ระหว่าง 20 ถึง 35 ตารางเมตร/วินาที กับกรณีที่ k_{ds} มีค่าแตกต่างจากค่าดังกล่าวระหว่าง -20% ถึง +15% ดังแสดงในตารางที่ 8 ผลการศึกษา พบว่า ค่า k_{ds} มีผลกระทบต่อปริมาณ DO ไม่ชัดเจน กล่าวคือ บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกัน แต่บางช่วงมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกัน ดังแสดงในตารางที่ 54 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า k_{ds} มีค่าแตกต่างจากค่า k_{ds} ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่ากับ -20, -15, -10, -5, 0, +5, +10 และ +20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ 1.45, 0.71, 0.28, -0.23, 0, -0.24, -0.17 และ 3.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่น้อย นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า DO เมื่อ k_{ds} มีค่าแตกต่างจากค่า k_{ds} ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่ากับในช่วงระหว่าง -20 ถึง +15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 88 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนตามที่ได้อ้างไว้ข้างต้น โดยกราฟมีการกระโดดของค่า DO ในช่วงที่ k_{ds} มีค่าแตกต่างจากค่า k_{ds} เดิม +15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการพิจารณาในภาพรวมแล้วสรุปได้ว่า ค่า k_{ds} มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO ไม่มากนัก ยกเว้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ให้แตกต่างจากที่ได้มีการแนะนำไว้ในแบบจำลองซึ่งอาจทำให้เกิดการกระโดดของปริมาณ DO อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ควรกำหนดค่า k_{ds} ให้อยู่ในช่วงแนะนำของคู่มือการใช้งานแบบจำลอง

สำหรับในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD เมื่อค่า k_{ds} แตกต่างจากค่า k_{IR} ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่ากับ -20, -15, -10, -5, 0, +5, +10 และ +20

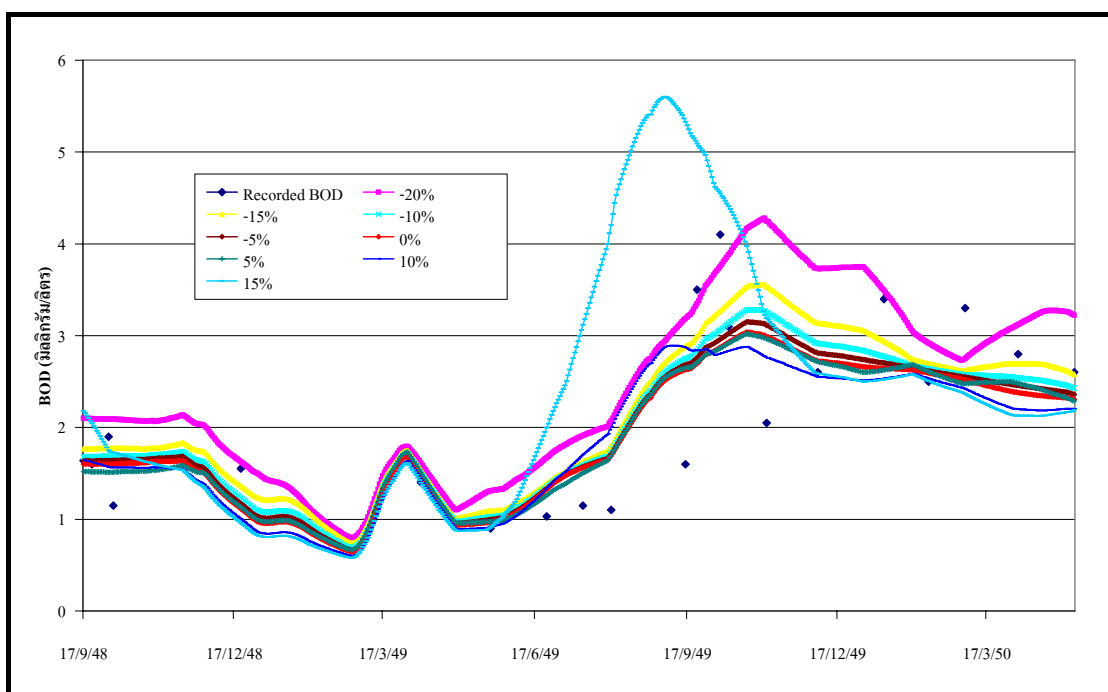
เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณ DO เท่ากับ 28.17, 11.42, 5.44, 2.48, 0, -0.23, -2.28 และ 20.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 54 เช่นกัน ซึ่งจากตารางดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ค่า k_{ds} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก โดย k_{ds} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ BOD แบบเป็นปฏิภาคผกผันซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ยกเว้นในกรณีที่ k_{ds} มีค่าแตกต่างจากค่า k_{ds} เดิมเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จึงได้แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า BOD เมื่อ k_{ds} แตกต่างจากค่า k_{ds} ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงระหว่าง -20 ถึง +15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 89 ซึ่งจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สำหรับค่า k_{ds} ต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นในกรณีที่ค่า k_{ds} มีค่าเท่ากับ +15% ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกิดการกระโดดของค่า BOD ในช่วงกลางของเหตุการณ์ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ค่า k_{ds} มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD มาก และในการเลือกค่า k_{ds} ที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดการกระโดดของปริมาณ BOD จึงควรกำหนดค่า k_{ds} ให้อยู่ในช่วงแนะนำของคู่มือการใช้งานแบบจำลอง

ตารางที่ 54 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ k_{ds} มีค่าอยู่ระหว่าง -20 ถึง +15 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรณีที่ k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์

ค่า k_{ds}	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO (%)	1.45	0.71	0.28	-0.23	0	-0.24	-0.17	3.59
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD (%)	28.17	11.42	5.44	2.48	0	-0.23	-2.28	20.85



ภาพที่ 88 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ที่มีต่อปริมาณ DO เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณีที่ k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 89 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า k_{ds} ที่มีต่อปริมาณ BOD เปรียบเทียบกับกรณีที่กรณีที่ k_{ds} เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์

5. การคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในอนาคต

สำหรับการคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในอนาคตนั้นได้พิจารณาเหตุการณ์ในอีก 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า โดยตั้งสมมุติฐานว่าให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้เท่านั้น คือ ปริมาณประชากร โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มสุกร และพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ อาทิเช่น กราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนต่าง ๆ และรูปตัดขวางของแม่น้ำปิงและสาขา จะไม่นำมาพิจารณา กล่าวคือ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพคุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD นั้นได้พิจารณาใช้ข้อมูลด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่านั้น โดยวิธีการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษในอีก 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า รวมทั้งแนวทางในการแก้ปัญหาจากผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 การประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษในอีก 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า

การประเมินปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในอีก 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2550 เป็นปีฐาน ดังนั้น จึงเป็นการประเมินปริมาณน้ำเสียและมลพิษสำหรับปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ และตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า การประเมินจะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากร โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มสุกร และพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนในช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น ดังนั้น การศึกษาจะใช้พื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอัตราการเพิ่มของประชากร อัตราการเพิ่มของปศุสัตว์ และอัตราการขยายตัวทางอุตสาหกรรม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นของหน่วยงานกรมการปกครอง กรมปศุสัตว์ และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามลำดับ โดยแนวทางการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละส่วนแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 การประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากแหล่งชุมชนในปี พ.ศ. 2560 และ 2570

สำหรับการประเมินปริมาณน้ำเสียของชุมชนสามารถประเมินได้จากอัตราการใช้น้ำของชุมชน โดยมีอัตราการใช้น้ำที่ต่างกันดังนี้คือ สุขาภิบาลซึ่งมีประชากรตั้งแต่ 8,000 คน แต่ไม่ถึง 20,000 คน จะมีอัตราการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 100-200 ลิตร/คน/วัน เทศบาลขนาดเล็กซึ่งมีประชากรน้อยกว่า 20,000 คน จะมีอัตราการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 150-250 ลิตร/คน/วัน เทศบาลขนาดกลางซึ่งมีประชากรระหว่าง 20,000 ถึง 50,000 คน จะมีอัตราการใช้น้ำระหว่าง 180-280 ลิตร/คน/วัน ซึ่งในการศึกษานี้ ได้พิจารณาอัตราการใช้น้ำสำหรับแหล่งชุมชนดังกล่าวเท่ากับ 120, 220 และ 250 ลิตร/คน/วัน ตามลำดับ จากนั้นจะนำปริมาณการใช้น้ำมาประกอบการประเมินปริมาณน้ำเสีย ซึ่งโดยปกติแล้วปริมาณน้ำเสียจะคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งหลักการดังกล่าวนำมาใช้ในการศึกษานี้

สำหรับปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดีจากน้ำทิ้งที่มาจากแหล่งชุมชนต่างๆ มีค่าดังนี้คือ สำหรับเทศบาล เท่ากับ 120 มิลลิกรัม/ลิตร และสำหรับสุขาภิบาล เท่ากับ 105 มิลลิกรัม/ลิตร

ในส่วนของการประเมินจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 นั้น พิจารณาจากสถิติข้อมูลประชากรรายปีในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ. 2550 ของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ดังแสดงในตารางที่ 55 จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การเพิ่มขึ้นของประชากรในช่วงปี ตามลำดับ ในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และ ทั่วประเทศ มีค่าเฉลี่ยในช่วง 10 ปี ดังกล่าว เท่ากับ 0.56 %, 0.02% และ 0.45% ต่อปี ซึ่งสามารถทำการประเมินจำนวนประชากรสำหรับจังหวัดเชียงใหม่ที่เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2570 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2550 เท่ากับ 5.60% และ 11.18% ตามลำดับ และสำหรับจังหวัดลำพูนเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2550 เท่ากับ 0.23% และ 0.46% ตามลำดับ

ในการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณบีโอดีจากแหล่งชุมชนต่างๆ ลงสู่แม่น้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 นั้น ทำได้โดยการนำผลการประเมินปริมาณน้ำเสียของแหล่งชุมชนประเภทต่าง ๆ คูณกับจำนวนประชากร และคูณกับปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดีจากน้ำทิ้ง โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัม/วัน โดยผลการศึกษามีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและ

ปริมาณปิโตรดีจากแหล่งชุมชนสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบนแสดงดังในตารางที่ 56 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีปริมาณปิโตรดีที่เกิดขึ้นจากแหล่งชุมชนในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2570 มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน 2) อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และ 3) อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าเท่ากับ 2,342.03, 2,902.56 และ 2,084.06 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 2,465.78, 2,909.22 และ 2,194.18 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2570

ตารางที่ 55 สถิติจำนวนประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และทั้งประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ. 2550

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร จังหวัดเชียงใหม่(คน)	เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้น	จำนวนประชากร จังหวัดลำพูน(คน)	เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้น	จำนวนประชากร ทั้งประเทศ(คน)	เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้น
2541	1,582,222		407,091		61,466,178	
2542	1,587,465	0.33	407,085	0.00	61,661,701	0.32
2543	1,590,327	0.18	407,127	0.01	61,878,746	0.35
2544	1,600,850	0.66	407,030	-0.02	62,308,887	0.69
2545	1,595,855	-0.31	407,202	0.04	62,799,872	0.78
2546	1,603,220	0.46	409,041	0.45	63,079,765	0.44
2547	1,617,950	0.91	408,427	-0.15	63,373,621	0.46
2548	1,650,009	1.94	407,727	-0.17	63,418,054	0.07
2549	1,658,298	0.50	407,564	-0.04	63,828,706	0.64
2550	1,664,399	0.37	407,957	0.10	64,038,247	0.33
เฉลี่ย	1,615,060	0.56	407,625	0.02	62,785,378	0.45

ที่มา : กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (2550)

ตารางที่ 56 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากแหล่งชุมชนสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำ
ปิงตอนบน ในปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนประชากร			ปริมาณมลสาร BOD ที่แหล่งกำเนิด (กก/วัน)		
		2550	2560	2570	2550	2560	2570
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	77,008	81,320	85,617	2,217.83	2,342.03	2,465.78
	แม่แจ่ม	64,177	67,771	71,352	646.90	683.13	719.23
	จอมทอง	56,183	59,329	62,464	566.32	598.04	1,574.10
	เชียงดาว	78,315	82,701	87,071	789.42	833.62	877.67
	ดอยสะเก็ด	60,693	64,092	67,478	611.79	646.05	680.18
	แม่แตง	53,527	56,525	59,511	539.55	569.77	599.87
	แม่ริม	73,605	77,727	81,834	741.94	783.49	824.89
	สะเมิง	18,195	19,214	20,229	183.41	193.68	203.91
	พร้าว	46,308	48,901	51,485	466.78	492.92	518.97
	สันป่าตอง	61,200	64,627	68,042	616.90	1,628.61	1,714.66
	สันกำแพง	45,226	47,759	50,282	455.88	481.41	506.85
	สันทราย	67,061	70,816	74,558	675.97	713.83	751.55
	หางดง	59,662	63,003	66,332	601.39	635.07	668.63
	ฮอด	37,829	39,947	42,058	381.32	402.67	423.95
	ดอยเต่า	23,062	24,353	25,640	232.46	245.48	258.45
	อมก๋อย	59,603	62,941	66,267	600.80	634.44	667.97
	สารภี	65,767	69,450	73,120	662.93	700.06	737.05
	เวียงแหง	29,279	30,919	32,552	295.13	311.66	328.13
	แม่วาง	25,911	27,362	28,808	261.18	275.81	290.38
	กิ่งอำเภอแม่ออน	21,726	22,943	24,155	219.00	231.26	243.48
	กิ่งอำเภอดอยหล่อ	27,446	28,983	30,514	276.66	292.15	307.59
ลำพูน	เมืองลำพูน	100,552	100,783	101,015	2,895.90	2,902.56	2,909.22
	แม่ทา	31,252	31,324	31,396	315.02	315.74	316.47
	บ้านโฮ่ง	33,803	33,881	33,958	340.73	341.52	342.30
	ลี้	60,667	60,807	60,946	611.52	612.93	614.34
	ทุ่งหัวช้าง	16,861	16,900	16,939	169.96	170.35	170.74
	ป่าซาง	36,579	36,663	36,747	368.72	369.56	370.41
	บ้านธิ	8,125	8,144	8,162	81.90	82.09	82.28
	กิ่งอำเภอเวียงหนองล่อง	10,110	10,133	10,157	101.91	102.14	102.38

5.1.2 การประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากฟาร์มสุกรในปี พ.ศ. 2560 และ 2570

สำหรับการประเมินปริมาณน้ำเสียของฟาร์มสุกรสามารถประเมินได้จากอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนสุกร ซึ่งพิจารณาจากสุกรของฟาร์มสุกรที่มีอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจากอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลของจำนวนสุกรที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในแต่ละภาคของประเทศไทย ได้เก็บข้อมูลโดยกรมปศุสัตว์ระหว่างปี พ.ศ. 2536 ถึงปี พ.ศ. 2547 ผลการเก็บข้อมูลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 57 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า จำนวนสุกรในช่วง 11 ปี ดังกล่าว ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีเท่ากับ -0.08%, -3.72%, -4.36% และ -3.31% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า จำนวนสุกรมีอัตราลดลงในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งอาจเนื่องมาจากประชาชนเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค โดยลดการบริโภคสุกรแต่ไปเพิ่มการบริโภคโปรตีนชนิดอื่น เช่น เนื้อไก่ เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่ใช้ข้อมูลอัตราการลดลงของจำนวนสุกรดังกล่าวมาใช้ประเมินจำนวนสุกรในปี พ.ศ. 2560 และ 2570 เนื่องจากอาจเกิดการผิดพลาดจากความเป็นจริงในอนาคตได้ และเพื่อให้เป็นการศึกษาในลักษณะ conservative มากที่สุด ดังนั้น จึงพิจารณาใช้จำนวนสุกรที่รวบรวมได้ในปี พ.ศ. 2550 มาใช้สำหรับปี พ.ศ. 2560 และ 2570 โดยไม่มีการลดจำนวนสุกรลงตามสถิติที่เก็บรวบรวมได้ดังได้กล่าวเหตุผลแล้วข้างต้น โดยการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากฟาร์มสุกร ได้พิจารณาจากปริมาณน้ำเสียจากฟาร์มสุกร คูณ กับจำนวนสุกร และปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดีจากน้ำทิ้ง โดยปริมาณน้ำเสียจากฟาร์มสุกรประเภท ก (มากกว่า 50,000 ตัว) ฟาร์มสุกรประเภท ข (500 - 5,000 ตัว) และฟาร์มสุกรประเภท ค (น้อยกว่า 500 ตัว) มีค่าเท่ากับ 10, 15 และ 20 ลิตร/ตัว/วัน ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ BOD ในน้ำทิ้งที่เกิดจากฟาร์มสุกรประเภท ก ฟาร์มสุกรประเภท ข และฟาร์มสุกรประเภท ค มีค่าเท่ากับ 3,000, 2,000 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยผลการศึกษาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากแหล่งชุมชนสำหรับแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 นั้น แสดงดังในตารางที่ 58 ซึ่งจากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อำเภอที่มีปริมาณบีโอดีมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน 2) อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน และ 3) อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าเท่ากับ 1,104.48, 942.27 และ 743.61 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

ตารางที่ 57 สถิติจำนวนสุกรในแต่ละภาคของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2536 ถึง ปี พ.ศ. 2547

ปี พ.ศ.	ภาคกลาง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	เปอร์เซ็นต์ ที่เพิ่มขึ้น	ภาคใต้
2536	4,307,256	1,830,633	1,650,352		780,885
2537	4,636,895	1,523,744	1,545,303	-6.37	773,458
2538	4,656,843	1,414,974	1,717,817	11.16	772,287
2539	5,332,550	1,360,637	1,194,921	-30.44	819,779
2540	5,763,198	1,890,084	1,455,986	21.85	1,029,772
2541	4,846,228	1,688,647	1,257,636	-13.62	979,764
2542	4,145,954	1,463,789	1,040,555	-17.26	772,803
2543	4,393,218	1,391,184	1,195,630	14.9	781,024
2544	4,720,146	1,382,109	1,274,065	6.56	826,950
2545	3,978,677	1,142,126	1,105,955	-13.19	762,394
2546	4,554,870	1,366,171	1,230,600	11.27	663,893
2547	3,947,659	1,028,625	826,357	-32.85	482,962
เฉลี่ย	4,606,958	1,456,894	1,291,265	-4.36	787,164

ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2550)

ตารางที่ 58 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากฟาร์มสุกรสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิง ตอนบนในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนสุกร /1 (ตัว)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ค่า BOD ที่แหล่งกำเนิด (มก./ล.)	ปริมาณมลสาร BOD ที่ แหล่งกำเนิด (กก./วัน)
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	23	0.46	1500	0.69
	แม่แจ่ม	1,985	29.775	2500	74.44
	จอมทอง	2,923	43.845	2500	109.61
	เชียงดาว	1,498	22.47	2500	56.18
	ดอยสะเก็ด	1,976	29.64	2500	74.10
	แม่แตง	24,787	247.87	3000	743.61
	แม่ริม	2,453	36.795	2500	91.99
	สะเมิง	3,540	53.1	2500	132.75

ตารางที่ 58 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนสุกร /1 (ตัว)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ค่า BOD ที่แหล่งกำเนิด (มก./ล.)	ปริมาณมลสาร BOD ที่ แหล่งกำเนิด (กก./วัน)
เชียงใหม่	พร้าว	2,347	35.205	2500	88.01
	สันป่าตอง	1,375	20.625	2500	51.56
	สันกำแพง	2,556	38.34	2500	95.85
	สันทราย	8,315	83.15	3000	249.45
	หางดง	1,619	24.285	2500	60.71
	ฮอด	2,589	38.835	2500	97.09
	ดอยเต่า	433	8.66	1500	12.99
	อมก๋อย	1,391	20.865	2500	52.16
	สารภี	38	0.76	1500	1.14
	เวียงแหง	516	7.74	2500	19.35
	แม่วาง	3,926	58.89	2500	147.23
	กิ่งอำเภอแม่ออน	847	12.705	2500	31.76
	กิ่งอำเภอดอย				
	หล่อ	452	9.04	1500	13.56
ลำพูน	เมืองลำพูน	31,409	314.09	3000	942.27
	แม่ทา	36,816	368.16	3000	1,104.48
	บ้านโฮ่ง	7,187	71.87	3000	215.61
	ลี้	5,354	53.54	3000	160.62
	ทุ่งหัวช้าง	134	2.68	1500	4.02
	ป่าซาง	2,488	37.32	2500	93.30
	บ้านธิ	24,276	242.76	3000	728.28
	กิ่งอำเภอเวียง				
	หนองล่อง	1,559	23.385	2500	58.46

5.1.3 การประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2560 และ 2570

สำหรับการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้น ได้ทำการประเมินจากข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้จากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมซึ่งพิจารณาจากข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมและผลิตภัณฑ์ของภาคอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2547 ดัง

แสดงในตารางที่ 59 จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า การเพิ่มขึ้นของภาคอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2547 มีค่ารวมทั้งสิ้น 42.95 % หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยในช่วง 6 ปี เท่ากับ 7.16 % ต่อปี ซึ่งนับว่าสูงเกินไปที่จะนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อการคาดการณ์การขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ดังนั้น จึงต้องทำการปรับแก้อัตราการขยายตัวดังกล่าวให้เหมาะสมกับลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยในการปรับแก้ค่านั้นได้นำข้อมูลสัดส่วนของอัตราการขยายตัวของแต่ละภูมิภาคที่ได้รวบรวมข้อมูลไว้ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง 2547 โดยจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.; 2549) ซึ่งได้สรุปไว้ว่า จากอัตราการขยายตัวของ GDP ของภาคอุตสาหกรรมของทั้งประเทศนั้น มีสัดส่วนของการขยายตัวสูงสุดในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งคิดเป็น 47.91% ของอัตราการขยายตัวทั้งหมดของประเทศในช่วงเวลาดังกล่าว และรองลงมาจากมากไปหาน้อยดังนี้คือ ภาคกลาง (หมายถึง ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก) ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ซึ่งเท่ากับ 22.13% 10.95% 9.77% และ 9.24% ของอัตราการขยายตัวทั้งหมดของประเทศในช่วงเวลาดังกล่าว ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละภาคเท่ากับ 20 % ในขณะที่ภาคเหนือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 46.19% ของค่าเฉลี่ยทุกภาค ดังนั้นเมื่อค่าเฉลี่ยของอัตราการขยายตัวของ GDP ของภาคอุตสาหกรรมของทั้งประเทศเท่ากับ 7.16 % ต่อปี ดังนั้น อัตราการขยายตัวของ GDP ของภาคอุตสาหกรรมของภาคเหนือจึงคิดเป็น 3.31 % ต่อปี ดังนั้น จึงพิจารณาใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาประเมินการเพิ่มขึ้นของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยเทียบกับปี พ.ศ. 2550 ซึ่งจะได้ว่าการเพิ่มขึ้นในช่วง 10 ปี คือในปี พ.ศ. 2560 ถึง 2570 จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2550 อีก 33.12 % และ 66.24 % ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาประเมินปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ โดยนำปริมาณน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ คูณกับจำนวนโรงงานและปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดีจากน้ำทิ้ง โดยการคำนวณกระทำเช่นเดียวกับวิธีการที่ใช้ในกรณีโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับเหตุการณ์ของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับผลการประเมินปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณบีโอดีจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 แสดงในตารางที่ 60

จากตารางที่ 60 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีปริมาณบีโอดีที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2570 มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน 2) อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ และ 3) อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าเท่ากับ 9,018.58, 6,275.62 และ 4,940.04 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 11,259.84, 7,835.21 และ 6,167.71 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2570

ตารางที่ 59 ผลิตภัณฑ์มวลรวมและผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรมของประเทศในปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2546

ปี พ.ศ.	GDP ภาคอุตสาหกรรม	การเติบโต (%)	GDP รวม	การเติบโต (%)
2541	923,600		2,749,700	
2542	1,033,400	10.63	2,872,000	4.26
2543	1,096,000	5.71	3,008,700	4.54
2544	1,111,000	1.35	3,072,900	2.09
2545	1,187,000	6.40	3,239,000	5.13
2546	1,309,200	9.33	3,457,600	6.32
2547	1,447,000	9.52	3,700,000	6.55
รวม	7183600	42.95	19350200	28.89
เฉลี่ย	1197267	7.16	3225033	4.82

ตารางที่ 60 ปริมาณบีโอดีจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570

จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณมลสาร BOD ที่แหล่งกำเนิด (กก./วัน)		
		ปี พ.ศ. 2550	ปี พ.ศ. 2560	ปี พ.ศ. 2570
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	2,023.76	2,693.02	3,362.27
	แม่แจ่ม	40.8	54.29	67.79
	จอมทอง	1,344.51	1,789.14	2,233.77
	เชียงดาว	395.2	525.89	656.59
	ดอยสะเก็ด	1,081.96	1,439.76	1,797.57
	แม่แตง	867.81	1,154.79	1,441.78
	แม่ริม	1,214.50	1,616.14	2,017.77
	สะเมิง	417.1	555.03	692.97
	พร้าว	864.8	1,150.79	1,436.78
	สันป่าตอง	1,122.73	1,494.02	1,865.30

ตารางที่ 60 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณมลสาร BOD ที่แหล่งกำเนิด (กก./วัน)		
		ปี พ.ศ. 2550	ปี พ.ศ. 2560	ปี พ.ศ. 2570
เชียงใหม่	สันกำแพง	4,716.03	6,275.62	7,835.21
	สันทราย	2,586.94	3,442.44	4,297.94
	หางดง	1,564.07	2,081.31	2,598.55
	ฮอด	332.7	442.72	552.75
	คอยเต่า	129.4	172.19	214.99
	อมก๋อย	13	17.30	21.60
	สารภี	3,712.36	4,940.04	6,167.71
	แม่वास	346.3	460.82	575.34
ลำพูน	เมืองลำพูน	6,777.32	9,018.58	11,259.84
	แม่ทา	572.91	762.37	951.83
	บ้านโฮ้ง	569.73	758.14	946.55
	ลี้	348.97	464.37	579.78
	ทุ่งหัวช้าง	2	2.66	3.32
	ป่าซาง	861.99	1,147.05	1,432.11
	บ้านธิ	592.43	788.35	984.26

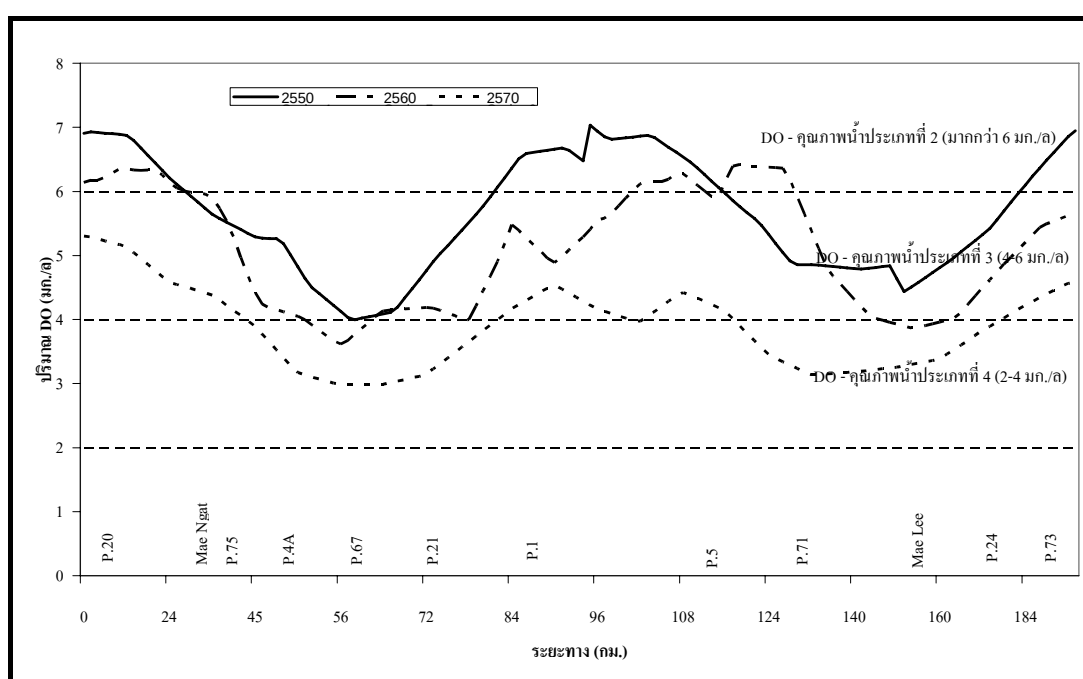
5.2 ผลการคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570

ผลการคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 นั้นได้ใช้ข้อมูลปริมาณบีโอดีที่ได้จากการประเมินปริมาณบีโอดีจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ประกอบด้วย แหล่งชุมชน ฟาร์มสุกร และโรงงานอุตสาหกรรม และได้ใช้ข้อมูลด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเป็นข้อมูลด้านเข้าเพื่อประเมินหาสถานการณ์คุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 จากนั้นได้นำผลการประเมินปริมาณ DO และ BOD ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละช่วงลำน้ำ (segments) จำนวนทั้งสิ้น 140 ช่วงลำ

น้ำ มาแสดงผลในรูปแบบกราฟ โดยในแต่ละช่วงลำนํ้านั้นจะเลือกเฉพาะสถานการณ์ที่รุนแรงที่สุด ซึ่งไม่เจาะจงว่าทุกช่วงลำนํ้าจะต้องเป็นช่วงเวลาการเกิดเดียวกัน ทั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550) เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 สำหรับผลการศึกษารูปได้ดังต่อไปนี้

5.2.1. ผลการคาดการณ์สถานการณ์ของปริมาณ DO : ผลการคาดการณ์ สถานการณ์ของปริมาณ DO สำหรับปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2670 แสดงดังในภาพที่ 90 โดยในรูป ดังกล่าวแสดงปริมาณ DO ต่ำสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำนํ้าสำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับปริมาณ DO ต่ำสุดที่เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปริมาณ DO ในปี พ.ศ. 2560 นั้น มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ โดยอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 โดยจะมีปริมาณ DO ลดลงในช่วงจุดบรรจบแม่น้ำปิงบริเวณท้ายเขื่อนแม่จัด และจะเริ่มฟื้นตัวขึ้นบริเวณ P.21 (น้ำแม่ริม) และจะเริ่มลดต่ำลงบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ (P.1) และปริมาณ DO จะเริ่มเพิ่มมากขึ้นหลังจากผ่าน เขตตัวเมืองเชียงใหม่ แต่จะลดต่ำลงเมื่อเริ่มเข้าเขตตัวเมืองลำพูน (P.5) จากนั้นจะปรับสูงขึ้นอีกครั้ง บริเวณจุดบรรจบน้ำแม่ลี้ และสำหรับผลคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2570 นั้นพบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสกปรก โดยอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 กล่าวคือ โดยรวมแล้ว น้ำในแม่น้ำปิงจะลดคุณภาพน้ำลงจากปี พ.ศ. 2560 ประมาณหนึ่งระดับตลอดช่วงลำนํ้าที่พิจารณา โดยการลดลงของคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงลำนํ้าสรุปได้ดังนี้คือ ปริมาณ DO ลดลง ในช่วงจุดบรรจบแม่น้ำปิงบริเวณท้ายเขื่อนแม่จัด และจะเริ่มฟื้นตัวเพิ่มมากขึ้นบริเวณ P.21 (น้ำแม่ริม) และจะเริ่มลดต่ำลงบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ (P.1) จากนั้นปริมาณ DO จะเริ่มเพิ่มมากขึ้น หลังจากผ่านเขตตัวเมืองเชียงใหม่ แต่จะลดต่ำลงเมื่อเริ่มเข้าเขตตัวเมืองลำพูน (P.5) และจะปรับ สูงขึ้นอีกครั้งบริเวณจุดบรรจบน้ำแม่ลี้ จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง พบว่า ปริมาณ DO ต่ำสุดที่ เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 นั้น มีทิศทางไปแนวทางเดียวกัน โดยสามารถสรุปได้ เป็นช่วงดังต่อไปนี้ 1) ตั้งแต่บริเวณต้นน้ำ (P.20) ถึงสถานีวัดน้ำท่า P. 67 พบว่า มีปริมาณ DO ต่ำสุด เฉลี่ยเท่ากับ 6.45, 6.17 และ 4.85 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ 2) ณ จุดบรรจบน้ำแม่ริม (P.21) ถึงตัวเมืองเชียงใหม่ มีปริมาณ DO ต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 6.69, 5.43 และ 4.23 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

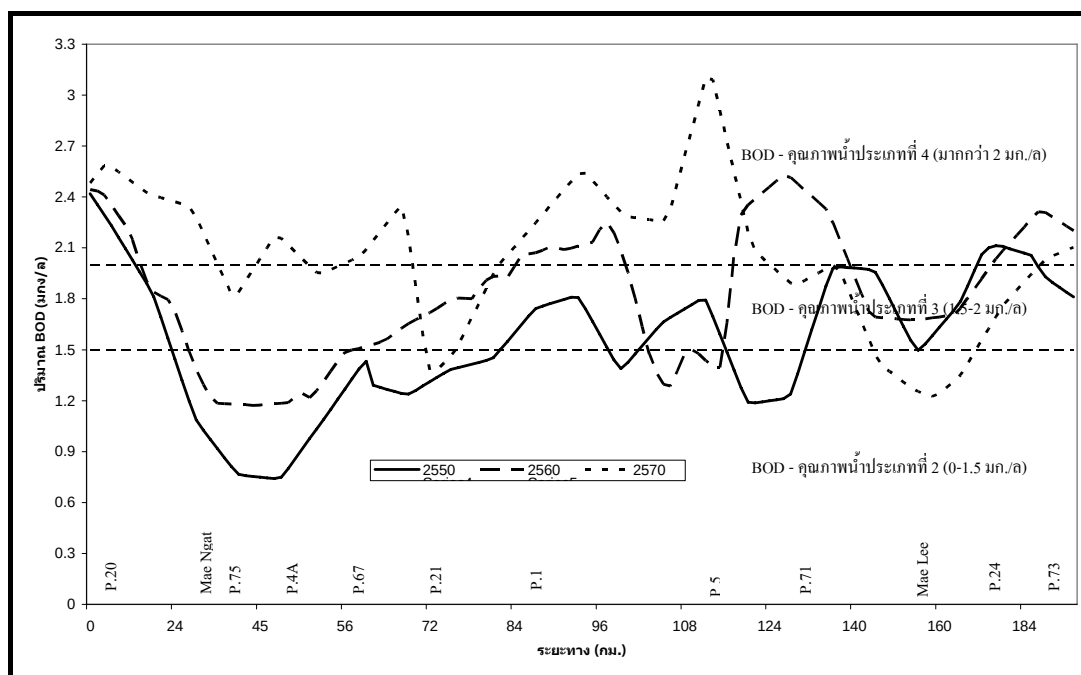
(ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ 3) ณ ตัวเมืองลำพูน (P.5) ถึง ณ จุดบรรจบน้ำแม่ลี มีปริมาณ DO ต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 4.71, 3.99 และ 3.27 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ และ 4) ณ จุดบรรจบน้ำแม่ลีถึงสถานีวัดน้ำท่า P.73 มีปริมาณ DO ต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 5.81, 4.87 และ 4.03 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ



ภาพที่ 90 สถานการณ์ของปริมาณ DO ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

5.2.2. ผลการคาดการณ์สถานการณ์ของปริมาณ BOD : ผลการคาดการณ์สถานการณ์ของปริมาณ BOD สำหรับปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2670 แสดงดังในภาพที่ 91 โดยในรูปดังกล่าวแสดงปริมาณ BOD สูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำน้ำสำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับปริมาณ BOD สูงสุดที่เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปริมาณ BOD ในปี พ.ศ. 2560 นั้นพบว่า คุณภาพน้ำยังอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ โดยอยู่ในเกณฑ์น้ำผิวดินประเภทที่ 3 โดยจะมี

ปริมาณ BOD เพิ่มขึ้นในช่วงจุดบรรจบแม่น้ำปิงบริเวณท้ายเขื่อนแม่งัด และจะเริ่มคงที่จนถึงบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ (P.1) ซึ่งจะทำให้ปริมาณ BOD เพิ่มขึ้นและจะลดต่ำลงหลังจากผ่านบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ไปแล้ว ซึ่งจะมีปริมาณ BOD ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งบริเวณตัวเมืองลำพูน (P.5) และจะลดต่ำลงจนถึงจุดบริเวณท้ายน้ำ (P.73) และสำหรับผลคาดการณ์สถานการณ์คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2570 นั้น พบว่า คุณภาพน้ำยังอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสกปรก โดยอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4 กล่าวคือ โดยรวมแล้ว น้ำในแม่น้ำปิงจะลดคุณภาพน้ำลงจากปี พ.ศ. 2560 ประมาณหนึ่งระดับตลอดช่วงลำน้ำที่พิจารณา โดยการลดลงของคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงลำน้ำสรุปได้ดังนี้คือ ปริมาณ BOD เพิ่มขึ้นในช่วงจุดบรรจบแม่น้ำปิงบริเวณท้ายเขื่อนแม่งัด และจะเริ่มคงที่จนถึงบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ (P.1) ซึ่งจะทำให้ปริมาณ BOD เพิ่มขึ้นและจะลดต่ำลงหลังจากผ่านบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ไปแล้ว ซึ่งจะมีปริมาณ BOD ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งบริเวณตัวเมืองลำพูน (P.5) จากนั้นจะลดต่ำลงจนถึงจุดบริเวณท้ายน้ำ (P.73) จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง พบว่า ปริมาณ BOD สูงสุดที่เกิดขึ้นสำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 มีทิศทางไปแนวทางเดียวกัน โดยสามารถสรุปได้เป็นช่วงดังต่อไปนี้ 1) ตั้งแต่บริเวณต้นน้ำ (P.20) ถึง จุดบรรจบแม่น้ำปิงบริเวณท้ายเขื่อนแม่งัด พบว่า มีปริมาณ BOD สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.91, 1.75 และ 2.39 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับสำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ 2) ณ จุดบรรจบน้ำแม่ริม (P.21) ถึงตัวเมืองเชียงใหม่มีปริมาณ BOD สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.35, 1.63 และ 2.33 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ 3) ณ ตัวเมืองลำพูน (P.5) ถึง ณ จุดบรรจบน้ำแม่ลี้มีปริมาณ BOD สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.39, 1.72 และ 1.75 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ และ 4) ณ จุดบรรจบน้ำแม่ลี้ถึงสถานีวัดน้ำท่า P.73 มีปริมาณ BOD สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.73, 1.93 และ 2.04 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (ปี พ.ศ. 2548-2550) ในปี พ.ศ. 2560 และในปี พ.ศ. 2570 ตามลำดับ



ภาพที่ 91 สถานการณ์ของปริมาณ BOD ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในช่วงเวลาของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

5.3 แนวทางการแก้ไขลดผลกระทบทางด้านคุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570

จากผลการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษในปี พ.ศ. 2560 และ 2570 ทำให้ทราบถึงความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางในการแก้ไขเพื่อลดผลกระทบทางด้านคุณภาพน้ำตามแนวทางดังต่อไปนี้

5.3.1 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ทั้งใน ปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570 สรุปได้ดังในตารางที่ 61 ซึ่งจากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แหล่งกำเนิดมลพิษที่เป็นปัจจัยสำคัญของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน คือ โรงงานอุตสาหกรรม โดยปริมาณน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2550, ปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 มีค่าเท่ากับ 32,499, 43,246 และ 53,994 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำเสียในแต่ละส่วนเท่ากับ 59.16%, 64.21% และ 67.68% ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมดในแต่ละปี ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่มากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่กรม

โรงงานอุตสาหกรรมจะต้องเข้มงวดในการบังคับใช้มาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมการระบายน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มากขึ้น ทั้งนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเข้าสู่แม่น้ำ กวงและแม่น้ำปิงตอนบนมากที่สุด นอกจากนั้นแล้ว ยังต้องคำนึงในความจริงที่ว่า ในการประเมินปริมาณน้ำเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำปิงตอนบนนั้น ได้ใช้ตัวเลขที่ได้มีการกำหนดไว้ โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ยอมให้ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ ดังนั้น ตามสมมุติฐานดังกล่าว หมายความว่า โรงงานอุตสาหกรรมทุกโรงงานได้ทำการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นก่อนปล่อยน้ำลงสู่แม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วคาดได้ว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมส่วนหนึ่งไม่ได้บำบัดน้ำเสียจนมีมาตรฐานตามที่กรมโรงงานได้กำหนดไว้ ดังนั้น ถ้าสถานการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงและเกิดขึ้นมากแล้ว ย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงตอนบนรุนแรงกว่าผลการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2560 และ 2570 อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ตารางที่ 61 สรุปผลปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ใน ปี พ.ศ. 2550 ปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2570

หน่วย : กก./วัน

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2570
โรงงานอุตสาหกรรม	32,499 (59.16%)	43,246 (64.21%)	53,994 (67.68%)
ชุมชน	16,929 (30.81%)	18,592 (26.61%)	20,271 (25.41%)
สุกร	5,511 (10.03%)	5,511 (8.18%)	5,511 (6.91%)
รวม	54939 (100%)	67350 (100%)	79777 (100%)

5.3.2 จากตารางที่ 61 แสดงให้เห็นว่า แหล่งกำเนิดมลพิษที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำปิงตอนบนในปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากโรงงานอุตสาหกรรมคือแหล่งชุมชน โดยปริมาณน้ำเสียจากแหล่งชุมชนในปี พ.ศ. 2550, ปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 มีค่าเท่ากับ 16,929, 18,592 และ 20,271 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำเสียในแต่ละส่วนเท่ากับ 30.81%, 26.61% และ 25.41% ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมดในแต่ละปี ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่หน่วยราชการที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนจะต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสียให้

ครอบคลุมพื้นที่ที่มีแหล่งชุมชนอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในชุมชนบริเวณตัวเมือง เชียงใหม่และลำพูน ซึ่งได้กล่าวไว้ในข้อถัดไป

ตารางที่ 62 ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียทุกประเภทสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิง ตอนบน

จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณมลสาร BOD ที่แหล่งกำเนิด (กก/วัน)			เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำเสีย		
		2550	2560	2570	2550	2560	2570
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	4242.28	5035.74	5828.74	7.31	7.48	7.72
	แม่แจ่ม	762.14	811.86	861.46	1.08	1.21	1.39
	จอมทอง	2020.44	2496.79	3917.48	4.91	3.71	3.68
	เชียงดาว	1240.80	1415.69	1590.44	1.99	2.10	2.26
	ดอยสะเก็ด	1767.85	2159.91	2551.85	3.20	3.21	3.22
	แม่แตง	2150.97	2468.17	2785.26	3.49	3.66	3.92
	แม่วิม	2048.43	2491.62	2934.65	3.68	3.70	3.73
	สะเมิง	733.26	881.46	1029.63	1.29	1.31	1.33
	พร้าว	1419.59	1731.72	2043.76	2.56	2.57	2.58
	สันป่าตอง	1791.19	3174.19	3631.52	4.55	4.71	3.26
	สันกำแพง	5267.76	6852.88	8437.91	10.58	10.17	9.59
	สันทราย	3512.36	4405.72	5298.94	6.64	6.54	6.39
	หางดง	2226.17	2777.09	3327.89	4.17	4.12	4.05
	ฮอด	811.11	942.48	1073.79	1.35	1.40	1.48
	ดอยเต่า	374.85	430.66	486.43	0.61	0.64	0.68
	อมก๋อย	665.96	703.90	741.73	0.93	1.05	1.21
	สารภี	4376.43	5641.24	6905.90	8.66	8.38	7.97
	เวียงแหง	314.48	331.01	347.48	0.44	0.49	0.57
	แม่วาง	754.71	883.86	1012.95	1.27	1.31	1.37
	กิ่งอำเภอแม่ออน	250.76	263.02	275.24	0.35	0.39	0.46
	กิ่งอำเภอดอยหล่อ	290.22	305.71	321.15	0.40	0.45	0.53
ลำพูน	เมืองลำพูน	10615.49	12863.41	15111.33	18.94	19.10	19.32
	แม่ทา	1992.41	2182.59	2372.78	2.97	3.24	3.63
	บ้านโฮ่ง	1126.07	1315.27	1504.46	1.89	1.95	2.05
	ลี้	1121.11	1237.92	1354.74	1.70	1.84	2.04
	ทุ่งหัวช้าง	175.98	177.03	178.08	0.22	0.26	0.32
	ป่าซาง	1324.01	1609.91	1895.82	2.38	2.39	2.41
	บ้านธิ	1402.61	1598.72	1794.82	2.25	2.37	2.55
	กิ่งอำเภอเวียงหนองล่อง	160.37	160.60	160.84	0.20	0.24	0.29

5.3.3 ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียทุกประเภทสำหรับแต่ละอำเภอในกลุ่มน้ำปิงตอนบนทั้งใน ปี พ.ศ. 2550, 2560 และ 2570 สรุปได้ดังในตารางที่ 62 ซึ่งจากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ตัวเมืองลำพูนเป็นแหล่งกำเนิดปริมาณน้ำเสียมากที่สุด ดังตารางที่ 62 โดยในตัวเมืองลำพูนมีปริมาณน้ำเสียในปี พ.ศ. 2550, ปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เท่ากับ 10,615, 12,863 และ 15,111 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ คิดเป็น 18.94, 19.10 และ 19.32 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ตามลำดับ และสำหรับตัวเมืองเชียงใหม่พบว่า มีปริมาณน้ำเสียในปี พ.ศ. 2550, ปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 เท่ากับ 4,242, 5,036 และ 5,829 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ คิดเป็น 7.31, 7.48 และ 7.72 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน อย่างไรก็ตาม ตัวเมืองลำพูนและตัวเมืองเชียงใหม่มีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียที่น้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ตัวเมืองทั้งหมด กล่าวคือตัวเมืองเชียงใหม่มีโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่รับน้ำเสียเพียง 27 ตารางกิโลเมตร ซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนหลักของเทศบาลนครเชียงใหม่ แต่ทางฝั่งตะวันออกนั้น ไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำปิง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียให้มากขึ้นโดยการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมจากที่มีอยู่ในปัจจุบันในบริเวณฝั่งตะวันออกของเทศบาลนครเชียงใหม่ และสำหรับในกรณีของตัวเมืองลำพูนนั้น ปัจจุบันมีโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่รับน้ำเสียเพียง 6 ตารางกิโลเมตร ซึ่งอยู่บริเวณตัวเมืองของเทศบาลเมืองลำพูนทั้งหมด ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียให้มากขึ้นโดยการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมจากที่มีอยู่ในปัจจุบันเช่นเดียวกับในกรณีของตัวเมืองเชียงใหม่

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 (อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่) และ P.73 (อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่) โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ 3 แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 1) แบบจำลอง URBS ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า 2) แบบจำลอง FLDWAV ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ และ 3) แบบจำลอง WASP ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำ โดยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวได้ใช้ข้อมูลต่าง ๆ ทั้งข้อมูลหตุยภูมิที่ได้มีการเก็บรวบรวมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลปฐมภูมิของคุณภาพน้ำของปริมาณ DO, BOD และ SS ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “โครงการหน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย” (นุชนารถและคณะ, 2550) สำหรับบทสรุปของการศึกษาในแต่ละส่วนแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. การใช้งานแบบจำลอง URBS นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าในบริเวณที่ไม่มีการวัดปริมาณน้ำท่าไว้ในลุ่มน้ำปิงตอนบนสำหรับเหตุการณ์น้ำท่าที่พิจารณาระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 โดยในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS พบว่า ค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง URBS ที่สำคัญประกอบด้วย 1) α ซึ่งหมายถึง พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลำน้ำ (channel lag parameter) พบว่า ค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.45 2) β ซึ่งหมายถึง พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลุ่มน้ำ (catchment lag parameter) พบว่า ค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 7 ถึง 9 3) m ซึ่งหมายถึง พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ พบว่า ค่าที่เหมาะสมคือ 0.80 4) IL ซึ่งหมายถึง ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (initial loss) พบว่า ค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 0 5) PR ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของการเกิดปริมาณน้ำท่า (proportional loss) พบว่า ค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.25 และ 6) IF ซึ่งหมายถึง อัตราการซึมลงดิน (infiltration rate) ของพื้นที่ลุ่มน้ำในหน่วย มม. พบว่า ค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 250 ถึง 500 สำหรับผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS นั้น พบว่า จากการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้นมีการเข้ากันได้ดี กล่าวคือ ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติทั้งสามค่าคือ Correlation Coefficient (r), RMSE และ Efficiency Index (EI) นั้น พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.855-0.920, 23.264-33.765 (ลบ.ม.ต่อวินาที) และ 81.428-91.489 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.891, 30.58 ลบ.ม.ต่อวินาที และ 86.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมที่

สามารถนำแบบจำลอง URBS มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLDWAV ได้ต่อไป

2. การใช้งานแบบจำลอง FLDWAV นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของกราฟน้ำท่าในแม่น้ำปิงตอนบนสำหรับเหตุการณ์ที่พิจารณา ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 โดยใช้ขบวนการทางอุทกพลศาสตร์ โดยผลที่ได้จากแบบจำลองคือ พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ในแต่ละช่วงของทางน้ำที่พิจารณา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง WASP โดยในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ (Manning's n) ที่เหมาะสมสำหรับลำน้ำสายหลักมีค่าระหว่าง 0.035 ถึง 0.040 และในทุ่งน้ำท่วมมีค่าระหว่าง 0.15 ถึง 0.25 สำหรับผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง FLDWAV นั้น พบว่า จากการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของปริมาณการไหลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้นมีการเข้ากันได้ดี กล่าวคือ ค่าทางสถิติทั้งสามค่าคือ r , RMSE และ EI นั้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.815-0.939, 11.069-47.356 (ลบ.ม.ต่อวินาที) และ 83.710-88.503 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.862, 25.317 ลบ.ม.ต่อวินาที และ 86.449 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมที่สามารถนำแบบจำลอง FLDWAV มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินปริมาณค่าพารามิเตอร์ทางทางชลศาสตร์ที่สำคัญในลำน้ำปิง ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วของน้ำ ปริมาณการไหล ความลึกในการไหล และปริมาตรของน้ำในแต่ละช่วงลำน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง WASP ได้ต่อไป

3. การใช้งานแบบจำลอง WASP นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งในการใช้งานแบบจำลอง WASP เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD นั้น จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสม โดยที่มีพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งคือค่า dispersion coefficient ซึ่งจะต้องกำหนดค่าจากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP โดยใช้พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำด้านกายภาพมาตรวจสอบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้พิจารณาปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) มาใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อหาค่า dispersion coefficient ที่เหมาะสม ซึ่งผลการศึกษาพบว่า พารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองในส่วนของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ปริมาณตะกอนแขวนลอยนั้นประกอบด้วย 1) biotic solids production rate ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 2.7 กรัม/ลบ.ม.-วัน และ 2) organic matter dissolution rate constant ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.23 วัน⁻¹ สำหรับผลการ

สอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP ในส่วนของการเปรียบเทียบปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้น พบว่า มีการเข้ากันได้ดี กล่าวคือ ค่าทางสถิติทั้งสามค่าคือ r , RMSE และ EI นั้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.815-0.985, 11.148-32.628 (มล.กรัมต่อลิตร) และ 61.870-91.489 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.914, 21.326 มล.กรัมต่อลิตร และ 78.908 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงมีความเหมาะสมที่สามารถนำค่า dispersion coefficient ซึ่งพบว่ามีค่าระหว่าง 20-35 ตารางเมตรต่อวินาที มาใช้ประกอบในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่า BOD และ DO โดยแบบจำลอง WASP ต่อไป

4. การใช้งานแบบจำลอง WASP ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบนระหว่างสถานีวัดน้ำท่า P.20 (อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่) และ P.73 (อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่) นั้น ได้ทำการเปรียบเทียบการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate กับ วิธี conventional method ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับเหตุการณ์ที่พิจารณา ระหว่างวันที่ 3 กันยายน 2548 ถึง 9 พฤษภาคม 2550 เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่ทำให้ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP ที่ทำให้เกิดการเข้ากันได้ดีของปริมาณ DO และ BOD ที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดในช่วงการหาค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสม โดยผลการศึกษา พบว่า พารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง WASP ที่สำคัญประกอบด้วย 1) Global reaeration rate constant at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 2 วัน⁻¹ 2) Oxygen to carbon stoichiometric ratio ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 2.67 มล.กรัม O₂/มล. กรัม C 3) Decay rate constant at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.5 วัน⁻¹ 4) Nitrification rate constant at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.08 วัน⁻¹ 5) Denitrification rate constant at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.06 วัน⁻¹ 6) Phytoplankton growth rate at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 1.5 วัน⁻¹ 7) Phytoplankton respiration rate at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.15 วัน⁻¹ และ 8) Sediment oxygen demand rate at 20 °C ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมคือ 0.3 วัน⁻¹

สำหรับในส่วนของการเปรียบเทียบการเข้ากันได้ดีระหว่างปริมาณ DO ที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้น พบว่า ในกรณีของการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate นั้น ให้ค่าทางสถิติทั้งสามค่าคือ r , RMSE และ EI อยู่ระหว่าง 0.865-0.918, 0.086-0.429 (มล.กรัมต่อลิตร) และ 58.734-80.488 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.886, 0.208 มล.กรัมต่อลิตร และ 70.391 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในกรณีของการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี conventional method ให้ค่าดังกล่าวระหว่าง 0.582-0.916, 0.164-0.726 (มล.กรัม

ต่อลิตร) และ 10.549-62.077 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.791, 0.454 มล.กรัมต่อลิตร และ 37.067 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งนับว่าการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate นั้น ให้ค่าทางสถิติที่เหมาะสมกว่า

สำหรับในส่วนของการเปรียบเทียบการเข้ากันได้ระหว่างปริมาณ BOD ที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการตรวจวัดนั้น พบว่า ในกรณีของการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate นั้น ให้ค่าทางสถิติทั้งสามค่าคือ r , RMSE และ EI อยู่ระหว่าง 0.748-0.931, 0.021-0.269 (มล.กรัมต่อลิตร) และ 52.163-83.148 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.866, 28.686 มล.กรัมต่อลิตร และ 67.674 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในกรณีของการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี conventional method ให้ค่าดังกล่าวระหว่าง 0.124-0.801, 0.132-0.847 (มล.กรัมต่อลิตร) และ 23.733-126.987 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.376, 0.555 มล.กรัมต่อลิตร และ 79.591 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งนับว่าการประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate นั้น ให้ค่าทางสถิติโดยรวมที่เหมาะสมกว่าเช่นเดียวกัน

จากผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP เพื่อการประเมินปริมาณ DO และ BOD จนได้ค่าทางสถิติที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้น จึงสามารถยอมรับค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองดังสรุปแล้วข้างต้นมาใช้ในการประเมินสถานการณ์ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนต่อไป ทั้งนี้ได้เลือกใช้การประเมินปริมาณมลสาร BOD โดยวิธี direct estimate เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าสำหรับการศึกษานี้ดังได้กล่าวเหตุผลแล้วข้างต้น

5. จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง WASP เพื่อการหาค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อประกอบการประเมินปริมาณ DO และ BOD นั้น พบว่า มีพารามิเตอร์จำนวน 7 พารามิเตอร์ ที่มีผลกระทบต่อผลการประเมินปริมาณ DO และ BOD อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้ศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทั้ง 7 พารามิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย 1) Global reaeration rate constant at 20 °C (k_2), 2) Oxygen to carbon stoichiometric ratio (a_{OC}), 3) Decay rate constant at 20 °C (k_d), 4) Nitrification rate constant at 20 °C (k_{12}), 5) Phytoplankton growth rate at 20 °C (G_{PI}), 6) Phytoplankton respiration rate at 20 °C (k_{IR}) และ 7) Dispersion Coefficient (k_{ds}) โดยในการศึกษาความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD กระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์

ครั้งละ 1 พารามิเตอร์ ในขณะที่ค่าของพารามิเตอร์ตัวอื่นให้คงค่าไว้เหมือนเดิม หลังจากนั้นให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่กำลังพิจารณาว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD อย่างไร โดยทำการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD สำหรับกรณีที่ค่าของพารามิเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไป กับกรณีที่พารามิเตอร์มีค่าเท่ากับค่าใช้ ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองไว้ ผลการศึกษาสรุปดังในตารางที่ 63 ซึ่งจากในตารางดังกล่าวสรุปได้ดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO สรุปได้ดังนี้คือ 1) พารามิเตอร์ k_2 โดยมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณ DO ในปริมาณมาก 2) พารามิเตอร์ k_d มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณ DO ในปริมาณมาก 3) พารามิเตอร์ a_{OC} , k_{12} และ k_{1R} มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณ DO ที่ไม่มากนัก 4) พารามิเตอร์ G_{P1} มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณ DO ที่ไม่มากนัก และ 5) พารามิเตอร์ k_{ds} มีความสัมพันธ์กับปริมาณ DO ที่ไม่มากนักและเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจน

สำหรับพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD สรุปได้ดังนี้คือ 1) พารามิเตอร์ a_{OC} และ k_{12} มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณ BOD ในปริมาณมาก 2) พารามิเตอร์ k_d มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณ BOD ในปริมาณมาก 3) พารามิเตอร์ G_{P1} และ k_{1R} มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD มาก แต่เป็นความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน 4) พารามิเตอร์ k_2 มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับปริมาณ BOD ในปริมาณที่ไม่มาก และ 5) พารามิเตอร์ k_d มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณ BOD ในปริมาณที่น้อยมาก

ตารางที่ 63 ผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง WASP ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO และ BOD

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้สอบเทียบและตรวจพิสูจน์	ค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาความอ่อนไหว	อิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO	อิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD	หมายเหตุ
Global reaeration rate constant at 20 °C (k_2)	2 วัน ⁻¹	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 4 วัน ⁻¹	ค่อนข้างมาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรง	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	เกิดการแกว่งของปริมาณ DO และ BOD เมื่อค่า k_2 เท่ากับ 4 วัน ⁻¹
Oxygen to carbon stoichiometric ratio (a_{OC})	2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C	0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.67 มล.กรัม O_2 / มล.กรัม C	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	มาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรง	
Decay rate constant at 20 °C (k_d)	0.5 วัน ⁻¹	0, 0.5, 2, 3, 4 และ 5 วัน ⁻¹	มาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	น้อยมาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรง	
Nitrification rate constant at 20 °C (k_{12})	0.08 วัน ⁻¹	0, 0.08, 0.25, 0.5 และ 1 วัน ⁻¹	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	มาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรง	เกิดการแกว่งอย่างมากของปริมาณ DO และ BOD เมื่อค่า k_{12} เท่ากับ 0.5 และ 1 วัน ⁻¹
Phytoplankton growth rate at 20 °C (G_{PI})	1.5 วัน ⁻¹	0.5, 1, 1.3, 1.5, 1.75 และ 2 วัน ⁻¹	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรง	มาก โดยมีความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจน	เกิดการกระโดดของปริมาณ DO เมื่อค่า G_{PI} เท่ากับ 2 วัน ⁻¹

ตารางที่ 63 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้สอบเทียบและตรวจพิสูจน์	ค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาความอ่อนไหว	อิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DO	อิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD	หมายเหตุ
Phytoplankton respiration rate at 20 °C (k_{IR})	0.125 วัน ⁻¹	0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.5 วัน ⁻¹	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	มาก โดยเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจน	เกิดการกระโดดของปริมาณ DO เมื่อค่า k_{IR} เท่ากับ 0 และ 0.05 วัน ⁻¹
Dispersion Coefficient (k_{ds})	20 ถึง 35 ตารางเมตร/วินาที	-20%, -15%, -10%, -5%, 0%, 5%, 10% และ +15% ของค่า Dispersion Coefficient	ไม่มากนัก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบที่ไม่ชัดเจน	มาก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผัน	เกิดการกระโดดของปริมาณ DO และ BOD เมื่อค่า k_{ds} เท่ากับ +15%

6. เมื่อได้แบบจำลอง WASP ที่ผ่านสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จนได้ค่าของพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองที่เป็นที่ยอมรับได้แล้ว จึงได้นำแบบจำลอง WASP มาใช้เพื่อประเมินสถานการณ์ของคุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในแม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 โดยตั้งสมมุติฐานว่า ให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้เท่านั้น คือ จำนวนประชากร จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม และจำนวนสุกร สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ อาทิเช่น กราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนต่าง ๆ และรูปตัดขวางของแม่น้ำปิงและสาขา จะไม่นำมาพิจารณา กล่าวคือ ได้พิจารณาใช้ข้อมูลด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเท่านั้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2560 สภาพคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนเสื่อมโทรมลงแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ โดยอยู่ในเกณฑ์น้ำผิวดินประเภทที่ 2 โดยจากการพล็อตกราฟปริมาณ DO ต่ำสุด ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำนํ้า สามารถสรุปได้ว่า จากกราฟของปริมาณ DO ต่ำสุดตลอดช่วงลำนํ้า นั้น พบว่า ปริมาณ DO มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณก่อนจุดบรรจบน้ำแม่จัด สำหรับปริมาณ DO ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณจุดบรรจบน้ำแม่ลี และปริมาณ DO ต่ำสุดเฉลี่ยตลอดช่วงลำนํ้ามีค่าเท่ากับ 5.08 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับในส่วนของคุณภาพ BOD นั้น ได้ทำการ

พล็อตกราฟปริมาณ BOD สูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำน้ำ สามารถสรุปได้ว่า จากกราฟของปริมาณ BOD สูงสุดตลอดช่วงลำน้ำนั้น พบว่า ปริมาณ BOD สูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณหลังจากผ่านตัวเมืองลำพูน (P.5) สำหรับปริมาณ BOD ต่ำสุดนั้น มีค่าเท่ากับ 1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณวัดน้ำท่า (P.75) และปริมาณ BOD มีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงลำน้ำเท่ากับ 1.82 มิลลิกรัมต่อลิตร และสำหรับผลการประเมินสถานการณ์ของปริมาณ DO และ BOD ในปี พ.ศ. 2570 นั้น พบว่า ในภาพรวมแล้วสภาพคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงกว่าในปี พ.ศ. 2550 ประมาณหนึ่งระดับ โดยสภาพคุณภาพน้ำลดลงมาอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ในปี พ.ศ. 2570 จากคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ในปี พ.ศ. 2550 โดยจากการพล็อตกราฟปริมาณ DO ต่ำสุด ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำน้ำ สามารถสรุปได้ว่า จากกราฟของปริมาณ DO ต่ำสุดตลอดช่วงลำน้ำนั้น พบว่า ปริมาณ DO สูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณต้นน้ำของสถานีวัดน้ำท่า P.20 สำหรับปริมาณ DO ต่ำสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 2.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณหลังจากออกจากตัวเมืองลำพูน (P.5) และปริมาณ DO ต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.87 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับในส่วนของปริมาณ BOD นั้น ได้ทำการพล็อตกราฟปริมาณ BOD สูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงลำน้ำ สามารถสรุปได้ว่า จากกราฟของปริมาณ BOD สูงสุดตลอดช่วงลำน้ำนั้น พบว่า ปริมาณ BOD สูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณหลังจากออกจากตัวเมืองลำพูน (P.5) สำหรับปริมาณ BOD ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณจุดบรรจบน้ำแม่ลี และปริมาณ BOD สูงสุดเฉลี่ยตลอดช่วงลำน้ำมีค่าเท่ากับ 2.04 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการคาดการณ์สถานการณ์ของคุณภาพน้ำของปริมาณ DO และ BOD ในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2570 แสดงให้เห็นว่า สถานการณ์ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนมีแนวโน้มที่เสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนประชากรและการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมตลอดจนเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เสนอแนะมาตรการลดผลกระทบดังนี้คือ 1) กรมโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องเข้มงวดในการบังคับใช้มาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมการระบายน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มากขึ้น ทั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเข้าสู่แม่น้ำกวังและแม่น้ำปิงตอนบนมากที่สุด และ 2) หน่วยราชการที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนจะต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสียให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีแหล่งชุมชนอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในชุมชนบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่และลำพูน ซึ่งในปัจจุบันในตัวเมืองเชียงใหม่มีโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่รับน้ำเสียเพียง 27 ตารางกิโลเมตร ซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง จึงสมควรเพิ่มศักยภาพการบำบัดน้ำเสียบริเวณ

ดังกล่าวให้กว้างขึ้น รวมทั้งการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง และสำหรับตัวเมืองลำพูนนั้น ปัจจุบันมีโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่รับน้ำเสียเพียง 6 ตารางกิโลเมตร จึงสมควรเพิ่มศักยภาพการบำบัดน้ำเสียบริเวณดังกล่าวให้กว้างขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อรองรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันให้เพียงพอรวมทั้งแนวโน้มของปริมาณน้ำเสียที่จะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2542.

_____. 2542. รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการจัดหาข้อมูลพื้นฐานแหล่งกำเนิดมลพิษและจัดทำแผนปฏิบัติการฟื้นฟูคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ. โรงพิมพ์กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ. 65 น.

_____. 2543. รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2543.

_____. 2544. รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2544.

_____. 2548. โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่เร่งด่วนเชิงรุกกลุ่มน้ำปิง – สา (รายงานฉบับสมบูรณ์). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2544. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. โรงพิมพ์ประชุมวงศ์, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา มหาสันตนะ. 2539. การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ **MIKE 11**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จำเนียร ธนลีลังกูร และ นิวัติ เรืองพานิช. 2524. คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ 81. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 121 น.

ฉัตรไชย รัตนไชย. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 241 น.

ชูชาติ หุตุเจริญ. 2527. การศึกษาปริมาณอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำปิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ ฌ เชียงใหม่. 2525. มลพิษสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นฤมล สังขประดิษฐ์. 2541. การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการ
คาดการณ์คุณภาพน้ำ แม่น้ำ แม่กลองตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2540. การศึกษาสถานะน้ำท่วมของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้
แบบจำลอง MIKE 11. วิศวกรรมสารเกษตรศาสตร์ 12(35) .113- 145

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2544. เอกสารประกอบวิชาการจำลองสถานะการเกิดน้ำท่วม. ภาควิชา
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2546. จำลองสถานะการเกิดน้ำท่วม. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2548. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.
รายงานโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศ
ไทย”. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. คุณภาพน้ำเพื่อการประมง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต
ลำปาง, ลำปาง.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2543. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

พรชัย นิธิ. 2532. ลักษณะทางกายภาพของน้ำตามลำน้ำสายหลักในกลุ่มน้ำปิง-ยม. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัฒนา มูลพุกภัย. 2539. อนามัยสิ่งแวดล้อม. เอ็น เอส แอล พรินติ้ง, กรุงเทพฯ. 545 น.

- ภัทรา เฟื่องธรรมกิริติ. 2541. การเปรียบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการคาดการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภาสกร สัทธานนท์. 2542. การวิเคราะห์ผลกระทบของชลประทานต่อคุณภาพน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภูวดล พรหมชา. 2544. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน และมันรัช ตันทุลเวศม์. 2547. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ ไผ่แก้ว. 2531. สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนจากลุ่มน้ำย่อยที่มีขนาดพื้นที่แตกต่างกันบริเวณลุ่มน้ำยมและน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุวดี พีรพรพิศาลและคณะ. 2539. รายงานการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่ปิงรอบ 1 ปี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- ยุวเรศ เวชกามา. 2548. การศึกษาด้านคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รัชนิกุล โมราราชกูร์. 2527. การเปรียบเทียบของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำระหว่างช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งบริเวณลุ่มน้ำปิง-วัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริเพ็ญ ตรีชัยพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สาวิตรี นาคหอม. 2550. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของกลุ่มน้ำ
บึงบอระเพ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546.
คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน (Manual of
Inland Water Quality Monitoring and Assessment), กรุงเทพฯ.

สุทธิพร อนันต์พิพัฒน์กิจ. 2541. แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการคุณภาพน้ำในลำตะคอง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อหิระ วังไรสง. 2548. การศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และ
ปริมาณออกซิเจนละลายในลุ่มน้ำปิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิสรา พิริยะพิเศษพงษ์. 2540. การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการคุณภาพน้ำ
ผิวดินบริเวณโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

อนันตศักดิ์ ส่องพราย. 2525. ผลกระทบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บนภูเขาคู่คุณภาพน้ำบริเวณ
ดอยปุยและทุ่งจ้อย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.J. Robson, C. Neal. A summary of regional water quality for Eastern UK rivers. The
Science of the Total Environment 194 195 (1997) 15-37.

A.M. Sincock., H. S. Wheatet., P.G. Whitehead., 2003. Calibration and sensitivity of river
water quality model under unsteady flow conditions. Journal of Hydrology, Vol. 277,
p. 214-229.

- B.W. Webb, J.M. Phillips, D.E. Walling, I.G. Littlewoodb, C.D. Watts, G.J.L. Leeks. **Load estimation methodologies for British rivers and their relevance to the LOIS RACS(R) programme.** The Science of the Total Environment 194 195 (1997) 379-389.
- Boughton, W.B. 1993. **A hydrograph based model for estimating the water yield of ungauged catchments.** Hydrology & Water Resources Symposium, Newcastle.
- Bowornsak, W., 1992. **Water quality analysis for a basin-wide planning.** M.Eng. thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Boyd, M.J. Bufill M.C., Knee R.M. 1993. **Pervious and impervious runoff in urban catchments.** Hydrological Services Journal, 38, 6, Dec. 1993.
- Brown, L.C. and T.O. Barnwell, Jr. 1987. **The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS : Documentation and user manual.** EPA/600/3-87/007 May 1987. US. EPA, Athens, GA, 30605.
- Buan S. D., 2003. **NWS FLDWAV model: a one dimensional unsteady flow model for the Red river of the north.** NOAA, National Weather Service, WFO Twin Cities Chanhassen, Minnesota, USA.
- Campbell, S. G., Hanna, R.B., Flug, M. and Scott, J. F., 2001. **Modeling Klamath River system operations for quantity and quality.** J. Water Resour. Plang. And Mgmt. ASCE., Vol. 127(5), p. 284-294.
- Carroll, D. G. 2004. **URBS a Rainfall Runoff Routing Model for flood forecasting & design version 4.00.** 168 p.
- Churchill, M.A., H.L. Elmore y R.A. Buckingham. 1962. **The prediction of stream reaeration rates.** Journal of Sanitary Engineering Div., ASCE, 88(4).

- Covar, A.P. 1976. **Selecting the proper reaeration coefficient for use in water quality models.** Presented at the U.S. EPA Conference on Environmental Simulation Modeling, April 19-22, 1976. Cincinnati, Ohio.
- Fread, D.L., 1976. **Theoretical development of an implicit dynamic routing model.** Hydrologic research laboratory, Office of hydrology, U.S. Department of Commerce, NOAA, NWS, Silver Spring, MD., presented at dynamic routing seminar, Lower Mississippi river forecast center, Slidell, LA., 13-17 Dec 1976.
- Fread D.L. and Ming Jin., 1993. **Real-time dynamic flood routing with NWS FLDWAV model using Kalman Filter updating.** National Weather Service, NOAA, Silver Spring, USA.
- Fread D.L., Ming Jin and Lewis J. M., 1996. **An application of the LPI solution technique in the NWS FLDWAV model.** Office of Hydrologic, National Weather Service, NOAA, Silver Spring, USA.
- Fread, D.L. and Lewis, J.M., 1998. **NWS FLDWAV Model: Theoretical description and User documentation.** Hydrologic Research Laboratory, Office of Hydrology, National Weather Service (NWS), NOAA, Silver Spring, Maryland, USA. 334 p.
- Havnø, K. and Brorsen, M. 1986. **A general mathematical modeling system for flood forecasting and control.** Proceeding of International Conference on Hydraulics of Floods and Flood Control, Cambridge, UK; BHRA, Stevenage.
- Hydrologic Engineering Center., 1995. **A dynamic one-dimensional (longitudinal) water quality model for stream user's manual.** Usarmy Corp of Engineer, U.S.A.
- I.G. Littlewood, C.D. Watts, J.M. Custance. **Systematic application of United Kingdom river flow and quality databases for estimating annual river mass loads.** The Science of the Total Environment 210 211(1998) 21-40.

- Langbein, W.B. and W.H. Durum. 1967. **The aeration capacity of streams**. U.S. Geological Survey Circular 542: 6.
- Laurenson, E.M. & Mein, R.G. 1990. **RORB - version 4 runoff routing program user manual**. Monash University, Dept of Civil Engineering.
- Lohani and Thanh, Oxford. 1978. **Water pollution control in developing countries**. Endeavour, Volume 3, Issue 4, 1979, Page 183.
- Malone, T. 2000. **Streamflow routing techniques in large rivers in Queensland**. In WMO project: Intercomparison of Forecast Models for Streamflow Routing in Large Rivers.
- Manley, R.E. 1974. **Catchment models for river management**. MSc Thesis, University of Birmingham.
- Maqsood Imran, 1996. **river water quality management: a case study of the river Ravi in Lahore, Pakistan**. Master's Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Mills, W.B., D.B. Porcella, M.J. Unga, S.A. Gherini, K.V. Summers, Limfung Mok, G.L. Rupp, G.L. Bowie, and D.A. Haith. 1985. **Water quality assessment: a screening procedure for toxic and conventional pollutants, parts 1 and 2**. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA. EPA-600/6-85-002 a and b.
- O'Connor D. J. & Dobbins W. E. 1958. **Mechanism of reaeration in natural streams**. Transactions of the American Society of Civil Engineering 123:641-684.
- Olivieri, V.P. 1982. **bacterial indicators of pollutions**. CRC Press. Inc., Florida.
- Owens, M., R.W. Edwards, and J.W. Gibbs. 1964. **Some reaeration studies in streams**. International Journal of Air and Water Pollution 8: 159-170.

- Palmer, R.G. 1970. **Algae and water pollution**. London Press., London.
- Promkutkaew S., Roongruangwonges W., Supasai S., Peerapornpisal Y., 1999. **Analysis of water quality of Ping River over one year**. The 1st International Conference on Water Resources Management in Intermontane Basin, Chang Mai, Thailand.
- R.A. Letcher, A.J. Jakeman, M. Calfas, S. Linforth, B. Baginska, I. Lawrence . **A comparison of catchment water quality models and direct estimation techniques**. Available Source: <http://www.elsevier.com/locate/envsoft>, June 25, 2005.
- S.K. Ning., N.B. Chang., L. Yang., H.W. Chen., H.Y. Hsu., 2001. **Assessing pollution prevention program by QUAL2E simulation analysis for Kao-Ping River Basin, Taiwan**. Journal of Environmental Management, Vol. 61, p. 61-76.
- Steven C. Chapra. 1997. **Surface water – quality modeling**. The McGraw – Hill Co. Singapore.
- Sylvestre J. and Sylvestre P., 2002. **FLDWAV application: Transitioning from calibration to operational mode**. Hydrology Laboratory, Office of Hydrologic Development, National Weather Service, NOAA, Silver Spring, USA.
- T.Kunpradid. 2005. **Diversity of macroalgae and benthic diatoms and their relationships with nutrient compounds in the Pong and Nan rivers**. A thesis for the degree of doctor of philosophy in biology. Chiangmai university. Chiangmai.
- Thackston, I.E. and Krenkel, P.A. 1966. **Longitudinal mixing and reaeration in natural streams**, Ph.D. Dissertation, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA.
- US EPA., 2006. **Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) Draft: User's Manual**. 456 p.

- Wei Zeng and M.B. Beck. 2003. **STAND, A dynamic model for sediment transport and water quality**. Journal of Hydrology, Vol. 277, p. 125-1333.
- Whitehead, J., 1981. **A system model of streamflow and water quality in the Bedford Ouse River System –II**. J. Water Res., Vol.15, p. 1157-1171.
- Wool, Tim A., Robert B. Ambrose, James L. Martin, and Edward A. Comer, 2001. 2001, **Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) Version 6.0 DRAFT: User's Manual**, U.S. Environmental Protection Agency – Region 4 Atlanta, GA.
- Wu, J.S. and R.C. Ahlert., 1979. **Application of a steady-state, one-dimensionnal water quality model**. Water Resource Bulletin, Vol. 15, p. 660-670.
- Xu Xiaoming and Zhang Jingyi., 2002. **The improvement of NWS FLDWAV hydraulic model and connection with WASP5**. Hohai University, Nanjing, P.R. China.
- Zhou Liu. 2001. **Sediment transport**. Aalborg university. Denmark.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษาและพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เก็บรวบรวมจากภาคสนาม

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
3/9/2548	P20	12.00	0.95	-	-	6.70	1.68	148
3/9/2548	น้ำแม่จิด	14.00	-	27.7	29.6	2.78	1.38	200
3/9/2548	P75	14.30	2.19	27.3	29.6	5.68	1.38	205
3/9/2548	P4A	15.00	2.05	27.0	29.2	7.18	4.13	420
3/9/2548	P67	15.50	2.475	27.4	31.6	5.80	1.45	267
3/9/2548	P21	16.55	1.94	27.1	29.6	6.60	2.70	329
3/9/2548	P1	17.40	2.39	27.6	28.2	5.55	0.80	213
3/9/2548	P5A	10.20	4.07	27.6	29.7	4.63	2.28	104
3/9/2548	P71	11.35	1.53	25.7	31.4	6.70	1.18	102
3/9/2548	น้ำแม่ถ้ำ	-	-	-	-	-	-	-
3/9/2548	P24A	12.55	1.34	24.2	32.2	6.85	1.28	73
3/9/2548	P73	13.35	2.46	28.4	31.4	6.20	1.33	149
11/9/2548	P20	8.00	2.35	24.6	22.4	6.10	1.30	458
11/9/2548	น้ำแม่จิด	9.00	-	24.3	26.1	0.90	0.18	106
11/9/2548	P75	9.20	2.89	25.6	27.2	5.00	1.10	820
11/9/2548	P4A	9.40	3.4	24.9	27.3	5.65	1.45	1710
11/9/2548	P67	10.50	3.38	26.2	27.5	5.30	1.20	632
11/9/2548	P21	10.40	2.95	25.2	26.4	5.80	1.70	223
11/9/2548	P1	16.30	3.21	27.2	29.4	5.40	1.30	728
11/9/2548	P5A	15.45	4.59	27.8	33.1	4.80	1.95	191
11/9/2548	P71	14.45	4.68	26.9	29.1	6.00	2.80	602
11/9/2548	น้ำแม่ถ้ำ	13.55	-	26.9	25.3	6.70	2.10	556
11/9/2548	P24A	12.45	2.78	27.7	24.8	6.40	1.30	87
11/9/2548	P73	13.30	3.48	24.9	27.1	6.20	1.60	222
18/9/2548	P20	7.40	0.96	25.3	24.7	6.05	2.45	89
18/9/2548	น้ำแม่จิด	8.35	-	26.3	27.7	2.80	0.00	14
18/9/2548	P75	8.50	2.05	27.1	27.6	6.40	0.35	188
18/9/2548	P4A	9.15	2.13	26.3	27.4	6.10	0.95	216
18/9/2548	P67	9.30	2.39	27.8	29.3	5.80	1.30	331
18/9/2548	P21	10.05	1.68	27.5	28.4	6.00	1.00	137

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
18/9/2548	P1	15.30	2.09	28.3	34.4	5.28	0.18	280
18/9/2548	P5A	14.40	3.51	29.9	34.6	4.20	1.60	54
18/9/2548	P71	11.45	3.27	26.9	33.7	5.80	2.40	1292
18/9/2548	น้ำแม่ลี้	13.45	-	30.6	34.6	5.50	0.45	90
18/9/2548	P24A	12.20	2.48	26.1	37.1	5.70	2.60	956
18/9/2548	P73	13.00	3.04	29.2	33.9	5.50	0.65	139
22/9/2548	P20	13.20	1.63	26.8	36.2	6.30	0.35	250.0
22/9/2548	น้ำแม่จิด	14.30	-	27.7	34.2	4.95	0.6	12.0
22/9/2548	P75	14.50	3.11	27	34.3	5.40	0.05	287.0
22/9/2548	P4A	15.00	3.26	27.2	35.3	6.30	0.65	1051.7
22/9/2548	P67	15.40	4.01	24.3	32.6	5.70	1.45	498.0
22/9/2548	P21	16.30	2.12	27.1	33.8	5.10	0	137.0
22/9/2548	P1	15.30	2.09	28.3	34.4	5.50	0.6	383.0
22/9/2548	P5A	9.50	4.59	27.7	29.1	3.50	0.9	57.0
22/9/2548	P71	7.00	2.79	24.6	25.6	6.35	0.55	308.6
22/9/2548	น้ำแม่ลี้	9.00	-	27.1	26.9	6.4	0.75	48.0
22/9/2548	P24A	7.45	1.59	23.4	24.3	6.5	0.4	120.0
22/9/2548	P73	8.30	5.3	27.1	27.7	5.35	0.65	404.3
29/9/2548	P20	7.45	2.15	23.7	24	6.20	3.3	788.0
29/9/2548	น้ำแม่จิด	9.10	-	27.3	26.7	6.50	1.5	17.5
29/9/2548	P75	9.20	4.4	26.2	25.3	5.90	1.2	900.0
29/9/2548	P4A	10.45	4.48	23.6	26.7	6.35	2.6	4138.7
29/9/2548	P67	10.10	5.5	25.5	26.1	5.70	1.7	1587.1
29/9/2548	P21	10.40	1.75	25.8	29.2	6.30	0.8	125.3
29/9/2548	P1	15.15	4.7	27.2	27.8	5.50	1.675	1648.0
29/9/2548	P5A	14.45	4.03	28.8	35.6	4.50	1.95	116.0
29/9/2548	P71	12.10	2.38	26.1	32.7	6.95	1.7	199.0
29/9/2548	น้ำแม่ลี้	14.00	-	26.8	30.1	6.70	1.8	592.0
29/9/2548	P24A	12.45	2.03	24.6	29.6	6.50	1.25	103.3
29/9/2548	P73	13.15	3.63	27.7	29.6	5.95	0.85	255.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
2/10/2548	P20	11.20	0.39	22.0	23.0	7.03	0.6	11.0
2/10/2548	น้ำแม่จิด	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P75	8.45	3.53	26.2	27.7	5.8	0.65	374.1
2/10/2548	P4A	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P67	9.15	4.19	26.2	27.4	5.9	0.60	511.4
2/10/2548	P21	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P1	7.45	3.95	26.4	25.3	5.5	0.70	417.0
2/10/2548	P5A	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P71	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	น้ำแม่ลี	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P24A	-	-	-	-	-	-	-
2/10/2548	P73	-	-	-	-	-	-	-
5/10/2548	P20	7.45	1.18	24.9	25.5	6.45	3.75	216.0
5/10/2548	น้ำแม่จิด	8.55	-	26.9	27.4	4.30	0.50	420.0
5/10/2548	P75	9.10	3.35	26.7	27.0	5.60	0.40	242.0
5/10/2548	P4A	9.25	2.49	24.8	28.1	6.80	0.20	398.6
5/10/2548	P67	9.50	3.63	26.9	28.5	5.80	2.20	406.0
5/10/2548	P21	10.10	1.44	26.3	30.6	6.30	0.40	73.3
5/10/2548	P1	15.50	2.95	29.1	35.4	5.55	0.15	571.4
5/10/2548	P5A	15.10	3.53	29.8	34.1	4.30	0.58	55.3
5/10/2548	P71	14.10	-	30.0	32.0	5.60	0.20	148.0
5/10/2548	น้ำแม่ลี	11.50	1.75	27.1	33.5	6.40	0.10	144.0
5/10/2548	P24A	12.15	1.3	25.6	27.7	6.20	0.15	53.0
5/10/2548	P73	13.10	3.39	30.2	34.5	4.88	0.23	335.0
16/10/2548	P20	11.30	0.59	24.5	32	7.40	1.98	37.0
16/10/2548	น้ำแม่จิด	12.30	-	27.5	34	2.55	1.00	117.0
16/10/2548	P75	12.45	1.82	26.3	29.1	5.40	1.20	110.0
16/10/2548	P4A	13.10	1.74	25.6	31.1	7.60	2.60	71.0
16/10/2548	P67	14.00	1.91	26.1	31.1	6.75	1.20	154.0
16/10/2548	P21	14.30	1.13	27.4	36.5	6.95	0.80	73.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
16/10/2548	P1	9.35	1.71	25.2	27.2	5.95	1.60	116.0
16/10/2548	P5A	18.00	2.85	27.7	27.4	6.65	1.80	38.0
16/10/2548	P71	15.40	1.24	27	32.1	7.15	4.60	50.0
16/10/2548	น้ำแม่ลี้	17.25	-	27.9	27	7.00	1.20	29.0
16/10/2548	P24A	16.30	1.04	25.9	29.7	7.50	1.80	12.0
16/10/2548	P73	17.00	1.03	27.7	28.9	7.13	1.00	110.0
21/12/2548	P20	11.20	0.39	22.0	23.0	7.03	0.6	11.0
21/12/2548	น้ำแม่จิด	12.15	-	25.1	26.0	5.80	1.3	18.0
21/12/2548	P75	12.30	1.17	22.0	25.5	6.65	0.6	23.0
21/12/2548	P4A	12.45	1.28	21.5	24.5	7.40	0.6	13.0
21/12/2548	P67	13.15	1.18	21.5	22.1	6.85	1.1	12.0
21/12/2548	P21	13.55	0.83	20.5	24.0	7.65	4.4	18.0
21/12/2548	P1	17.55	1.38	21.0	18.5	7.28	0.6	27.0
21/12/2548	P5A	17.30	3.72	22.0	22.0	5.70	2.4	17.0
21/12/2548	P71	17.00	-	22.0	19.8	5.45	0.2	37.0
21/12/2548	น้ำแม่ลี้	15.30	0.81	21.0	23.0	7.20	1.1	21.0
21/12/2548	P24A	16.00	0.83	19.8	21.2	7.70	0.6	11.0
21/12/2548	P73	16.20	0.33	21.5	21.3	6.95	1.0	20.0
13/2/2549	P20	9.10	0.28	23.5	22.1	7.4	4.50	8.0
13/2/2549	น้ำแม่จิด	10.05	-	25.2	26.8	4.4	0.60	22.0
13/2/2549	P75	10.15	1.22	24.4	28.8	7.7	2.90	25.0
13/2/2549	P4A	10.35	0.93	24.9	27.8	6.9	1.75	19.0
13/2/2549	P67	11.00	1.08	24.7	30.7	8.4	4.40	34.0
13/2/2549	P21	11.40	0.56	24.9	33.0	8.3	3.75	9.0
13/2/2549	P1	16.25	1.44	27.0	32.6	7.6	5.15	19.0
13/2/2549	P5A	15.40	2.73	28.9	35.5	6.6	5.00	23.0
13/2/2549	P71	14.45	-	29.3	35.1	7.5	3.90	41.0
13/2/2549	น้ำแม่ลี้	12.40	0.51	26.6	36.1	7.8	4.80	16.0
13/2/2549	P24A	13.15	0.71	25.5	32.4	9.0	3.30	17.0
13/2/2549	P73	14.10	0.03	28.3	35.4	5.6	2.75	35.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
9/4/2549	P20	8.40	0.43	27.2	27.8	7.2	2.10	14.0
9/4/2549	น้ำแม่จืด	9.40	-	24.3	30.4	5.2	2.40	4.0
9/4/2549	P75	9.55	1.27	25.0	30.9	6.6	1.00	51.0
9/4/2549	P4A	10.10	0.89	29.1	35.1	7.7	1.90	56.0
9/4/2549	P67	10.35	1.01	26.3	34.0	7.3	1.60	39.0
9/4/2549	P21	11.00	0.65	27.5	37.6	7.1	2.90	125.0
9/4/2549	P1	15.50	1.34	28.3	35.5	7.5	2.30	25.0
9/4/2549	P5	15.20	2.72	31.1	35.7	5.0	2.70	13.0
9/4/2549	P71	11.50	0.37	29.5	37.4	6	1.2	64
9/4/2549	น้ำแม่ลี	14.30	-	33.2	33.2	6	1.6	11
9/4/2549	P24A	12.30	0.68	29.3	40.0	7.0	2.90	6.0
9/4/2549	P73	13.30	-0.2	31.4	39.4	7.2	1.80	52.0
21/5/2549	P20	7.45	0.4	24.0	24.3	7.9	2.70	15.0
21/5/2549	น้ำแม่จืด	8.45	-	24.7	25.8	3.8	4.20	11.0
21/5/2549	P75	9.10	0.92	26.0	25.9	5.6	0.40	13.0
21/5/2549	P4A	9.35	0.97	25.0	26.1	7.8	2.40	50.0
21/5/2549	P67	9.50	1.21	25.1	26.2	6.8	2.30	62.0
21/5/2549	P21	10.15	0.86	25.5	25.2	7.2	1.80	31.0
21/5/2549	P1	15.00	1.42	23.8	26.2	7.0	1.10	63.0
21/5/2549	P5	14.15	2.76	28.2	30.1	4.9	3.20	16.0
21/5/2549	P71	11.10	0.93	26.8	33.8	7	0.6	56
21/5/2549	น้ำแม่ลี	13.20	-	28.4	30.6	7	1.4	16
21/5/2549	P24A	12.45	0.87	27.4	26.2	7.2	1.40	38.0
21/5/2549	P73	12.10	0.45	2.8	28.1	6.5	1.50	60.0
24/6/2549	P20	8.50	0.46	28.5	29.1	6.4	3.75	69.0
24/6/2549	น้ำแม่จืด	10.00	-	33	34.2	4.0	1.00	36.0
24/6/2549	P75	10.10	1	32.5	30.3	6.0	2.80	30.0
24/6/2549	P4A	10.30	0.75	33.1	36.8	6.8	3.10	21.0
24/6/2549	P67	10.45	1.27	33.1	35.5	6.9	3.60	17.0
24/6/2549	P21	11.10	1.32	32.1	42.1	7.1	4.50	145.0
24/6/2549	P1	16.00	1.6	33.6	39.6	7.0	2.30	43.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	จุดเก็บตัวอย่าง น้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
24/6/2549	P71	12.3	1.23	32.9	40	7	3	31
24/6/2549	น้ำแม่ลี	14.1	-	35.2	42.1	6	2.2	28
24/6/2549	P24A	13.45	1.15	32.6	41.6	6.8	3.8	60
24/6/2549	P73	13	1.08	34.9	41	5.3	1.6	67
16/7/2549	P20	8.3	0.48	24	23.1	6.5	2.4	37
16/7/2549	น้ำแม่จิด	9.25	-	26.8	29.3	5.2	2.2	16
16/7/2549	P75	9.45	1.01	26.1	32.4	5.7	2.8	90
16/7/2549	P4A	10	0.45	27.3	31.6	5.4	1.8	12
16/7/2549	P67	10.3	0.95	30.1	36.2	6.2	1.1	77
16/7/2549	P21	10.55	1.21	29.5	39	6.4	3.5	49
16/7/2549	P1	16.3	1.42	28.4	38.2	6.5	1.25	104
16/7/2549	P5	15.4	2.84	33.2	37.1	5.7	3.1	61
16/7/2549	P71	11.55	1.7	29.5	28	5	1.4	44
16/7/2549	น้ำแม่ลี	15	-	30.4	38.2	6	2.5	23
16/7/2549	P24A	12.45	0.9	27.6	37.1	6.6	2	52
16/7/2549	P73	13.15	0.37	30.2	38.2	5.3	1.35	68
2/8/2549	P.20	14.50	1.39	25.6	29.0	6.5	4.4	190.0
2/8/2549	น้ำแม่จิด	16.00	-	28.0	32.1	4.2	2	125.0
2/8/2549	P.75	16.10	3.43	27.5	33.3	6	3.6	182.0
2/8/2549	P.4A	16.30	2.88	25.9	29.5	6.2	3.2	53.0
2/8/2549	P.67	16.50	3.40	26.5	29.8	7.3	4.4	205.0
2/8/2549	P.21	17.25	1.68	27.2	28.5	6.1	4.3	131.0
2/8/2549	P.1	13.15	2.83	26.0	30.0	6.2	4.1	160.0
2/8/2549	P.5	15.25	5.65	29.9	32.5	3.7	2.1	67.0
2/8/2549	P.71	10.30	1.84	26.1	29.9	8.1	5	152.0
2/8/2549	น้ำแม่ลี	12.10	-	27.7	32.8	5.2	3.4	97.0
2/8/2549	P.24A	9.45	1.19	26.5	26.5	6.1	4.1	176.0
2/8/2549	P.73	8.50	4.16	23.8	26.2	7.7	4.4	203.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	จุดเก็บตัวอย่าง น้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
16/9/2549	น้ำแม่จิด	9.30	-	28.2	33.2	6	2.1	19.0
16/9/2549	P.75	9.55	1.39	27.4	36.0	7	3.4	93.0
16/9/2549	P.4A	10.25	1.50	26.8	31.1	7.6	1.7	124.0
16/9/2549	P.67	10.45	1.50	28.9	32.6	6.8	2.8	136.0
16/9/2549	P.21	11.25	1.43	28.2	37.8	7.2	2.8	111.0
16/9/2549	P.1	17.25	1.74	27.9	28.3	6.3	2.6	169.0
16/9/2549	P.5	16.40	3.05	29.3	28.2	6.6	3.0	54.0
16/9/2549	P.71	14.00	2.31	26.1	26.9	7.2	2.3	259.0
16/9/2549	น้ำแม่ถี	15.55	-	27.8	27.7	8.4	3.4	86.0
16/9/2549	P.24A	14.35	1.90	25.6	26.7	6	2.8	179.0
16/9/2549	P.73	15.10	2.43	28.2	28.0	6.2	3.7	160.0
23/9/2549	P.20	8.30	1.54	23.6	25.2	7.9	4	112.0
23/9/2549	น้ำแม่จิด	9.30	-	27.1	28.8	3	1.9	72.0
23/9/2549	P.75	9.45	3.02	25.6	23.9	5.8	1	344.0
23/9/2549	P.4A	10.05	2.98	25.1	28.2	8.2	4	510.0
23/9/2549	P.67	10.30	3.15	24.4	27.4	6.2	2.7	254.0
23/9/2549	P.21	11.00	2.57	25.5	27.0	7.2	3.3	310.0
23/9/2549	P.1	12.00	3.24	27.1	35.2	6.8	4.5	458.0
23/9/2549	P.5	12.45	3.88	27.9	32.1	6	1.6	92.0
23/9/2549	P.71	15.40	3.87	25.7	30.9	7.6	2.6	644.0
23/9/2549	น้ำแม่ถี	13.25	-	26.8	31.4	8.2	2	536.0
23/9/2549	P.24A	15.00	2.20	25.4	30.0	7	2.7	418.0
23/9/2549	P.73	13.45	3.97	27.7	30.1	6.7	4.4	362.0
7/10/2549	P.20	8.15	0.86	25.5	26.1	8.2	2.9	430.0
7/10/2549	น้ำแม่จิด	9.30	-	27.5	26.5	5.6	4.2	246.0
7/10/2549	P.75	9.50	1.65	26.8	32.1	8.2	2.8	624.0
7/10/2549	P.4A	10.05	2.53	25.2	37.8	7	3.4	832.0
7/10/2549	P.67	10.30	1.90	26.5	29.5	6.8	2.6	1024.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	จุดเก็บตัวอย่าง น้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
7/10/2549	P.1	11.40	2.01	28.3	32.9	6.3	1.1	602.0
7/10/2549	P.5	12.25	3.17	28.9	34.2	6.4	6	446.0
7/10/2549	P.71	15.40	3.24	25.8	27.2	7.6	4.8	886.0
7/10/2549	น้ำแม่ลี	13.10	-	27.6	27.5	8	3.2	912.0
7/10/2549	P.24A	14.25	2.31	26.2	30.6	6.4	4.2	596.0
7/10/2549	P.73	13.45	2.72	26.5	27.1	6.8	4.6	624.0
12/10/2549	P.20	8.00	1.35	24.0	25.2	7.7	2.6	628.0
12/10/2549	น้ำแม่จิด	9.00	-	27.0	26.7	6	3.2	856.0
12/10/2549	P.75	9.15	2.48	25.2	28.0	8	3.8	1050.0
12/10/2549	P.4A	9.35	2.48	24.2	27.5	8.2	4	1290.0
12/10/2549	P.67	10.25	2.58	24.9	24.5	8	2.8	1456.0
12/10/2549	P.21	10.45	2.67	25.4	25.8	7.8	2.8	1020.0
12/10/2549	P.1	11.40	2.76	26.8	26.2	7.8	3.1	1250.0
12/10/2549	P.5	12.25	3.39	27.9	30.1	7.6	3.8	844.0
12/10/2549	P.71	14.45	3.63	25.8	32.3	8.8	4.2	1050.0
12/10/2549	น้ำแม่ลี	13.15	-	27.5	27.8	8.2	2.6	1230.0
12/10/2549	P.24A	14.10	1.95	25.2	31.6	8	2.2	764.0
12/10/2549	P.73	13.45	4.42	27.2	33.4	7.8	3.5	1428.0
4/11/2549	P.20	9.00	0.62	22.2	21.2	8.5	3.4	111.0
4/11/2549	น้ำแม่จิด	10.10	-	26.6	25.0	5	3.2	139.0
4/11/2549	P.75	10.30	1.28	26.9	27.8	8	1.8	124.0
4/11/2549	P.4A	10.45	1.20	24.5	27.2	7.6	1.1	167.0
4/11/2549	P.67	11.15	1.15	26.2	27.7	7.2	2.6	156.0
4/11/2549	P.21	11.35	1.35	26.2	32.4	8	2.2	96.0
4/11/2549	P.1	12.35	1.63	26.5	30.3	8.65	4.05	122.0
4/11/2549	P.5	13.35	2.71	28.4	29.1	7.6	1.8	146.0
4/11/2549	P.71	16.40	1.23	26.5	28.2	8	3	222.0
4/11/2549	น้ำแม่ลี	14.35	-	28.2	28.5	8.2	4.4	242.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
4/11/2549	P.73	15.05	0.76	28.3	29.3	6.5	2	189
5/12/2549	P.20	9	0.43	22.1	22	7.1	3.4	77
5/12/2549	น้ำแม่จิด	10.1	-	25.2	26.4	6	4.8	53
5/12/2549	P.75	10.3	0.92	25.6	27.9	6.8	1.2	59
5/12/2549	P.4A	10.5	1.01	24.2	28	7.4	4.2	80
5/12/2549	P.67	11.15	0.82	26.4	30.4	7	1.2	46
5/12/2549	P.21	11.4	0.93	24.4	32.1	7.6	2.2	40
5/12/2549	P.1	12.25	1.37	27.3	32.8	7	4.6	66
5/12/2549	P.5	13.3	2.72	28.2	32.9	6.8	5.8	47
5/12/2549	P.71	15.15	-	28.4	32	6.8	5.6	65
5/12/2549	น้ำแม่ลี	16.5	0.83	25.6	30.4	7.4	3	74
5/12/2549	P.24A	16.1	0.87	26.2	31	6.8	2	44
5/12/2549	P.73	15.4	0.25	27.8	31.9	6.4	5.1	75
14/1/2550	P.20	8	0.28	20.4	18.2	8.6	4.8	46
14/1/2550	น้ำแม่จิด	9	-	20.7	20.2	3.4	1.2	59
14/1/2550	P.75	9.15	0.68	21.3	21.7	7.6	5.8	73
14/1/2550	P.4A	9.35	0.35	22.7	23.1	6.8	1.8	15
14/1/2550	P.67	10.4	0.52	23.4	24.4	6.8	2.9	36
14/1/2550	P.21	11	0.69	22.8	28.4	8.6	5.6	29
14/1/2550	P.1	11.35	1.22	26.5	28.4	7.5	4.4	40
14/1/2550	P.5	12.35	2.7	22.3	29.9	5.8	3.6	21
14/1/2550	P.71	15.1	0.54	28.5	33.2	7.8	3.8	47
14/1/2550	น้ำแม่ลี	13.3	-	25	30.2	7.6	2.6	26
14/1/2550	P.24A	14.3	0.72	24.5	33.2	7.6	3	61
14/1/2550	P.73	14	-0.1	26.3	32	7.3	2.1	59
10/2/2550	P.20	8.15	0.23	17.8	16.7	6	1.4	53.0
10/2/2550	น้ำแม่จิด	10.00	-	22.0	21.2	5.4	2.8	39.0
10/2/2550	P.75	10.15	0.78	23.4	24.2	7	0.4	21.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO	BOD	SS
				น้ำ	อากาศ			
			(ม.)			(มก./ล.)	(มก./ล.)	(มก./ล.)
10/2/2550	P.67	11.00	0.48	26.4	30.2	8.8	3.0	45.0
10/2/2550	P.21	11.20	0.63	23.7	29.8	6.4	3.0	44.0
10/2/2550	P.1	12.00	1.50	25.9	31.8	5.7	2.0	43.0
10/2/2550	P.5	13.00	-	30.6	34.3	4.7	8.2	60.0
10/2/2550	P.71	14.50	2.73	27.8	37.8	5.8	1.3	41.0
10/2/2550	น้ำแม่ลี	16.40	0.39	28.4	36.7	6.6	3.0	22.0
10/2/2550	P.24A	16.00	0.61	29.3	33.4	5.8	1.8	28.0
10/2/2550	P.73	15.20	-0.16	27.3	35.6	4.5	0.8	62.0
4/3/2550	P.20	7.35	0.19	19.2	16.1	6.3	4.2	37.0
4/3/2550	น้ำแม่จิด	8.35	-	20.4	17.4	3.8	2.7	51.0
4/3/2550	P.75	8.50	0.74	20.4	19.4	5.8	2.2	34.0
4/3/2550	P.4A	9.15	0.72	21.2	20.5	6	4.8	49.0
4/3/2550	P.67	10.10	0.59	23.6	23.4	5.8	3.2	53.0
4/3/2550	P.21	10.30	0.65	25.6	29.0	2.6	6.4	143.0
4/3/2550	P.1	11.10	1.52	24.9	29.9	6.4	4.3	64.0
4/3/2550	P.5	12.00	2.65	29.5	21.3	3.4	7.2	105.0
4/3/2550	P.71	15.10	0.14	31.0	38.4	8.8	6.6	21.0
4/3/2550	น้ำแม่ลี	13.00	-	30.3	35.2	6.6	6.8	49.0
4/3/2550	P.24A	14.10	0.55	28.0	35.6	7	4.6	57.0
4/3/2550	P.73	13.35	-0.36	28.9	37.2	6.5	5.2	45.0
5/4/2550	P.20	7.30	0.11	23.3	23.2	7.1	3.6	38.0
5/4/2550	น้ำแม่จิด	8.40	-	24.6	23.5	2.6	2.4	17.0
5/4/2550	P.75	8.55	0.85	24.8	26.0	4.2	1.0	66.0
5/4/2550	P.4A	9.35	0.68	29.6	32.4	6.8	3.6	62.0
5/4/2550	P.67	10.45	0.69	31.0	33.5	7.8	4.4	47.0
5/4/2550	P.21	11.15	0.42	31.2	35.1	4.2	2.0	49.0
5/4/2550	P.1	12.25	1.54	32.5	38.3	6.7	3.8	33.0
5/4/2550	P.5	13.25	2.65	31.8	37.4	3.8	6.8	60.0

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ	เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)
				น้ำ	อากาศ			
5/4/2550	น้ำแม่สี	14.50	-	32.7	39.4	3.2	5.6	23.0
5/4/2550	P.24A	16.20	0.65	32.2	36.5	6	2.4	30.0
5/4/2550	P.73	15.30	-0.32	34.9	38.6	4.1	2.8	36.0
9/5/2550	P.20	7.40	0.74	23.9	22.7	7.7	2.0	80.0
9/5/2550	น้ำแม่จัด	8.35	-	26.2	24.5	2	1.0	26.0
9/5/2550	P.75	8.50	1.10	27.5	25.0	3.6	1.2	66.0
9/5/2550	P.4A	9.40	0.91	28.7	30.1	4.8	2.6	56.0
9/5/2550	P.67	11.00	1.05	29.9	33.6	5.2	2.1	102.0
9/5/2550	P.21	11.25	0.41	28.5	34.9	6	3.2	44.0
9/5/2550	P.1	12.15	1.70	30.2	35.4	5.5	2.6	76.0
9/5/2550	P.5	13.05	3.25	29.5	34.1	3.8	2.0	60.0
9/5/2550	P.71	16.25	2.13	28.6	33.5	7.6	3.0	92.0
9/5/2550	น้ำแม่สี	14.00	-	30.1	34.4	3	5.2	124.0
9/5/2550	P.24A	15.40	2.14	28.9	34.3	6	2.4	142.0
9/5/2550	P.73	15.10	1.51	30.2	31.1	5.5	2.8	74.0

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลประชากรในกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยแยกตามรายอำเภอ

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนประชากร
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	77,008
	แม่แจ่ม	64,177
	จอมทอง	56,183
	เชียงดาว	78,315
	ดอยสะเก็ด	60,693
	แม่แตง	53,527
	แม่ริม	73,605
	สะเมิง	18,195
	พร้าว	46,308
	สันป่าตอง	61,200
	สันกำแพง	45,226
	สันทราย	67,061
	หางดง	59,662
	สอด	37,829
	ดอยเต่า	23,062
	อมก๋อย	59,603
	สารภี	65,767
	เวียงแหง	29,279
	แม่วาง	25,911
	กิ่งอำเภอแม่ออน	21,726
	กิ่งอำเภอดอยหล่อ	27,446
ลำพูน	เมืองลำพูน	100,552
	แม่ทา	31,252
	บ้านโฮ่ง	33,803
	ลี้	60,667
	ทุ่งหัวช้าง	16,861
	ป่าซาง	36,579
	บ้านธิ	8,125

ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลสุกรในกลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยแยกตามรายอำเภอ

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนสุกร /1 (ตัว)	ขนาดฟาร์ม
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	23	1
	แม่แจ่ม	1,985	2
	จอมทอง	2,923	2
	เชียงดาว	1,498	2
	ดอยสะเก็ด	1,976	2
	แม่แตง	24,787	3
	แม่ริม	2,453	2
	สะเมิง	3,540	2
	พร้าว	2,347	2
	สันป่าตอง	1,375	2
	สันกำแพง	2,556	2
	สันทราย	8,315	3
	หางดง	1,619	2
	ฮอด	2,589	2
	ดอยเต่า	433	1
	อมก๋อย	1,391	2
	สารภี	38	1
	เวียงแหง	516	2
	แม่วาง	3,926	2
	กิ่งอำเภอแม่ออน	847	2
	กิ่งอำเภอดอยหล่อ	452	1
ลำพูน	เมืองลำพูน	31,409	3
	แม่ทา	36,816	3
	บ้านโฮ่ง	7,187	3
	ลี้	5,354	3
	ทุ่งหัวช้าง	134	1
	ป่าซาง	2,488	2
	บ้านธิ	24,276	3

โดยที่ ฟาร์มขนาดที่ 1 หมายถึง ฟาร์มขนาดเล็กที่มีจำนวนสุกรน้อยกว่า 500 ตัว
ฟาร์มขนาดที่ 2 หมายถึง ฟาร์มขนาดกลางที่มีจำนวนสุกรมากกว่า 500 ตัว แต่น้อยกว่า
5,000 ตัว
ฟาร์มขนาดที่ 3 หมายถึง ฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีจำนวนสุกรมากกว่า 5,000 ตัว

ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2550)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยแยกตามรายอำเภอ

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	สีข้าว สีขำนึ่ง	22
	เมืองเชียงใหม่	เส้นไหม ก๊วยเตี๋ยว รุ้นเส้น	1
	เมืองเชียงใหม่	ขนมแป้ง ขนมเค้ก	12
	เมืองเชียงใหม่	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	7
	เมืองเชียงใหม่	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	4
	เมืองเชียงใหม่	สุราและสุราผสม	2
	เมืองเชียงใหม่	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	25
	เมืองเชียงใหม่	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	28
	เมืองเชียงใหม่	ฟอกย้อม ย้อมผ้า สีย้อมผ้า	11
	เมืองเชียงใหม่	ชิ้นส่วนพลาสติก	3
	เมืองเชียงใหม่	อิเล็กทรอนิกส์ และแผงวงจรไฟฟ้า	1
	เมืองเชียงใหม่	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	117
	เมืองเชียงใหม่	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	9
	เมืองเชียงใหม่	ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์จากยาง	3
	เมืองเชียงใหม่	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	2
	เมืองเชียงใหม่	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	55
เชียงใหม่	แม่แจ่ม	สีข้าว สีขำนึ่ง	4
	แม่แจ่ม	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	2
เชียงใหม่	จอมทอง	สีข้าว สีขำนึ่ง	38
	จอมทอง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	จอมทอง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	12
	จอมทอง	ชิ้นส่วนพลาสติก	1
	จอมทอง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	4
	จอมทอง	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	2
	จอมทอง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	2
	จอมทอง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	2

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	จอมทอง	โรงโม่หิน	5
	จอมทอง	คูศทราย, ขุดทราย	6
	จอมทอง	ผลิตกระแสไฟฟ้า	3
	จอมทอง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อกลอก	3
เชียงใหม่	เชียงดาว	สีข้าว สีขี้าวนึ่ง	24
	เชียงดาว	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	2
	เชียงดาว	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
	เชียงดาว	โรงโม่หิน	2
	เชียงดาว	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อกลอก	3
เชียงใหม่	ดอยสะเก็ด	สีข้าว สีขี้าวนึ่ง	68
	ดอยสะเก็ด	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	2
	ดอยสะเก็ด	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	ดอยสะเก็ด	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	8
	ดอยสะเก็ด	ชิ้นส่วนพลาสติก	5
	ดอยสะเก็ด	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	5
	ดอยสะเก็ด	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	1
	ดอยสะเก็ด	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	27
	ดอยสะเก็ด	โรงโม่หิน	3
	ดอยสะเก็ด	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อกลอก	3
เชียงใหม่	แม่แตง	สีข้าว สีขี้าวนึ่ง	52
	แม่แตง	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	2
	แม่แตง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	แม่แตง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	10
	แม่แตง	ชิ้นส่วนพลาสติก	1
	แม่แตง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	3
	แม่แตง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	1
	แม่แตง	ถุ่มี้อย่าง ผลิตภัณฑ์จากยาง	2

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	แม่แตง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	6
	แม่แตง	คูตทราย, ขุดทราย	3
	แม่แตง	ผลิตกระแสไฟฟ้า	1
	แม่แตง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อก	2
	แม่ริม	สีข้าว สีขี้าวนี้้ง	63
	แม่ริม	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	6
	แม่ริม	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	แม่ริม	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	5
	แม่ริม	ชิ้นส่วนพลาสติก	1
	แม่ริม	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	6
	แม่ริม	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	5
	แม่ริม	คูตทราย, ขุดทราย	4
	สะเมิง	สีข้าว สีขี้าวนี้้ง	43
เชียงใหม่	พร้าว	สีข้าว สีขี้าวนี้้ง	69
	พร้าว	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	6
	พร้าว	ชิ้นส่วนพลาสติก	1
	พร้าว	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	1
	พร้าว	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
	พร้าว	คูตทราย, ขุดทราย	2
เชียงใหม่	สันป่าตอง	สีข้าว สีขี้าวนี้้ง	41
	สันป่าตอง	ฆ่าชำแหละและสัตว์ปีกและสุกร	1
	สันป่าตอง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	1
	สันป่าตอง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	15
	สันป่าตอง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	14
	สันป่าตอง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	6
	สันป่าตอง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	16
	สันป่าตอง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อก	7
เชียงใหม่	สันกำแพง	สีข้าว สีขี้าวนี้้ง	69

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	สันกำแพง	เส้นไหม ถักย้อมเส้น	1
	สันกำแพง	ขนมแป้ง ขนมเค้ก	5
	สันกำแพง	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	2
	สันกำแพง	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	1
	สันกำแพง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	สันกำแพง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	2
	สันกำแพง	ชิ้นส่วนพลาสติก	37
	สันกำแพง	อิเล็กทรอนิกส์ และแผงวงจรไฟฟ้า	1
	สันกำแพง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	10
	สันกำแพง	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	5
	สันกำแพง	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	2
	สันกำแพง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	55
	สันกำแพง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	4
เชียงใหม่	สันทราย	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	47
	สันทราย	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	3
	สันทราย	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	9
	สันทราย	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	6
	สันทราย	ชิ้นส่วนพลาสติก	6
	สันทราย	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	17
	สันทราย	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	1
	สันทราย	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	6
	สันทราย	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	1
	สันทราย	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	38
	สันทราย	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
	สันทราย	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	12
	สันทราย	ตัดเย็บเสื้อผ้า, ทอผ้า	29
เชียงใหม่	หางดง	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	50
	หางดง	เส้นไหม ถักย้อมเส้น	2

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	หางดง	ขนมจีน	1
	หางดง	ขนมเปี๊ยะ ขนมเค้ก	1
	หางดง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	3
	หางดง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	7
	หางดง	ชิ้นส่วนพลาสติก	5
	หางดง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	9
	หางดง	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	1
	หางดง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	2
	หางดง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	48
	หางดง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บดลือก	3
เชียงใหม่	ฮอด	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	24
	ฮอด	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	2
	ฮอด	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	2
	ฮอด	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	3
	ฮอด	คูคทราย, ขุดทราย	2
	ฮอด	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บดลือก	2
เชียงใหม่	ดอยเต่า	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	12
	ดอยเต่า	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	1
	ดอยเต่า	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
เชียงใหม่	อมก๋อย	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	1
	อมก๋อย	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
เชียงใหม่	สารภี	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	51
	สารภี	ขนมเปี๊ยะ ขนมเค้ก	1
	สารภี	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	4
	สารภี	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	1
	สารภี	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	17

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
เชียงใหม่	สารภี	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	6
	สารภี	ชิ้นส่วนพลาสติก	8
	สารภี	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	21
	สารภี	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	3
	สารภี	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	4
	สารภี	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	14
	สารภี	ตัดเย็บเสื้อผ้า, ทอผ้า	9
	สารภี	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บล็อก	13
เชียงใหม่	แม่วาง	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	24
	แม่วาง	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	4
	แม่วาง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	2
	แม่วาง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	2
	แม่วาง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	1
	แม่วาง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	1
ลำพูน	เมืองลำพูน	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	93
	เมืองลำพูน	ขนมแป้ง ขนมเค้ก	1
	เมืองลำพูน	ไอศกรีม นม ผลิตภัณฑ์จากนมและกาแฟ	3
	เมืองลำพูน	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	3
	เมืองลำพูน	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	42
	เมืองลำพูน	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	10
	เมืองลำพูน	ชิ้นส่วนพลาสติก	30
	เมืองลำพูน	อิเล็กทรอนิกส์ และแผงวงจรไฟฟ้า	33
	เมืองลำพูน	ผลิตภัณฑ์โลหะและอลูมิเนียม	71
	เมืองลำพูน	ผลิตภัณฑ์กระดาษ	5
	เมืองลำพูน	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	4
	เมืองลำพูน	ถูมือยาง ผลิตภัณฑ์จากยาง	2
	เมืองลำพูน	ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	10

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
ลำพูน	เมืองลำพูน	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	72
	เมืองลำพูน	คูทราย, ขุดทราย	1
	เมืองลำพูน	ตัดเย็บเสื้อผ้า, ทอผ้า	17
	เมืองลำพูน	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	56
ลำพูน	แม่ทา	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	40
	แม่ทา	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	2
	แม่ทา	ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสำเร็จรูป	1
	แม่ทา	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	4
	แม่ทา	ชิ้นส่วนพลาสติก	1
	แม่ทา	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	3
	แม่ทา	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	75
	แม่ทา	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	1
ลำพูน	บ้านโฮ่ง	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	15
	บ้านโฮ่ง	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	1
	บ้านโฮ่ง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	8
	บ้านโฮ่ง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	2
	บ้านโฮ่ง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	4
	บ้านโฮ่ง	โรงโม่หิน	4
	บ้านโฮ่ง	คูทราย, ขุดทราย	1
	บ้านโฮ่ง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	2
ลำพูน	ลี้	สีข้าว สีขี้ผึ้ง	7
	ลี้	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	4
	ลี้	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	4
	ลี้	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	5
	ลี้	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	7
	ลี้	โรงโม่หิน	2
	ลี้	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บด	1

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ประเภทโรงงาน	จำนวนโรงงาน (แห่ง)
ลำพูน	ทุ่งหัวช้าง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	2
ลำพูน	ป่าซาง	สีข้าว สีขำวนี้ง	30
	ป่าซาง	ขนมเปี๊ยะ ขนมเค้ก	2
	ป่าซาง	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	3
	ป่าซาง	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	17
	ป่าซาง	ฟอกข้อม ข้อมผ้า สีข้อมผ้า	1
	ป่าซาง	ผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ	13
	ป่าซาง	ห้องเย็น อาหารแช่แข็ง	2
	ป่าซาง	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	19
	ป่าซาง	คูดทราย, ขุดทราย	7
	ป่าซาง	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บดอีก	4
ลำพูน	บ้านธิ	สีข้าว สีขำวนี้ง	39
	บ้านธิ	ฆ่าชำแหละสัตว์ปีกและสุกร	1
	บ้านธิ	พืชผักและอาคารบรรจุกระป๋อง	6
	บ้านธิ	ฟอกข้อม ข้อมผ้า สีข้อมผ้า	2
	บ้านธิ	อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจากไม้	23
	บ้านธิ	คอนกรีตผสมเสร็จและซีเมนต์บดอีก	3

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลรายชื่อโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน

ลำดับ ที่	นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน ชื่อผู้ประกอบการ	สถานที่ติดต่อ	โทรศัพท์	FAX
1	บริษัท กระเจกไทย-อาซาฮี จำกัด (มหาชน)	700/22 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3063	0 3821 3066
2	บริษัท กรุงเทพชลกิจ จำกัด	33/30-31 ชั้น 8 อาคารวอลล์สตรีททาวเวอร์ ถ.สุรวงศ์ แขวงสุริยวงส์ เขตบางรัก กรุงเทพฯ	0 2632 7328	0 2237 6029
3	บริษัท กลอรีแพลน (ประเทศไทย) จำกัด	700/475 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3891 7159	0 3871 7160
4	บริษัท กิฟุ เซอิชิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/380 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 801-5	0 3846 8107-8
5.1	บริษัท เกียวริชู อิโอ (ประเทศไทย) จำกัด	700/36 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3874 3456-7	0 3874 3455
5.2	บริษัท เกียวริชู อิโอ (ประเทศไทย) จำกัด	700/36 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3874 3456-7	0 3874 3455
6	บริษัท โกลด์อินโด อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด	700/413 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4888	0 3845 8157
7	บริษัท โกลบอล เทสโก้ ภัทผลาย จำกัด	139/27 หมู่ 27 ซ.โชคชัย 4 ถ.ลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง อ.วังทองหลาง กรุงเทพฯ	0 2729 3177	0 2729 3176
8	บริษัท โกลบอล วอลล์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/39 หมู่ 5 นิคมฯบางปะกง ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3134-5	0 3821 3136
9	บริษัท ท็อกนิสไทย จำกัด	700/348 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 6100	0 3845 6111
10	บริษัท คอนเซอิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/118 นิคมฯบางปะกง2 หมู่ที่1 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3227,9	0 3821 3228
11.1	บริษัท คอบร้า อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/478 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4219-28	0 3845 4229
11.2	บริษัท คอบร้า อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/478 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4219	0 3845 4218
12	บริษัท คอบร้า เอ็นจิเนียริง จำกัด	700/484 หมู่ 2 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8585	0 2316 6229
13	บริษัท คอมพลีท โอโต รับเบอร์ แมนูแฟ็คเจอริง จำกัด	700/498 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4106-113	0 3845 4105
14	บริษัท กอลเกต-ปาล์มโอเลฟ (ประเทศไทย) จำกัด	700/362 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4111	0 3821 4485

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

15	บริษัท คอสมอสเทคโนโลยี คอร์ปอเรชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด	297/5 สุขุมวิท 50 ถ.สุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ	0 2742 7422-3	0 2742 7424
16	บริษัท กันดั้ซซี่ (ประเทศไทย) จำกัด	13 ซ.นาคาศรีไพบูลย์ 2 ถ.สุขุมวิท 36 แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพฯ	0 2258 3923	0 2258 3923
17.1	บริษัท คานโต ฮารา จำกัด	700/36 หมู่ 6 นิคมบางปะกง 2 บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4816-8	0 3821 4880
17.2	บริษัท คานโต ฮารา จำกัด	700/36 หมู่ 6 นิคมบางปะกง 2 บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4816-9	0 3821 4820
18	บริษัท คานัค วายเอ็มพี (ประเทศไทย) จำกัด	700/153 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8259	0 3845 8259
19	บริษัท คานายามา คาเซอิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/48 หมู่ 5 นิคมฯอมตะนคร ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3863-6	0 3821 4495
19	บริษัท คานายามา คาเซอิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/48 หมู่ 5 นิคมฯอมตะนคร ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3863-6	0 3821 4495
20	บริษัท คาลโซนิค คันทะ (ประเทศไทย) จำกัด	700/342 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8138-40	0 3845 8468
20	บริษัท คาลโซนิค คันทะ (ประเทศไทย) จำกัด	700/342 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8138-40	0 3845 8468
21	บริษัท คาลโซนิค โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/469 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4086-8	0 3845 4085
22	บริษัท คาวาเบะ ฟริชชั่น (ประเทศไทย) จำกัด	700/306 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3989	0 3821 3267
23.1	บริษัท คาโอ อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด	38 หมู่ 8 ถ.เจ้าสีมิงพราย ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	0 2394 1663-4	0 2384 0072
23.2	บริษัท คาโอ อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด	700/313 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.ที่ 57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8511	0 3846 8512-3
24.1	บริษัท คิทซ์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/479 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4271-6	0 3845 4270
24.2	บริษัท คิทซ์ (ประเทศไทย) จำกัด	426 หมู่ 17 ถ.บางนา-ตราด ต.บางเสาธง กิ่ง อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ	0 2315-3129-32	0 2315-3127
25	บริษัท คุซัทสึ อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จำกัด	700/431 ม.7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4950	0 3845 9008
26	บริษัท เค วาย บี เทคโนโลยี เซ็นเตอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/363 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร 2 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8251	0 3846 8252
27	บริษัท เค โกลน์ คอนเทนเนอร์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด	33 หมู่ 9 ถ.บางนา-ตราด ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2312 7209	0 2312 7207

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

28	บริษัท เคียวคูโย อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด	700/612 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0021-8	0 3821 0031-2
29	บริษัท โคเบียว (ไทยแลนด์) จำกัด	700/115 หมู่ 1 นิคมฯอมตะ ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4086-7	0 3821 4088
30	บริษัท โคเรียว (ประเทศไทย) จำกัด	326 นิคมฯลาดกระบัง ถ.คลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ	0 2739 7373-4	0 2739 7375
31	บริษัท ไคเซ่ (ประเทศไทย) จำกัด	700/470 หมู่ 7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3845 8579	0 3845 8581
32	บริษัท จอย อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/442 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4248-9	0 3845 4250
33	บริษัท จอยน์แอนด์ส อินดัสตรี จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3007	0 3821 3700
34	บริษัท จิบูอิน (ประเทศไทย) จำกัด	700/14 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 3027	0 3821 3031
35	บริษัท เจคส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/53 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4761-2	0 3821 4760
36	บริษัท เจคซี อินดัสเตรียล (ไทยแลนด์) จำกัด	700/492 หมู่ 7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4125	0 3845 0070
37.1	บริษัท เจียเหว่ย อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	2126 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 3874 34404-5	0 3821 3096
37.2	บริษัท เจียเหว่ย อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/50 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3404-5	0 3821 3096
38	บริษัท โจตัน พาวเดอร์ โค้ทติ้งส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/355 หมู่ 6 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4824-5	0 3821 4266-7
39	บริษัท โจตันไทย จำกัด	700/353 หมู่ 6 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4824-5	0 3821 4266-7
40	บริษัท ชาวเวอร์คิง แมนูแฟกเจอร์ส จำกัด	700/494 หมู่ 7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2704 6199	0 2320 0732
41	บริษัท ชินแพค (ประเทศไทย) จำกัด	700/365 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.ที่ 57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8706-9	0 3845 8649
42	บริษัท ชิโมอิว่า อิเลคทริก (ประเทศไทย) จำกัด	700/434 หมู่ที่ 7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7071	0 3871 7073
43	บริษัท ชิราอิชิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/70 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4072-2	0 3821 4074
44	บริษัท ชิโรกิ คอร์ปอเรชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด	74/187 หมู่ 19 นิคมฯอมตะนคร ซ.ไทยธานี 9 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี	0 2908 7001	0 2909 4835
45	บริษัท ซูโอ คาโง (ไทยแลนด์) จำกัด	700/48 หมู่ 5 นิคมฯอมตะนคร ต.คลองตำหรุ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4084	0 3821 4084
46	บริษัท เซอร์วิ เสรีนา จำกัด	700/85 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง ชลบุรี	0 3874 3521-8	0 3821 3328

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

47	บริษัท เขียนชน เมทอล อินดัสตรี จำกัด	700/375 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8628	0 3845 8627
48	บริษัท เซียร์เลอว์วิค จำกัด	700/78 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง ชลบุรี	0 3821 3662	0 3821 3662
49	บริษัท โซเอ-ฮานาโน เอ็นจิเนียริง จำกัด	700/403 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3871 7131-2	0 3871 7133
50	บริษัท ช่างกวี โลยิสติก แอนด์ เอ็นจิเนียริง เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด	109 อาคารซีซีที ชั้น 1,3 ถ.สุรวงศ์ แขวงสุริยวงค์ เขตบางรัก กรุงเทพฯ	0 2235 2000	0 226 3939
51	บริษัท ชัน ออโตโมทีฟ จำกัด	159 อาคารเสริมมิตร ทาวเวอร์ ชั้น 10 ถ.สุขุมวิท 21 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ	0 2260 2728	0 2260 2729
52	บริษัท ชันคอล ไฮ พร็อพเพอร์ตี้ (ประเทศไทย) จำกัด	700/477 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3845 4063-4	0 3845 4065
53.1	บริษัท ชันคิน (ประเทศไทย) จำกัด	700/1 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 7010-3	0 3845 7014
53.2	บริษัท ชันคิน (ประเทศไทย) จำกัด	700/165 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี		
54	บริษัท ชันจิริน อินดัสตรี (ประเทศไทย) จำกัด	700/347 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8477	0 3845 8478
55	บริษัท ชันพรีน (ประเทศไทย) จำกัด	89/2 หมู่ 4 ถ.บางปลา (ก.ม.ที่ 3) ต.บ้านเกาะ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร	0 3483 1261	0 3483 0973
56.1	บริษัท ชันฮี (ประเทศไทย) จำกัด	700/119 หมู่5 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3687-8	0 3821 3689
56.2	บริษัท ชันฮี (ประเทศไทย) จำกัด	700/119 หมู่5 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3687-8	0 3821 3689
57	บริษัท ชันเอ แม็กเน็ท ไวร (ประเทศไทย) จำกัด	700/443 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 0064-5,0 3845 0065-6	03871 7115
58	บริษัท ชัมโค (ประเทศไทย) จำกัด	700/101 หมู่1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4773-5	0 3821 4388
59	บริษัท ชัมมิท ซูโกกู เซอิว่า จำกัด	700/474 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7147-50	0 3871 7151-2
60	บริษัท ชัมมิท โบลท์ตัน จำกัด	700/474 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7147-50	0 3871 7151-2

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

61	บริษัท ชัมมิต รีเทออร์ นิทโคกู ซาวด์ พรีฟ จำกัด	700/302 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 7081	0 3845 7093
62	บริษัท ชัมมิต รีเทออร์ อิเลคโทรนิคส์ จำกัด	32-33 หมู่ 17 ถ.บางนา-ตราด ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2750 4472-4	0 2750 4470
63	บริษัท ชัมมิต อิ-ลิท อิเลคโทรนิค จำกัด	32-33 หมู่ 17 ถ.บางนา-ตราด ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2750 4470-3	0 2750 4474
64	บริษัท ซากะ ฟาสเซินเนอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/440 หมู่ 7 ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4114-22	0 3845 4123-4
65	บริษัท ซามู ไคส์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/535 หมู่ 7 ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4754	0 3845 4757
66	บริษัท ชีเก้า(ประเทศไทย) จำกัด	700/37 หมู่ 5 นิคมฯบางปะกง ถ.บางนา-ตราด ต.คลองบัว อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4270-85	0 3821 4286
67	บริษัท ชิสเต็ม อัทเกรด โซลูชั่น จำกัด	700/71 หมู่ 5 แขวงคำหรี อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 7069-71	0 3845 7072
68	บริษัท ซี เค ดี ไทย คอร์ปอเรชั่น จำกัด	700/58 หมู่ที่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.58 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4646-8	0 3821 3459
69	บริษัท ซี.เอส.อินเตอร์เนชั่นแนลอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด	999/47-78 หมู่ 9 ถ.สุขุมวิท ต.เทพารักษ์ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	0 2756 8801	
70	บริษัท ซีแอลเอ็นจีเนียริง จำกัด	33/53 หมู่ 10 ต.บางปลา อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2750 7261-2	0 2750 7263
71	บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กตริก ซินเตอร์ด คอมโพเน้นท์ส (ที) จำกัด	700/471 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4046-50	0 3821 4061
72	บริษัท เซ็นเทเซีย จำกัด	119/20 หมู่ 8 ถ.บางนา-ตราด กม.3 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ	0 2361 3730	0 2361 3738
73	บริษัท เซอร์เคียวเฮอบอลเมด จำกัด	98/41 หมู่ 6 ข้างธนาคารออมสินภาค 1 ถ.นนทบุรี ต.บางกระสอ อ.เมือง จ.นนทบุรี	0 2415 0100-3	0 2415 0219
74	บริษัท โซนี่ เทคโนโลยี (ประเทศ) จำกัด	700/402 หมู่ 7 ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4900-9	0 3821 4891-9
75	บริษัท ดีไซน์ ซอร์ส แอนด์ แมนูแฟกเจอร์ จำกัด	700/478 ชั้น 3-4 หมู่ 7 ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8592	
76	บริษัท เค็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด	700/87 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821-4649	0 3821 4656
77	บริษัท เค็นโซ่ อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด	369 หมู่ 3 ถ.เทพารักษ์ ต.เทพารักษ์ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	0 2758 4646	0 2758 4644
78	บริษัท เดวิด บราวน์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/43 หมู่ 6 นิคมฯบางปะกง 2 ต.คอนหัวพ้อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3656-7	0 3821 3655

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

79	บริษัท แดชัง โอเทค (ประเทศไทย) จำกัด	700/438 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4036	0 3845 4039
80	บริษัท แดชัง ไฟน์ เทค (ประเทศไทย) จำกัด	700/155 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8783-5	0 3845 8786
81	บริษัท ไคกิ นิกเกอิ ไทย จำกัด	700/99 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4631-3	0 3821 4634
82	บริษัท ไคกะ โคเจียว (ไทยแลนด์) จำกัด	700/404 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7246-50	0 3871 7253
83	บริษัท ไคกัน อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/11 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3032	0 3821 3347
84	บริษัท ไคกัน แอร์คอนดิชันนิง (ประเทศไทย) จำกัด	700/44 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7066-70	0 3821 4943
85	บริษัท ไคนาซิส โซ ไทย จำกัด	700/382 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3105-7	0 3821 3109
86	บริษัท ไคนิปปอนหมึกพิมพ์และเคมี (ไทย) จำกัด	700/610 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0150-60	0 3821 0161
87	บริษัท ไคพลา ซีสเทค (ไทยแลนด์) จำกัด	700354 หมู่ 1 บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8297-8	0 3874 3203
88	บริษัท ไคอะ โมเติร์น เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด	700/422 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4161	0 3845 4160
89	บริษัท ต้าถูง (ประเทศไทย) จำกัด	700/50,52,54 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3088	0 3821 3480
90	บริษัท ต้าถูง ไวร้ แอนด์ เคเบิ้ล (ประเทศไทย) จำกัด	700/50,52,54 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3088	0 3821 3480
91	บริษัท ไคเกียว เทคโนโลยี่ จำกัด	316 หมู่ 1 ถ.เทพารักษ์ ต.บางเพรียง อ.บางบ่อ จ.สมุทรปราการ	0 6328 9721	0 2745 6620
92	บริษัท ไทโก พลาสติก อินดัสทรีส์ จำกัด	18/8 อาคารศรีวิกรม ชั้น 12 ซ.อโศก ถ.สุขุมวิท 21 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ		
93.1	บริษัท ไทโยต้า โกเซ (ประเทศไทย) จำกัด	700/127 หมู่ 5 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3261-4	0 3821 3266
93.2	บริษัท ไทโยต้า โกเซ (ประเทศไทย) จำกัด	700/489 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4089	0 3845 4096
94	บริษัท ไทโยต้า ฟูโซ (ไทยแลนด์) จำกัด	607 ถ.อโศกดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพฯ	0 2247 6314-8	

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

95	บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด	186/1 หมู่ 1 ถ.ทางรถไฟเก่า ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	0 2386 1000	0 2386 1917
96	บริษัท ทริบอนด์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด	700/432 หมู่ 7 นิคมฯบางปะกง ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4251-3	0 3871 7048
97	บริษัท ทลีจีย่า (ประเทศไทย) จำกัด	700/488 หมู่ 4 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4100	0 3845 4101
98	บริษัท ทอง เสีย ฟาสเทอร์เนอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 4390 3970	0 4390 0840
99	บริษัท ทังกาลอยด์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด	700/177 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี		
100	บริษัท ทานา เน็คติ้ง จำกัด	15 สุขุมวิท 33 (ซอยแดงอุดม) ถ.สุขุมวิท แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ	0 2258 5621	0 2259 5084
101	บริษัท ที คับบลิว ที แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด	712 หมู่ 4 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	0 2709 3232-4	0 2709 3235
102.1	บริษัท ที.เอส.เค.ฟอร์จิง จำกัด	700/67 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4238-9	0 3821 4241
102.2	บริษัท ที.เอส.เค.ฟอร์จิง จำกัด	700/67 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4238-9	
103	บริษัท ทีที พูจี พูล ชัฟเฟอร์ จำกัด	607 ถ.อโศก-ดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพฯ		
104	บริษัท ทีทีเค โลจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	607 ถ.อโศก-ดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพฯ	0 2641 6607	0 2641 7490
105.1	บริษัท ทีบีเคเค (ประเทศไทย) จำกัด	700/34 หมู่ 6 ต.หนองไม้แกง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3060	0 3821 3062
105.2	บริษัท ทีบีเคเค (ประเทศไทย) จำกัด	700/34 หมู่ 6 ต.หนองไม้แกง อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 3060	0 3821 3062
106	บริษัท ทีวายเอ็ม จำกัด	700/161 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3874 4071-2	0 3845 8837
107	บริษัท ทีอาร์ดับเบิ้ลยู พูจี เสรีนา จำกัด	700/457 ม.7 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 5000-8	0 3821 4996
108	บริษัท ทีเอฟโอ เทค (ไทยแลนด์) จำกัด	700/173 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี		
109	บริษัท ทีโอ ออโตโมทีฟ (ไทยแลนด์) จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2381 1034	0 2381 1034
110	บริษัท เทคโนโลยาสถิตสาหกรรม (ประเทศไทย) จำกัด	700/171 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 384 57031	0 3845 7030
111	บริษัท เทคโนเมจิ รับเบอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด	25 อาคารกรุงเทพประกันภัย ชั้น 20 ถ.สาทรใต้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2672 4050	0 2672 4055
112	บริษัท เทย์ก้า (ไทยแลนด์) จำกัด	700/490 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4081	0 3845 4082
113	บริษัท โทเท็ม อินดัสตรี จำกัด	700/107 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง ชลบุรี	0 3821 4290-1	0 3821 4292

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

114	บริษัท โทปี้ ฟาสต์เนอร์ส (ประเทศไทย) จำกัด	700/337 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4401-3	0 3821 4404
115	บริษัท โทเปะ (ประเทศไทย) จำกัด	1394 ซ.วชิรธรรมสาธิต ถ.สุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ	0 2746 4315-7	0 2746 4320
116	บริษัท โทแอส (ประเทศไทย) จำกัด	700/65 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3289	0 3821 3507
117.1	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น 13/1 ห้อง1308 อาคารสารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2679 6507-8	0 2679 6569
117.2	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น13/1 ห้อง1308 อ.สารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ แขวงทุ่งเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2679 6507-8	0 2679 6569
117.3	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 อาคารสารชิตีทาวเวอร์ ชั้น13/1 ห้อง1308 ถ.สารได้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2679 6507-8	0 2679 6569
117.4	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น13/1 ห้อง1308 อ.สารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ แขวงทุ่งเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2679 6565	0 2679 6569
117.5	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น13/1 ห้อง1308 อ.สารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ แขวงทุ่งเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2679 6565	0 2679 6569
117.6	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น 13/1 ห้อง1308 อาคารสารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กทม.	0 2679 6569	0 2679 6569
117.7	บริษัท ไทคอน อินดัสเทรียล คอนเน็คชั่น จำกัด (มหาชน)	175 ชั้น 13/1 ห้อง1308 อาคารสารชิตีทาวเวอร์ ถ.สารได้ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กทม.	0 2679 6569	0 2679 6569
118	บริษัท ไทโซ เซอิกิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/335 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4405-6	0 3821 4407
119	บริษัท ไทย เซกิชูย์ โฟม จำกัด	70/329 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 3219-26	0 3821 3281
120	บริษัท ไทย ใดโซ แอโรโซล จำกัด	700/372 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8680-3	0 3845 8684
121	บริษัท ไทย ใด-อิจิ เซโกล์ จำกัด	700/390 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8316	0 3846 8322
122.1	บริษัท ไทย นิซิเคน จำกัด	700/57 นิคมฯบางปะกง2 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชบ.	0 3821 3167,401	0 3821 3167
122.2	บริษัท ไทย นิซิเคน จำกัด	700/57 นิคมฯบางปะกง2 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชบ.	0 3821	0 3821 3167

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

			3167,401	
123.1	บริษัท ไทย นิปปอน เซอิชิ จำกัด	700/450 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 6400	0 3845 9020
123.2	บริษัท ไทย นิปปอน เซอิชิ จำกัด	700/450 หมู่ 7 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 6400	0 3845 0000
124	บริษัท ไทย มะรุมาะ โทไก จำกัด	700/18 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3390	0 3821 3148
125	บริษัท ไทย มัคโต เอ็น เอส จำกัด	700/462 นิคมฯบางปะกง 2 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 0061	0 3845 4320
126	บริษัท ไทย ออโต้ คอนเวอชั่น จำกัด	700/182 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.ที่ 57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 7110	0 3845 7112
127	บริษัท ไทย อีวากิ กลาส จำกัด	700/322 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4497-501	0 3821 4496
128	บริษัท ไทย อีซี ออโต โมติฟ รีบเบอร์ คราฟท์ จำกัด	65/156 อาคารชำนาญพิเศษชาติ ชั้น 19 ถ.พระราม 9 แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 2643 9865-70	0 2248 7141
129.1	บริษัท ไทย อูย โซเคน จำกัด	138/71 หมู่ 8 ซ.ธรรมเจริญ ถ.ราษฎร์ไพบูลย์ ต.บางด้วน อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	0 2756 3315	0 2756 3318
129.2	บริษัท ไทย อูย โซเคน จำกัด	700/195 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3846 8431-39	0 3846 8440
130.1	บริษัท ไทย เอ็นโอเค จำกัด	700/452 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7201	0 3871 7214
130.2	บริษัท ไทย เอ็นโอเค จำกัด	700/452 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7201	0 3871 7214
131	บริษัท ไทยกายาบา อินดัสทรี จำกัด	700/460 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 5025-8	0 3821 5029
132	บริษัท ไทยคิววา อินดัสทรีส์ จำกัด	700/97 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4621-3	0 3821 4620
133	บริษัท ไทยชาดะการิ จำกัด	700/61 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3871 7159	0 3871 7160
134	บริษัท ไทยซีทีเบลท์ จำกัด	700/56 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4705	0 3821 4707
135	บริษัท ไทยเซฟตี้กลาส จำกัด	700/366 หมู่ 6 นิคมฯบางปะกง 2 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง ชบ.	0 3821 4840	0 3821 4853
136	บริษัท ไทยโคเคน เทอร์โม จำกัด	700/314 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4417-20	0 3821 4421

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

137	บริษัท ไทยธานี เคมี จำกัด	700/447 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี		
138	บริษัท ไทยพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน)	98 อาคารเจซี เดวีน ชั้น 10 ถ.นราธิวาสราชนครินทร์ แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ	0 2676 4031-5	0 2676 4038-9
139	บริษัท ไทยเฟลท์ จำกัด	99/91 ซ.ลาดพร้าว 8 ถ.ลาดพร้าว แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพฯ	0 2892 4755	0 2892 4711
140	บริษัท ไทยยูนิลีฟ จำกัด	700/495 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4520-1	0 3845 4522
141	บริษัท ไทยลัสเตอร์โปรดักส์ จำกัด	700/151 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3097-9	0 3821 3133
142	บริษัท ไทร์ โมลด์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/622 หมู่ 4 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	03845 8803-4	03845 8805
143.1	บริษัท ไทรอัมพ์ มอเตอร์ไซเคิลส์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/485 หมู่ 2 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160	0 3845 6500	0 3845 4033
143.2	บริษัท ไทรอัมพ์ มอเตอร์ไซเคิลส์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/485 หมู่ 2 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 6500	0 3845 4033
144	บริษัท นครชัยปราการ เคมีภัณฑ์ จำกัด	700/340 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4372	0 3821 4370
145	บริษัท นันทวัน จำกัด	700/72-4 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3361-5	0 3821 3365
146	บริษัท นัมบู ซิล (ไทยแลนด์) จำกัด	700/403 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7054	0 3871 7055
147	บริษัท นาโงยา ยูกะ (ประเทศไทย) จำกัด	700/497 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4144	0 3845 4145
148	บริษัท นิคดั้น(ประเทศไทย) จำกัด	700/44 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3486	0 3874 3485
149	บริษัท นิตใต้ มาเทค (ประเทศไทย) จำกัด	700/167 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 7015	0 3845 7020
150	บริษัท นิปปอนเพนต์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/29,31 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง, 700/33 หมู่ 5 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4150-6	0 3821 3706
151	บริษัท นิฟโก้ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/420 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4165	0 3845 4173
152	บริษัท นิสโซ พรีซิชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด	700/445 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3845 8411-4	0 3845 8415
153	บริษัท นิสเซอิ พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด	700/327 หมู่ 6 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4426-8	0 3821 4429
154	บริษัท น้ำมันพอลโล (ไทย) จำกัด	408/154-156 อาคารพหลโยธิน เฟลส์ ชั้นที่ 37 ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขต พญาไท กรุงเทพฯ	0 2619 0330	0 2619 0260

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

155	บริษัท ไนล์ส (ประเทศไทย) จำกัด	700/147 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4027-9	0 3821 4019
156	บริษัท บัลเซอร์ส ไลฟ์ติ้ง เซอร์วิสเชส จำกัด	700/38 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี		
157	บริษัท บริดจส ไทน์ ไทร์ แมนูแฟกเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด	700/622 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0300	0 3821 0302
158	บริษัท บางกอก อินสทริเมนต์ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด	700/476 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4246-7	0 3845 4245
159	บริษัท บางกอกคอยล์เซ็นเตอร์ จำกัด	102/1 ถ.วัดดาวดึงษ์ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี	0 2963 6400 ต่อ 400	
160	บริษัท บางกอกโคมัตสุ จำกัด	700/21 หมู่ 5 ถ.บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4780	0 3821 4771-2
161	บริษัท บางกอกโคมัตสุอินดัสทรีส์ จำกัด	700/25 หมู่ 6 บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3055-8	0 3821 3059
162	บริษัท พอส-ไทย สติล เซอร์วิส เซ็นเตอร์ จำกัด	700/453 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4065-8	0 3821 4075
163	บริษัท พีเจ็น อินดัสทรีส์(ประเทศไทย) จำกัด	700/103 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4343-4	0 3821 4776
164	บริษัท พีจีเอ็ม โพรเซสซิง (ประเทศไทย) จำกัด	700/411 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8170-4	0 3845 8176
165	บริษัท เพอร์มาสติลลิซ่า (ไทยแลนด์) จำกัด	700/39 หมู่ 5 นิคมฯบางปะกง ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3134-5	0 3821 3136
166	บริษัท ฟุคอุ คาเซอิ (ประเทศไทย) จก. จำกัด	700/433 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3745 4657-60	0 3845 4661-20
167	บริษัท ฟุยิด้า ราชิ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/40 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3895 8811-4	0 3895 8815
168	บริษัท เฟลเทค แมนูแฟกเจอร์ริง จำกัด	700/377 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8770-3	0 3845 8774
169	บริษัท มอนเด นิสชิน (ประเทศไทย) จำกัด	700/350 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี		
170	บริษัท มอเรสโก้ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/358 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง ชลบุรี	0 3845 8606 -10	0 3845 8605
171	บริษัท มอลลิเก้ เอลท์ แคร่ (ประเทศไทย) จำกัด	700/461 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4241	0 3845 4240
172	บริษัท มานูชิ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/193 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3846 8280-3	0 3846 8284

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

173	บริษัท มิค อินดัสตรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/328 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3231-3	0 3821 4322
174	บริษัท มิตซูบิชิ ไครน์ดีง เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด	700/338 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3382-3	0 3821 4438
175.1	บริษัท มิตซูบิชิ อิเล็กทริก คอนซูมเมอร์ โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/406 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4850	0 3821 4880
175.2	บริษัท มิตซูบิชิ อิเล็กทริก คอนซูมเมอร์ โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/406 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4870	0 3821 4880
176	บริษัท มิตซูบิชิ เอลเลเวเตอร์ เอเชีย จำกัด	700/86 นิคมฯบางปะกง 2 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 38213 170	0 3821 3186
177	บริษัท มิโน (ไทยแลนด์) จำกัด	700/28,700/38 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3380-1	0 3821 3379
178	บริษัท มัต จอห์นสัน (ประเทศไทย) จำกัด	700/428 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7193	0 3871 7194
179	บริษัท เมวา โมลด์ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/381 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3507	0 3874 3510
180	บริษัท แม็กซิม อินทรีเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/114 หมู่ 5 ถ.บางนา-ตราด มก.ที่ 57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8340-9	0 3846 8350
181	บริษัท โมเน็คส์โก้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	87 อาคาร ออล ซีซั่นส์เพลส เอ็ม ไทย ชั้น 22 ยูนิค 2202 แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ	0 2231 8280	0 2231 8121
182	บริษัท โมเดอร์นคัพ เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด	392/1 หมู่ 4 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	0 2709 4955-6	0 2709 4956
183	บริษัท ไมครอน สดอเรีย มีเดีย จำกัด	700/169 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8848	0 3845 8847
184	บริษัท ยงสวัสดิ์ คอนสตรัคชั่น โปรดักส์ จำกัด	303/23 แสงชูโต ต.บ้านเหนือ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	0 3462 4112-6	0 3462 4112-6
185	บริษัท ยานภัณฑ์ ไคโซะ (ประเทศไทย) จำกัด	700/507 หมู่ 2 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4717-9	0 3845 4721
186	บริษัท ยาฮาจิ (ประเทศไทย) จำกัด	161 อาคารนันทวัน ชั้น 10 บิสซิเนส เซ็นเตอร์ ห้อง 1013 ถ.ราชดำริห์ แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ	0 2255 5567	0 2255 6790
187	บริษัท ยูชิโร (ประเทศไทย) จำกัด	191/41 อาคารซีทีโอ ทาวเวอร์ ชั้น 22 ถ.รัชดาภิเษกตัดใหม่ แขวงคลองเตย เขต คลองเตย กรุงเทพฯ	0 2661 9241	0 2661 9242
188.1	บริษัท ยูไนเต็ดคอยด์เซ็นเตอร์ จำกัด	700/351 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3777	0 3874 3778

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

188.2	บริษัท ยูโนเทคคอยด์เซ็นเตอร์ จำกัด	54/10 หมู่ 7 ซ.ธรรมศิริ ถ.บางนา-ตราด กม.25.5 ต.บางเสาธง กิ่ง อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ	0 2708 3170	0 2313 4159
189	บริษัท รัชการการผลิต จำกัด	700/102 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3385-6	0 3821 3387
190	บริษัท เรียวซาน เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด	700/339 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4430-3	0 3821 4434
191	บริษัท โรวิไทย จำกัด	700/437 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4525	0 3845 4526
192	บริษัท ลอสมัน (ประเทศไทย) จำกัด	1845/11 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ		
193.1	บริษัท ลิงค์เวิลด์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/60 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3874 3650-4	0 3821 4080
193.2	บริษัท ลิงค์เวิลด์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/60 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3874 3650-4	0 3821 4080
194	บริษัท กู๊ป เทคโนโลยี จำกัด	700/358 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8606	0 3845 8605
195	บริษัท โลเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล (ประเทศไทย) จำกัด	700/421 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3311-2	0 3821 3313
196	บริษัท วัฒนาอโต้เซลล์เอนด์เซอร์วิส จำกัด	1291 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 2314 0135-8	0 2319 7891
197.1	บริษัท วาย.เอ็ม.พี. (ไทยแลนด์) จำกัด	700/47 นิคมบางปะกง เฟส 2 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4051-2	0 3821 4055
197.2	บริษัท วาย.เอ็ม.พี. (ไทยแลนด์) จำกัด	700/153 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4051-4	0 3821 4055
198	วายเอ็มพี เพรส แอนด์ ดายส์ (ไทยแลนด์)	700/153 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4051-4	0 3821 4055
199	บริษัท วาลโบร (ประเทศไทย) จำกัด	700/105 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8300-11	0 3845 8312-3
200	บริษัท วิศวกรรมไฟฟ้าและประหยัพลังงาน จำกัด	1411 ซ.ลาดพร้าว 94 ถ.ลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ	0 2559 3611-4	0 2559 3129
201.1	บริษัท วูเทค ไทย จำกัด	700/341 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4413	0 3821 4415
201.2	บริษัท วูเทค ไทย จำกัด	700/341 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4413-4	0 3821 4415
202	บริษัท เวิลด์ ซีโอบเทค จำกัด	700/185 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 2754 4244	0 2754 4246
203	บริษัท แวนต้าแพค จำกัด	700/135 หมู่ 5 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3582-3	0 3874 3730
204	บริษัท ไวส์แคนท์ พลาสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/68 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8089	0 3845 8090

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

205	บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน)	700/13 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3250	0 3821 3234-5
206	บริษัท ศรรายา เอ็มเอฟจี. (ไทยแลนด์) จำกัด	23/63 อาคารสรชัย ชั้น 18 ถ.สุขุมวิท แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ	0 2714 3260	0 2714 3261
207	บริษัท สเปเชียลตี้ เนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด	700/364 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8698-9	0 3845 8697
208	บริษัท สเปเชียลตี้ ไบโอเทค จำกัด	19 ซ.สุขุมวิท 70 ถ.สุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ	0 2744 8257	0 2361 7305
209	บริษัท สไปโร เทค ซัพพลายส์ จำกัด	700/61 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4398-9	0 3821 4243
210	บริษัท สยาม คีปเปอร์ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด	700/496 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4141-3	0 3845 4470
211	บริษัท สยาม แซ็กเชิล จำกัด	700/424 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4977-84	0 3821 4985-6
212	บริษัท สยาม เต็นโซ้ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด	700/618 หมู่ 4 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0100	0 3821 0116
213	บริษัท สยามโทเนะ จำกัด	700/47 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3073-5	0 3821 3078
214	บริษัท สยาม ออโต แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด	700/409 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3427-30	0 3821 3467
215	บริษัท สยาม อีโต้ เอ็นจิเนียริง จำกัด	700/481 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7170-3	0 3871 7174
216	บริษัท สยาม เอ็นดีเค จำกัด	700/547 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.ชลบุรี จ.ชลบุรี	0 3845 4460	0 3545 8840
217	บริษัท สยาม ฮิตาชิ ออโตโมทีฟ โปรดักส์ จำกัด	700/357 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4389-94	0 3821 4395
218	บริษัท สยาม ฮิตาชิ เอลลิเพเตอร์ จำกัด	700/19 หมู่ 5 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3240-6	0 3821 3247
219	บริษัท สยามคอนติเนนตัล เคเบิ้ล จำกัด	318/1 สุขสวัสดิ์20 แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพฯ	0 2427 424-4	
220	บริษัท สยามคายาบา จำกัด	700/363 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8321	0 3845 8331
221	บริษัท สยามคาลโซนิค จำกัด	700/342 นิคมฯบางปะกง หมู่ที่6 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4357-9	0 3821 4356
222	บริษัท สยามซันโป จำกัด	700/464 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4062-3	0 3821 5030
223.1	บริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด	700/109,111,113 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3451-5	0 3821 3447-8

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

223.2	บริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด	700/109,111,113 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3451-5	0 3821 3447-8
224	บริษัท สยามวิคเก้นอินเตอร์เรียล จำกัด	700/361 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2740 0410	0 2312 8505
225	บริษัท สยามอินเตอร์เนชั่นแนลคอร์ปอเรชั่น จำกัด	5/15 ถ.พญาไท แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ	0 2245 1171	0 2246 8445
226	บริษัท สยามเอทีอุตสาหกรรม จำกัด	700/463 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 5011-8	0 3821 5009
227	บริษัท สยามโอเรียนท์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด	700/73 นิคมบางปะกง หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3165-6	0 3821 3192
228	บริษัท สยามไฮเทคสตีลเซ็นเตอร์ จำกัด	700/91,93 หมู่ 1 ซ. 7 นิคมบางปะกง ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3510	0 3821 3509,743 295
229	บริษัท สีบาติโมโตะ ออโต้โมทีฟ (ไทยแลนด์) จำกัด	700/467 หมู่ 7 นิคมอมตะนคร ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4021-4	0 3845 4025
230	บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน)	700/369 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8573-5	
231	บริษัท เสริมสุข วาย เอส เอส เบเบอร์เรจ จำกัด	700/368 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8131-5	0 3845 8130
232	บริษัท หิมิงไท์ อินเตอร์เรียล (ประเทศไทย) จำกัด	700/32 ม.6 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3682-5	0 3821 3686
233	บริษัท หยวณเด็น อินเตอร์เรียล จำกัด	700/76 ถ.สุขุมวิท ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3421-3	0 3821 3405
234	บริษัท อมตะ ควอลิตี้ วอเตอร์ จำกัด	700/2 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม. 57 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3213	0 3821 4214
235.1	บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	2126 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 2318 0007	0 2318 1096
235.2	บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	2126 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 2318 0007	0 2318 1096
235.3	บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	2126 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ	0 2318 0007	0 2318 1096
236	บริษัท อมตะ จัดจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ จำกัด	700 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4199	0 3821 4255
237.1	บริษัท อมตะ ชัมมิท เรดดี บิลท์ จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 7007	0 3845 7000
237.2	บริษัท อมตะ ชัมมิท เรดดี บิลท์ จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 7007	0 3845 7000
237.3	บริษัท อมตะ ชัมมิท เรดดี บิลท์ จำกัด	700 หมู่ 1 ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 7007	0 3845 7000
238.1	บริษัท อมตะ เพาเวอร์ (บางปะกง) จำกัด	700/371 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3317	0 3821 4363

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

238.2	บริษัท อมตะ เพาเวอร์ (บางปะกง) จำกัด	88 ถ.กรุงเทพกรีฑา แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ	0 2379 4246	0 2379 4245
239	บริษัท อมตะ-อีโก เพาเวอร์ จำกัด	700/370 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3317-9	0 3821 3363
240	บริษัท อมาทากิ ไพพ (ประเทศไทย) จำกัด	700/367 นิคมฯบางปะกง หมู่ 6ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3391-2	0 3821 3164
241	บริษัท ออโต้ ซีเอส เอ็นจิเนียริง จำกัด	700/95 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4036-40	0 3821 4041
242	บริษัท ออโต้ เม็ททอล จำกัด	66/1 หมู่ 6 ถ.สุขสวัสดิ์ ต.บางจาก อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	0 2463 0158	0 2463 7299
243.1	บริษัท ออโตลิฟ (ประเทศไทย) จำกัด	700/415 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 6000	0 3845 6080
243.2	บริษัท ออโตลิฟ (ประเทศไทย) จำกัด	700/415 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี	0 3871 7035-7	0 3821 3016
244	บริษัท อันเดิน (ประเทศไทย) จำกัด	700/87 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4649	0 3821 4656
245	บริษัท อาเอไทย จำกัด	41/185 หมู่ 9 แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ	0 2676 5700	
246.1	บริษัท อาซาฮิสมบัติ อลูมิเนียม จำกัด	700/145 ถ.บางนาตราด ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4229-31	0 3821 3814-5
246.2	บริษัท อาซาฮิสมบัติ อลูมิเนียม จำกัด	361 หมู่ 1 ถ.รัตนราช ต.บางบ่อ จ.สมุทรปราการ	0 2338 1389-98	0 2338 1387-8
247	บริษัท อาปีโก อมตะ จำกัด	700/483 หมู่ 2 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3871 7200	0 3871 7187
248	บริษัท อาอิชิ อินเตอร์เนชั่นแนล (ไทยแลนด์) จำกัด	700/149 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม. 57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8792	0 3845 8793
249	บริษัท อาร์ดีเฟท จำกัด	33/7-14 ถ.กรุงเทพกรีฑา แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพฯ	0 2368 2740	0 2368 2925
250	บริษัท อินเตอร์คอนเทนทัล จิวเวลเลอร์ แมนูแฟคเจอร์ จำกัด	700/108 นิคมฯอมตะนคร ต.คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2267 7800	0 2234 5289
251.1	บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนลคาสติง จำกัด	700/18 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4831-6	0 3821 3353
251.2	บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนลคาสติง จำกัด	700/100,700/96,700/94 หมู่ 6 บางนา-ตราด กม.57 หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4381	0 3821 3353

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

252	บริษัท อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนลฟอรัจจ จำกัด	700/20 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3355-9	0 3821 3360
253	บริษัท อินเทอร์เน็ต โมเตอร์ฟอรัจจ จำกัด	700/117 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4302-5	0 3821 4298
254	บริษัท อินาบา (ประเทศไทย) จำกัด	700/80 นิคมฯ บางปะกง ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3414-5	0 3821 3416
255	บริษัท อินแอค ออโตโมทีฟ (ประเทศไทย) จำกัด	700/416 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4560-2	0 3845 4564
256	บริษัท อีฮาร์ว แมนูแฟคเจอร์จ (ประเทศไทย) จำกัด	700/383 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3553-5	0 3874 3557
257	บริษัท อี แอนด์ เอช พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด	700/301 หมู่ 6 นิคมฯบางปะกง2 ซ.อมตะ ถ.บางนา-ตราด กม.ที่57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4352-3	0 3821 4386
258	บริษัท อี แอนด์ เอช พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด	700/301 หมู่ 6 นิคมฯบางปะกง2 ซ.อมตะ ถ.บางนา-ตราด กม.ที่57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4352-3	0 3821 4385-6
259	บริษัท อีเกิล อินดัสทรี (ประเทศไทย) จำกัด	700/159 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8816	0 3845 8825
260	บริษัท อีเคะ เซอิมิทลี (ประเทศไทย) จำกัด	700/191 หมู่ 1 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3846 8184,5	0 3846 8186
261	บริษัท อุตสาหกรรมท่อเหล็ก จำกัด	700/332 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4334-41	0 3821 4342
262	บริษัท อุซอ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล คอร์ปอเรชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด	700/454 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7240-3	0 3871 7245
263	บริษัท เอเชีย แปซิฟิค ปีโตรเคมีคอล จำกัด	700/414 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4645	0 3845 4648
264	บริษัท เอเชีย ซาฟท์ จำกัด	700/331 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8744	0 3845 8751
265	บริษัท เอเชีย พรีซิชั่น จำกัด	700/331 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8744	0 3845 8751
266	บริษัท เอ็กเซดี (ประเทศไทย) จำกัด	700/316 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4423-5	0 3821 4422
267	บริษัท เอ็กเซดี ฟริคชั่น แมททีเรียล จำกัด	700/359 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3874 3923-4	0 3874 3927
268	บริษัท เอ็กซ์อะลอย เอเชีย (ประเทศไทย) จำกัด	700/446 หมู่ 7 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3871 7084-9	0 3845 8177
269	บริษัท เอจเลส (ประเทศไทย) จำกัด	700/323 หมู่ 6 ต.ดอนหัวฬ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8351-5	0 3845 8356

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

270	บริษัท เอช ดับบลิว เทอร์โบ ซิสเต็มส์ จำกัด	700/439 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4527-9	0 3845 4530
271	บริษัท เอชทีเอ็ม ทาเคฮาชิ (ประเทศไทย) จำกัด	700/551 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2336 0224	
272	บริษัท เอ็น เอส เค แบร์ริงส์ แมนูแฟกเจอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/430 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4010	0 3845 4017
273	บริษัท เอ็นเดลล่า ฟริซิสชั่น คอมโพเนนท์ จำกัด	700/81 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3846 8612	0 3846 8611
274	บริษัท เอ็นวีเล็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด	41/23 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด กม.16.5 ต.บางโหลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2740 7979	0 2740 7978
275	บริษัท เอ็นอีโอเอส (ประเทศไทย) จำกัด	700/436 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7095-7	0 3871 7098
276	บริษัท เอฟ ไอ ซี อินเตอร์เนชั่นแนล (ไทยแลนด์) จำกัด	700/161 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 1922 4601	
277	บริษัท เอฟดีเค ค้าถุง (ประเทศไทย) จำกัด	700/49 หมู่ 1 นิคมฯบางปะกง 2 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3461-3	0 3821 3168
278	บริษัท เอ็ม อี พี เทคโนโลยี เซ็นเตอร์ เอเชีย จำกัด	700/458 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7062-3	0 3821 4355
279	บริษัท เอ็ม.เอช.อี-ดีเมติกส์ อินดัสทรีส์ (ที) จำกัด	23/110-113 อาคารสรชัย ชั้น 25-28 สุขุมวิท 63 ถ.สุขุมวิท คลองตันเหนือ วัฒนา กรุงเทพฯ	0 2714 3838	0 2714 3993
280	บริษัท เอ็มเค. เมชชีน เทค (ประเทศไทย) จำกัด	116/30 หมู่ 9 ซ.ทรัพย์โสภณ ถ.เทพารักษ์ ต.บางปลา อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	0 2315 4715	0 2315 4479
281	บริษัท เอ็มซี เมทัลเซอร์วิสเอเชีย (ประเทศไทย) จำกัด	700/426 นิคมฯบางปะกง เขตอุตสาหกรรมทั่วไป ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4947-50	0 3821 4951
282	บริษัท เอโมริ (ไทยแลนด์) จำกัด	138 อาคารบุญมิตร ชั้น 10 ถ.สีลม แขวงสุริยวงศ์ เขตบางรัก กรุงเทพฯ	0 2238 2606	0 2238 2608
283	บริษัท เอเวอร์ เวลส์ พลาสติก (ประเทศไทย) จำกัด	700/334 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3846 8358	0 3846 8360
284	บริษัท เอเวอร์รอน อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/142 หมู่ 1 นิคมฯอมตะนคร ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3846 8579	0 3846 8580
285	บริษัท เอส บี คอยล์ เซ็นเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/648 หมู่ 3 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0170	0 3821 0181
286	บริษัท เอส วี ไอ อีลาสโม่เมอร์ จำกัด	900/9 อาคารเอสวีไอเอทาวเวอร์ ถ.พระรามที่ 3 แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา กรุงเทพฯ		
287	บริษัท เอส เอ็น ซี ซาวด์ พร็อพ จำกัด	700/302 หมู่ 6 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง	0 3845 7081	0 3845 7093

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

		ชลบุรี		
288	บริษัท เอส.เอ. พรีซิชั่น จำกัด	700/491 หมู่ 7 แขวงคอนหัวห่อ อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี	0 3845 4047	0 3845 4051
289.1	บริษัท เอส.เอ.เอส. พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	18/1 ซ.สุขุมวิท 15 ถ.สุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ	0 2255 4320	0 2651 0280
289.2	บริษัท เอส.เอ.เอส. พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	18/1 ซ.สุขุมวิท 15 ถ.สุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ	0 2255 4321	0 2651 0280
290	บริษัท เอสอีดับเบิลยู โรโดรฟ (ประเทศไทย) จำกัด	700/456 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4022-6	0 3821 4531
291	บริษัท เอสอาร์ แคว้นอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/486 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 2704 6070	0 2320 0734
292	บริษัท เออาร์เอสที (ประเทศไทย) จำกัด	700/617 หมู่ 4 นิคมฯอมตะนคร ถ.บางนา-ตราด กม.ที่ 57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 0011-7	0 3821 0018
293	บริษัท แอคโคเมท (สยาม) จำกัด	700/425 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 4445-9	0 3821 3315
294	บริษัท แคว้นอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/62 นิคมฯบางปะกง ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3693-4	0 3821 3697
295	บริษัท แอร์โปรดักส์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	700/23 หมู่ 6 ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี		
296	บริษัท โอภาโมโต ลอจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	477/1 หมู่ 3 ถ.เทพารักษ์ ต.เทพารักษ์ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ		
297	บริษัท โอภาวา เอเชีย จำกัด	700/307 ถ.บางนาตราด ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3821 3411-3	0 3821 3418
298	บริษัท โอเรียนเต็ลคอปเปอร์ จำกัด	700/45 หมู่ 6 ต.คอนหัวห่อ อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี	0 3874 3440-9	0 3821 3256
299	บริษัท โออิซูรุ (ประเทศไทย) จำกัด	59/18 หมู่ 3 ถ.ควนหน้ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี		
300	บริษัท ไอ ที เอส พี จำกัด (หยุดทำการผลิต)	700/80 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 3414-5	0 3821 3416
301	บริษัท ไอชิน ทาเคโอก้า ฟาวนตรี บางปะกง จำกัด	700/89 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4961-9	0 3821 4960
302	บริษัท ไอโซทรอน (ประเทศไทย) จำกัด	700/465 หมู่ 7 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 8431-4	0 3845 8435
303	บริษัท ไอโฟน คอมมิวนิเคชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด	700/455 หมู่ 7 นิคมฯอมตะ ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวห่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7217-9	0 3871 7221
304.1	บริษัท ไอเอสโอ เทอร์โบ (ประเทศไทย) จำกัด	700/487 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4053-6	0 3845 4057-8
304.2	บริษัท ไอเอสโอ เทอร์โบ (ประเทศไทย) จำกัด	700/487 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4053-6	0 3845 4057-8

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

305	บริษัท สอนค้า ลีออค ไทย จำกัด	700/309 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4805	0 3821 4807
306	บริษัท ฮานาโน (ไทยแลนด์) จำกัด	700/403 หมู่ 7 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3871 7134-8	0 3871 7139-40
307	บริษัท ฮายาชิ เทเลมปู (ประเทศไทย) จำกัด	700/360 ถ.บางนา-ตราด ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง ชลบุรี	0 3821 4491-4	0 3821 4083
308	บริษัท ฮีโน่มอเตอร์ส์ แมนูแฟกเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด	700/509 หมู่ 2 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 4577	0 3845 4570
309	บริษัท เฮงเค็ลไทย (1999) จำกัด	700/349 หมู่ 6 ถ.บางนา-ตราด ต.หนองไม้แดง อ.เมือง จ.ชลบุรี	03845 6800	0 3845 6325
310	บริษัท ไฮยู คอสเมติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด	700/181 หมู่ 1 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3845 8794-6	0 3845 8776
311	บริษัท ไฮโย (ไทยแลนด์) จำกัด	700/473 หมู่ 7 นิคมฯอมตะนคร ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4040-3	0 3845 4046
312	บริษัท ไฮเคสลิยร์ เคเอส เอ็นไวโรเทค จำกัด	700/83 ถ.บางนา-ตราด ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี	0 3821 4381-3	0 3821 4384
313	บริษัท ไฮได อินดัสตรี (ประเทศไทย) จำกัด	700/440 หมู่ 7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง จ.ชลบุรี	0 3845 4870-1	0 3845 4872

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า

P.20

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	32,043.34	7,077.81	44,096.14	64,086.68	9,740.06	8,408.93
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	22,595.39	12,369.57	33,687.00	45,190.78	18,441.53	15,405.55
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	4,785.92	8,709.56	6,023.95	9,571.84	10,962.55	9,836.05
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	51,823.44	32,638.41	58,152.12	103,646.87	36,624.22	34,631.31
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	35,053.90	29,823.14	45,328.48	70,107.79	38,564.54	34,193.84
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	16,794.10	14,716.92	26,152.56	33,588.19	22,917.89	18,817.41
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	353.45	158.94	467.45	706.89	210.21	184.57
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	62.27	39.45	66.23	124.55	41.95	40.70
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	99.32	99.32	114.43	198.63	114.43	106.87
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	132.33	132.33	131.53	264.67	131.53	131.93
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	364.59	364.59	434.78	729.17	434.78	399.68
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	416.57	416.57	407.60	833.14	407.60	412.08
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	8,096.21	8,096.21	13,055.36	16,192.43	13,055.36	10,575.79
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	26,289.37	26,289.37	35,872.98	52,578.75	35,872.98	31,081.18
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	3,413.95	3,413.95	4,101.57	6,827.91	4,101.57	3,757.76
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	22,880.55	22,880.55	14,456.66	45,761.10	14,456.66	18,668.60
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	12,968.96	12,968.96	14,284.08	25,937.93	14,284.08	13,626.52
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	35,450.57	35,450.57	55,597.54	70,901.15	55,597.54	45,524.06
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	1,513.14	1,513.14	1,652.01	3,026.27	1,652.01	1,582.57
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	403.83	403.83	460.62	807.67	460.62	432.22
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	68.13	68.13	66.09	136.26	66.09	67.11
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	16.68	16.68	18.88	33.36	18.88	17.78
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	3.63	3.63	3.61	7.26	3.61	3.62
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	1,372.68	1,372.68	1,860.03	2,745.36	1,860.03	1,616.36
	277,002.32	219,024.32	356,491.69	554,004.65	280,020.71	249,522.52

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.75

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	36,783.40	28,613.74	42,713.37	73,566.79	33,226.65	30,920.20
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	27,067.94	28,387.81	32,476.55	54,135.89	34,060.15	31,223.98
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	8,105.40	11,793.25	8,759.75	16,210.80	12,745.33	12,269.29
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	78,789.26	64,427.72	94,082.39	157,578.52	76,933.25	70,680.48
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	68,599.48	64,135.71	80,580.87	137,198.97	75,337.47	69,736.59
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	67,219.89	44,738.75	80,691.81	134,439.78	53,705.10	49,221.92
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	6,817.15	7,219.35	8,803.47	13,634.31	9,322.85	8,271.10
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	2,217.09	2,287.18	2,221.76	4,434.19	2,291.99	2,289.59
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	3,936.56	3,689.17	3,998.33	7,873.11	3,747.06	3,718.11
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	1,916.01	1,916.01	2,350.37	3,832.01	2,350.37	2,133.19
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	732.64	732.64	767.59	1,465.27	767.59	750.12
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	1,499.73	1,499.73	1,508.28	2,999.46	1,508.28	1,504.01
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	18,337.67	18,337.67	23,641.51	36,675.35	23,641.51	20,989.59
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	52,920.05	52,920.05	65,257.82	105,840.11	65,257.82	59,088.94
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	10,339.32	10,339.32	14,176.95	20,678.64	14,176.95	12,258.13
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	49,558.04	49,558.04	42,081.50	99,116.08	42,081.50	45,819.77
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	22,797.87	22,797.87	24,872.83	45,595.74	24,872.83	23,835.35
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	63,456.86	63,456.86	92,163.16	126,913.72	92,163.16	77,810.01
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	4,092.73	4,092.73	4,658.54	8,185.46	4,658.54	4,375.64
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	1,528.24	1,528.24	1,443.57	3,056.49	1,443.57	1,485.91
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	476.94	476.94	407.19	953.88	407.19	442.07
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	261.36	261.36	255.18	522.72	255.18	258.27
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	846.72	846.72	918.60	1,693.44	918.60	882.66
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	2,302.34	2,302.34	2,302.34	4,604.69	2,302.34	2,302.34
	530,602.71	486,359.21	631,133.76	1,061,205.43	578,175.30	532,267.25

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	54,823.13	29,988.01	67,361.93	109,646.27	36,846.68	33,417.35
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	38,439.88	34,211.49	49,824.88	76,879.76	44,344.14	39,277.82
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	15,673.23	25,830.71	20,113.63	31,346.46	33,148.83	29,489.77
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	313,364.61	164,694.96	404,242.96	626,729.22	212,457.87	188,576.41
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	207,810.38	152,617.73	324,434.47	415,620.76	238,267.47	195,442.60
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	35,953.99	27,969.63	44,393.70	71,907.99	34,535.11	31,252.37
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	2,578.26	4,239.53	3,253.52	5,156.52	5,349.88	4,794.70
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	742.76	1,662.45	705.67	1,485.53	1,579.43	1,620.94
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	1,265.22	1,630.53	1,247.64	2,530.44	1,607.87	1,619.20
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	1,403.98	1,403.98	1,399.63	2,807.97	1,399.63	1,401.81
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	688.28	688.28	735.13	1,376.56	735.13	711.71
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	125.45	125.45	138.28	250.91	138.28	131.87
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	1,921.37	1,921.37	3,058.04	3,842.75	3,058.04	2,489.71
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	16,860.31	16,860.31	12,857.62	33,720.62	12,857.62	14,858.96
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	9,777.80	9,777.80	13,396.32	19,555.60	13,396.32	11,587.06
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	57,423.64	57,423.64	55,232.76	114,847.29	55,232.76	56,328.20
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	26,760.88	26,760.88	26,650.58	53,521.76	26,650.58	26,705.73
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	50,140.23	50,140.23	75,396.65	100,280.46	75,396.65	62,768.44
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	3,340.90	3,340.90	3,562.27	6,681.80	3,562.27	3,451.59
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	779.76	779.76	1,167.26	1,559.52	1,167.26	973.51
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	230.54	230.54	299.88	461.08	299.88	265.21
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	468.45	468.45	467.98	936.90	467.98	468.21
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	767.23	767.23	763.64	1,534.46	763.64	765.43
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	1,031.24	1,031.24	1,021.11	2,062.49	1,021.11	1,026.18
	842,371.56	614,565.12	1,111,725.55	1,684,743.12	804,284.43	709,424.78

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.67

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	75,813.32	46,050.74	86,016.79	151,626.63	52,248.56	49,149.65
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	61,998.86	64,244.10	68,907.46	123,997.73	71,402.89	67,823.50
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	39,035.95	54,217.71	42,946.16	78,071.90	59,648.67	56,933.19
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	356,077.90	250,662.19	407,694.16	712,155.80	286,997.63	268,829.91
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	272,783.36	264,318.69	331,998.54	545,566.71	321,696.38	293,007.54
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	217,336.09	128,054.55	272,523.61	434,672.18	160,571.06	144,312.80
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	16,916.86	12,190.68	22,456.22	33,833.72	16,182.47	14,186.58
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	4,142.12	2,356.50	3,988.15	8,284.24	2,268.91	2,312.71
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	5,836.53	5,836.53	5,813.36	11,673.05	5,813.36	5,824.94
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	6,881.20	6,881.20	7,125.33	13,762.41	7,125.33	7,003.27
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	5,244.79	5,244.79	5,125.82	10,489.58	5,125.82	5,185.30
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	3,368.03	3,368.03	2,837.70	6,736.06	2,837.70	3,102.87
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	33,218.97	33,218.97	45,627.39	66,437.94	45,627.39	39,423.18
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	117,549.45	117,549.45	132,985.15	235,098.90	132,985.15	125,267.30
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	18,294.82	18,294.82	21,608.90	36,589.64	21,608.90	19,951.86
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	131,553.43	131,553.43	95,322.29	263,106.87	95,322.29	113,437.86
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	67,268.02	67,268.02	70,363.64	134,536.03	70,363.64	68,815.83
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	159,007.10	159,007.10	235,829.77	318,014.20	235,829.77	197,418.43
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	8,325.20	8,325.20	9,654.69	16,650.41	9,654.69	8,989.95
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	2,284.85	2,284.85	2,382.05	4,569.70	2,382.05	2,333.45
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	935.34	935.34	929.04	1,870.67	929.04	932.19
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	1,019.87	1,019.87	1,032.42	2,039.75	1,032.42	1,026.15
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	1,969.92	1,969.92	1,956.23	3,939.84	1,956.23	1,963.08
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	3,764.24	3,764.24	3,869.26	7,528.48	3,869.26	3,816.75
	1,610,626.22	1,388,616.93	1,878,994.14	3,221,252.44	1,613,479.62	1,501,048.27

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัด
น้ำท่า P.21

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	4,785.97	2,490.52	4,427.42	9,571.94	2,303.94	2,397.23
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	2,241.51	2,705.27	2,512.24	4,483.02	3,032.01	2,868.64
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	626.88	1,599.86	626.88	1,253.75	1,599.86	1,599.86
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	1,084.83	1,301.01	1,094.09	2,169.66	1,312.11	1,306.56
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	478.64	847.60	502.30	957.28	889.49	868.54
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	1,571.80	2,583.39	1,572.78	3,143.61	2,585.00	2,584.19
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	427.22	460.93	526.60	854.45	568.15	514.54
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	74.01	99.52	89.44	148.02	120.27	109.89
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	197.40	197.40	247.01	394.80	247.01	222.20
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	413.25	413.25	300.68	826.50	300.68	356.97
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	1,077.98	1,077.98	1,421.24	2,155.96	1,421.24	1,249.61
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	1,043.58	1,043.58	1,094.67	2,087.15	1,094.67	1,069.12
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	1,009.95	1,009.95	1,162.91	2,019.89	1,162.91	1,086.43
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	4,142.29	4,142.29	4,195.75	8,284.59	4,195.75	4,169.02
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	1,983.50	1,983.50	2,473.94	3,966.99	2,473.94	2,228.72
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	12,999.70	12,999.70	10,268.09	25,999.41	10,268.09	11,633.90
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	7,633.63	7,633.63	7,725.02	15,267.26	7,725.02	7,679.32
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	17,841.52	17,841.52	26,600.06	35,683.04	26,600.06	22,220.79
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	836.89	836.89	983.51	1,673.79	983.51	910.20
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	214.62	214.62	230.58	429.24	230.58	222.60
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	71.52	71.52	69.42	143.05	69.42	70.47
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	135.07	135.07	138.83	270.14	138.83	136.95
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	122.09	122.09	166.28	244.19	166.28	144.18
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	15.03	15.03	15.10	30.05	15.10	15.06
	61,028.88	61,826.11	68,444.85	122,057.77	69,503.92	65,665.01

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัด
น้ำท่า P.1

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	97,886.06	56,381.18	112,973.54	195,772.11	65,071.39	60,726.28
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	73,484.29	77,055.25	87,279.05	146,968.58	91,520.36	84,287.80
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	35,014.36	45,769.28	37,975.56	70,028.71	49,640.04	47,704.66
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	366,047.94	225,979.33	413,482.41	732,095.88	255,262.95	240,621.14
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	291,736.78	289,875.77	351,138.98	583,473.57	348,899.03	319,387.40
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	229,466.57	170,988.30	320,590.07	458,933.14	238,889.48	204,938.89
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	10,605.39	14,936.20	13,922.50	21,210.79	19,607.87	17,272.04
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	3,036.84	3,049.72	2,964.06	6,073.68	2,976.62	3,013.17
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	2,686.78	2,686.78	2,594.12	5,373.56	2,594.12	2,640.45
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	3,895.88	3,895.88	4,254.41	7,791.76	4,254.41	4,075.14
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	6,663.65	6,663.65	6,275.89	13,327.30	6,275.89	6,469.77
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	5,979.54	5,979.54	5,214.27	11,959.07	5,214.27	5,596.91
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	29,242.19	29,242.19	34,227.74	58,484.38	34,227.74	31,734.97
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	112,197.62	112,197.62	110,507.07	224,395.24	110,507.07	111,352.34
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	40,518.55	40,518.55	52,307.94	81,037.09	52,307.94	46,413.24
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	151,889.77	151,889.77	142,163.86	303,779.55	142,163.86	147,026.82
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	76,876.15	76,876.15	86,243.51	153,752.30	86,243.51	81,559.83
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	218,046.91	218,046.91	329,172.33	436,093.82	329,172.33	273,609.62
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	10,561.73	10,561.73	11,975.39	21,123.47	11,975.39	11,268.56
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	3,141.33	3,141.33	3,408.65	6,282.66	3,408.65	3,274.99
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	2,478.37	2,478.37	2,528.76	4,956.73	2,528.76	2,503.56
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	4,230.42	4,230.42	4,262.35	8,460.84	4,262.35	4,246.39
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	6,007.36	6,007.36	5,938.79	12,014.71	5,938.79	5,973.07
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	9,998.20	9,998.20	11,011.89	19,996.39	11,011.89	10,505.04
	1,791,692.68	1,568,449.46	2,152,413.13	3,583,385.36	1,883,954.72	1,726,202.09

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัด
น้ำท่า P.5

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	14,612.27	8,901.05	15,315.84	29,224.54	9,329.63	9,115.34
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	7,779.24	14,155.25	9,568.96	15,558.48	17,411.87	15,783.56
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	2,013.98	3,232.35	2,036.38	4,027.97	3,268.29	3,250.32
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	6,581.25	4,876.82	6,181.60	13,162.50	4,580.67	4,728.75
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	3,703.76	6,202.24	4,018.26	7,407.52	6,728.89	6,465.57
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	6,468.94	6,496.04	7,261.47	12,937.88	7,291.89	6,893.96
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	3,808.73	1,301.45	2,767.26	7,617.46	945.58	1,123.52
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	3,898.11	514.15	3,382.68	7,796.22	446.17	480.16
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	395.60	395.60	403.33	791.21	403.33	399.47
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	294.66	294.66	301.73	589.32	301.73	298.20
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	2,459.95	2,459.95	3,447.13	4,919.89	3,447.13	2,953.54
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	2,816.61	2,816.61	2,838.65	5,633.21	2,838.65	2,827.63
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	11,200.48	11,200.48	11,671.31	22,400.96	11,671.31	11,435.89
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	29,799.35	29,799.35	32,309.24	59,598.70	32,309.24	31,054.30
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	2,622.09	2,622.09	2,989.93	5,244.18	2,989.93	2,806.01
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	20,767.53	20,767.53	14,863.75	41,535.06	14,863.75	17,815.64
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	12,399.48	12,399.48	13,108.72	24,798.96	13,108.72	12,754.10
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	27,739.32	27,739.32	44,765.56	55,478.65	44,765.56	36,252.44
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	1,027.40	1,027.40	984.31	2,054.80	984.31	1,005.86
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	428.89	428.89	458.09	857.78	458.09	443.49
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	375.55	375.55	419.90	751.10	419.90	397.73
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	534.74	534.74	468.88	1,069.49	468.88	501.81
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	426.54	426.54	426.54	853.08	426.54	426.54
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	3,888.21	3,888.21	3,888.21	7,776.41	3,888.21	3,888.21
	166,042.69	162,855.76	183,877.72	332,085.39	183,348.25	173,102.01

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า

P.71

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	25,749.76	11,819.93	40,149.94	51,499.51	18,430.06	15,125.00
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	70,003.83	51,398.19	60,421.30	140,007.66	44,362.51	47,880.35
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	19,609.43	37,321.54	20,527.09	39,218.87	39,068.06	38,194.80
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	7,843.32	8,910.07	8,320.45	15,686.64	9,452.10	9,181.09
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	2,609.38	2,556.93	2,714.16	5,218.76	2,659.60	2,608.26
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	6,335.88	6,061.33	7,018.10	12,671.77	6,713.98	6,387.66
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	1,084.26	1,172.28	1,255.26	2,168.51	1,357.17	1,264.73
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	271.02	317.63	306.72	542.05	359.46	338.55
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	11.40	11.40	9.12	22.81	9.12	10.26
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	635.77	635.77	593.96	1,271.53	593.96	614.86
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	1,124.51	1,124.51	1,014.35	2,249.03	1,014.35	1,069.43
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	1,204.63	1,204.63	1,267.64	2,409.26	1,267.64	1,236.14
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	3,418.63	3,418.63	3,557.43	6,837.26	3,557.43	3,488.03
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	25,807.18	25,807.18	27,221.64	51,614.37	27,221.64	26,514.41
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	21,422.12	21,422.12	26,003.41	42,844.24	26,003.41	23,712.76
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	91,151.01	91,151.01	88,326.96	182,302.02	88,326.96	89,738.99
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	37,696.48	37,696.48	38,083.84	75,392.95	38,083.84	37,890.16
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	71,332.21	71,332.21	108,057.58	142,664.43	108,057.58	89,694.90
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	3,091.94	3,091.94	3,884.75	6,183.89	3,884.75	3,488.35
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	407.72	407.72	494.04	815.44	494.04	450.88
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	7.19	7.19	7.39	14.37	7.39	7.29
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	2.36	2.36	2.36	4.71	2.36	2.36
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	19.62	19.62	27.22	39.23	27.22	23.42
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	3,919.07	3,919.07	4,581.55	7,838.15	4,581.55	4,250.31
	394,758.74	380,809.76	443,846.27	789,517.47	425,536.20	403,172.98

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัด
น้ำท่า P.24A

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	1,045.09	839.88	1,061.97	2,090.19	853.44	846.66
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	8,020.70	12,184.03	9,473.91	16,041.41	14,391.55	13,287.79
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	4,424.27	5,576.12	5,459.33	8,848.54	6,880.66	6,228.39
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	1,324.72	1,027.22	1,309.67	2,649.44	1,015.56	1,021.39
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	650.78	525.97	736.10	1,301.55	594.93	560.45
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	952.92	981.23	1,060.05	1,905.85	1,091.53	1,036.38
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	170.58	165.53	173.20	341.15	168.08	166.81
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	160.03	154.80	149.95	320.06	145.06	149.93
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	83.88	83.88	88.98	167.77	88.98	86.43
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	207.17	207.17	280.03	414.34	280.03	243.60
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	825.51	825.51	886.42	1,651.02	886.42	855.97
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	632.28	632.28	645.06	1,264.56	645.06	638.67
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	1,039.82	1,039.82	1,217.40	2,079.64	1,217.40	1,128.61
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	9,544.36	9,544.36	9,577.43	19,088.72	9,577.43	9,560.89
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	4,123.37	4,123.37	4,364.76	8,246.74	4,364.76	4,244.07
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	16,929.24	16,929.24	17,082.65	33,858.48	17,082.65	17,005.94
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	7,549.63	7,549.63	7,428.79	15,099.26	7,428.79	7,489.21
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	20,696.11	20,696.11	20,502.16	41,392.22	20,502.16	20,599.14
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	3,614.15	3,614.15	4,995.94	7,228.31	4,995.94	4,305.05
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	554.30	554.30	519.19	1,108.60	519.19	536.75
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	118.86	118.86	146.38	237.72	146.38	132.62
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	26.25	26.25	23.36	52.51	23.36	24.81
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	70.36	70.36	56.73	140.71	56.73	63.55
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	3,046.76	3,046.76	4,874.42	6,093.52	4,874.42	3,960.59
	85,811.16	90,516.85	92,113.90	171,622.32	97,830.52	94,173.69

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการประเมินปริมาณมลสาร SS สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัด
น้ำท่า P.73

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	85,291.95	65,331.68	91,317.53	170,583.90	69,947.13	67,639.40
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	77,066.02	93,515.21	79,516.96	154,132.04	96,489.29	95,002.25
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	81,952.35	85,197.77	94,084.27	163,904.69	97,810.13	91,503.95
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	181,664.12	160,511.18	191,884.72	363,328.24	169,541.69	165,026.43
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	103,180.52	125,904.09	102,971.09	206,361.04	125,648.54	125,776.31
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	388,605.47	251,596.41	463,435.86	777,210.94	300,044.15	275,820.28
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	35,646.16	25,619.63	51,519.89	71,292.31	37,028.41	31,324.02
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	6,229.16	5,826.28	5,664.04	12,458.32	5,297.71	5,562.00
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	4,992.09	4,992.09	4,658.86	9,984.19	4,658.86	4,825.48
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	10,429.90	10,429.90	10,944.10	20,859.79	10,944.10	10,687.00
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	26,465.02	26,465.02	27,031.80	52,930.04	27,031.80	26,748.41
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	17,439.72	17,439.72	17,381.68	34,879.44	17,381.68	17,410.70
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	89,169.00	89,169.00	126,168.05	178,338.00	126,168.05	107,668.53
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	449,590.69	449,590.69	464,980.81	899,181.38	464,980.81	457,285.75
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	97,434.64	97,434.64	107,467.82	194,869.28	107,467.82	102,451.23
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	384,932.82	384,932.82	363,382.59	769,865.64	363,382.59	374,157.71
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	307,957.59	307,957.59	340,137.53	615,915.19	340,137.53	324,047.56
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	724,398.86	724,398.86	1,252,805.05	1,448,797.7	1,252,805.0	988,601.96
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	13,726.53	13,726.53	11,104.45	27,453.06	11,104.45	12,415.49
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	9,030.53	9,030.53	9,500.54	18,061.06	9,500.54	9,265.54
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	2,752.12	2,752.12	2,743.37	5,504.24	2,743.37	2,747.75
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	1,226.92	1,226.92	1,306.66	2,453.85	1,306.66	1,266.79
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	907.55	907.55	895.42	1,815.11	895.42	901.49
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	22,811.79	22,811.79	30,185.43	45,623.57	30,185.43	26,498.61
	3,122,901.53	2,976,768.03	3,851,088.51	6,245,803.06	3,672,501.2	3,324,634.6

ตารางผนวกที่ 16 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.20

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	157.31	34.75	142.73	314.62	31.53	33.14
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	154.90	84.80	120.34	309.81	65.88	75.34
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	39.53	71.94	23.38	79.06	42.55	57.24
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	180.98	113.98	215.39	361.97	135.65	124.82
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	245.27	208.67	236.74	490.55	201.41	205.04
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	380.02	333.02	472.82	760.05	414.34	373.68
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	18.59	8.36	24.84	37.19	11.17	9.77
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	16.55	10.48	11.35	33.10	7.19	8.84
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	29.80	29.80	23.75	59.59	23.75	26.77
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	21.90	21.90	21.42	43.81	21.42	21.66
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	27.99	27.99	29.36	55.99	29.36	28.68
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	24.17	24.17	23.79	48.34	23.79	23.98
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	242.53	242.53	307.36	485.06	307.36	274.94
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	685.36	685.36	848.99	1,370.73	848.99	767.18
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	120.16	120.16	146.13	240.31	146.13	133.14
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	291.28	291.28	320.42	582.57	320.42	305.85
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	67.42	67.42	65.43	134.84	65.43	66.42
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	287.83	287.83	256.65	575.65	256.65	272.24
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	54.73	54.73	54.73	109.46	54.73	54.73
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	26.92	26.92	24.36	53.84	24.36	25.64
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	4.19	4.19	5.15	8.39	5.15	4.67
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	1.04	1.04	0.65	2.08	0.65	0.84
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	0.38	0.38	0.39	0.75	0.39	0.38
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	65.14	65.14	46.58	130.29	46.58	55.86
	3,144.02	2,816.86	3,422.74	6,288.03	3,084.87	2,950.86

ตารางผนวกที่ 17 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.75

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	88.82	69.09	86.17	177.64	67.03	68.06
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	38.94	40.84	45.36	77.87	47.57	44.20
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	6.83	9.93	4.84	13.65	7.05	8.49
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	82.97	67.85	111.66	165.94	91.31	79.58
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	96.11	89.86	110.68	192.22	103.48	96.67
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	305.54	203.36	223.90	611.09	149.02	176.19
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	92.26	97.71	105.96	184.52	112.21	104.96
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	161.66	166.77	167.03	323.33	172.31	169.54
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	202.01	189.31	197.49	404.02	185.08	187.20
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	419.13	419.13	281.96	838.25	281.96	350.54
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	54.52	54.52	59.46	109.04	59.46	56.99
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	69.99	69.99	69.99	139.97	69.99	69.99
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	431.47	431.47	477.60	862.95	477.60	454.53
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	1,347.06	1,347.06	1,374.78	2,694.11	1,374.78	1,360.92
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	104.10	104.10	67.41	208.21	67.41	85.76
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	194.55	194.55	146.48	389.09	146.48	170.51
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	89.88	89.88	94.75	179.77	94.75	92.32
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	302.69	302.69	364.69	605.38	364.69	333.69
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	67.09	67.09	72.32	134.19	72.32	69.71
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	81.04	81.04	53.22	162.09	53.22	67.13
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	31.46	31.46	24.21	62.92	24.21	27.84
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	12.36	12.36	11.50	24.71	11.50	11.93
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	27.10	27.10	24.40	54.19	24.40	25.75
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	38.37	38.37	39.58	76.74	39.58	38.98
	4,345.95	4,205.52	4,215.44	8,691.90	4,097.40	4,151.46

ตารางผนวกที่ 18 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	143.49	78.49	117.49	286.98	64.27	71.38
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	47.90	42.63	51.71	95.80	46.02	44.33
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	19.78	32.60	18.19	39.56	29.98	31.29
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	196.22	103.13	253.62	392.43	133.30	118.21
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	128.24	94.18	203.08	256.48	149.14	121.66
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	214.39	166.78	152.55	428.78	118.68	142.73
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	98.22	161.51	121.50	196.44	199.79	180.65
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	54.55	122.09	47.44	109.09	106.17	114.13
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	61.57	79.35	61.50	123.15	79.26	79.31
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	56.95	56.95	57.32	113.91	57.32	57.14
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	53.32	53.32	52.19	106.63	52.19	52.75
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	18.63	18.63	20.48	37.26	20.48	19.55
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	147.80	147.80	186.61	295.60	186.61	167.20
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	466.75	466.75	551.32	933.51	551.32	509.04
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	87.91	87.91	109.47	175.82	109.47	98.69
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	316.64	316.64	320.73	633.29	320.73	318.68
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	93.32	93.32	93.18	186.65	93.18	93.25
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	175.51	175.51	240.73	351.02	240.73	208.12
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	71.69	71.69	63.80	143.37	63.80	67.74
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	49.25	49.25	63.56	98.50	63.56	56.40
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	20.71	20.71	24.77	41.42	24.77	22.74
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	41.81	41.81	41.68	83.62	41.68	41.75
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	58.06	58.06	58.39	116.12	58.39	58.23
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	54.18	54.18	52.49	108.37	52.49	53.34
	2,676.89	2,593.29	2,963.81	5,353.79	2,863.33	2,728.31

ตารางผนวกที่ 19 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.67

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	223.48	135.74	216.49	446.95	131.50	133.62
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	160.95	166.78	158.66	321.90	164.40	165.59
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	129.49	179.85	133.00	258.98	184.73	182.29
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	529.40	372.67	538.87	1,058.79	379.34	376.01
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	526.93	510.58	499.35	1,053.85	483.86	497.22
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	1,319.54	777.47	1,538.54	2,639.08	906.51	841.99
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	229.29	165.24	235.15	458.59	169.45	167.34
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	490.75	279.19	467.31	981.50	265.86	272.53
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	479.71	479.71	492.69	959.43	492.69	486.20
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	265.71	265.71	273.14	531.42	273.14	269.42
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	391.70	391.70	395.14	783.40	395.14	393.42
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	168.40	168.40	190.50	336.80	190.50	179.45
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	647.89	647.89	967.79	1,295.78	967.79	807.84
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	2,481.98	2,481.98	2,839.91	4,963.97	2,839.91	2,660.95
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	258.00	258.00	255.20	516.01	255.20	256.60
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	545.57	545.57	550.27	1,091.13	550.27	547.92
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	146.47	146.47	147.90	292.94	147.90	147.19
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	532.65	532.65	544.47	1,065.31	544.47	538.56
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	156.61	156.61	173.53	313.23	173.53	165.07
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	114.24	114.24	97.72	228.48	97.72	105.98
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	68.13	68.13	68.06	136.26	68.06	68.09
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	64.52	64.52	64.84	129.05	64.84	64.68
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	149.71	149.71	152.45	299.43	152.45	151.08
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	164.21	164.21	159.82	328.42	159.82	162.02
	10,245.35	9,223.05	11,160.80	20,490.71	10,059.08	9,641.06

ตารางผนวกที่ 20 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.21

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	38.15	19.85	34.77	76.30	18.09	18.97
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	16.81	20.29	19.01	33.62	22.95	21.62
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	2.29	5.84	1.76	4.58	4.49	5.16
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	3.31	3.97	2.67	6.62	3.21	3.59
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	2.89	5.12	3.07	5.78	5.44	5.28
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	12.89	21.18	11.71	25.78	19.25	20.22
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	24.18	26.09	17.76	48.36	19.17	22.63
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	22.20	29.86	23.23	44.40	31.24	30.55
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	9.80	9.80	9.43	19.59	9.43	9.61
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	12.45	12.45	11.13	24.90	11.13	11.79
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	38.59	38.59	46.72	77.17	46.72	42.65
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	43.03	43.03	43.57	86.07	43.57	43.30
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	43.76	43.76	45.26	87.53	45.26	44.51
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	121.53	121.53	125.54	243.06	125.54	123.53
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	28.74	28.74	29.97	57.48	29.97	29.36
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	38.71	38.71	50.37	77.43	50.37	44.54
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	12.68	12.68	16.58	25.37	16.58	14.63
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	79.94	79.94	85.62	159.87	85.62	82.78
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	27.08	27.08	27.08	54.15	27.08	27.08
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	24.26	24.26	19.33	48.52	19.33	21.79
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	8.43	8.43	8.79	16.85	8.79	8.61
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	6.79	6.79	6.92	13.58	6.92	6.85
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	5.34	5.34	7.41	10.68	7.41	6.38
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	0.84	0.84	0.82	1.68	0.82	0.83
	624.69	634.16	648.53	1,249.37	658.37	646.26

ตารางผนวกที่ 21 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.1

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	218.45	125.82	233.10	436.90	134.26	130.04
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	107.53	112.75	142.17	215.06	149.08	130.92
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	40.93	53.50	53.15	81.86	69.47	61.49
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	410.02	253.13	450.33	820.05	278.01	265.57
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	239.89	238.36	324.04	479.78	321.97	280.16
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	584.16	435.29	294.04	1,168.31	219.10	327.20
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	159.45	224.57	198.59	318.90	279.68	252.12
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	376.30	377.90	418.15	752.61	419.93	398.91
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	454.92	454.92	498.94	909.84	498.94	476.93
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	150.52	150.52	139.20	301.05	139.20	144.86
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	213.74	213.74	237.01	427.48	237.01	225.37
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	144.40	144.40	157.58	288.81	157.58	150.99
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	592.60	592.60	846.33	1,185.19	846.33	719.46
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	2,284.88	2,284.88	2,566.63	4,569.75	2,566.63	2,425.75
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	458.82	458.82	536.33	917.64	536.33	497.58
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	802.44	802.44	1,032.08	1,604.87	1,032.08	917.26
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	174.34	174.34	203.25	348.68	203.25	188.80
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	1,136.32	1,136.32	1,042.73	2,272.65	1,042.73	1,089.53
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	485.95	485.95	472.07	971.90	472.07	479.01
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	266.72	266.72	268.77	533.43	268.77	267.74
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	234.59	234.59	210.58	469.17	210.58	222.58
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	249.08	249.08	252.58	498.16	252.58	250.83
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	501.65	501.65	500.54	1,003.29	500.54	501.09
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	587.05	587.05	558.76	1,174.10	558.76	572.91
	10,874.75	10,559.34	11,636.94	21,749.50	11,394.88	10,977.11

ตารางผนวกที่ 22 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.5

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	209.28	127.48	206.65	418.55	125.88	126.68
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	112.72	205.11	117.29	225.44	213.43	209.27
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	45.36	72.80	40.13	90.72	64.41	68.61
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	108.42	80.34	101.31	216.84	75.07	77.71
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	54.58	91.40	61.71	109.17	103.34	97.37
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	164.61	165.30	108.60	329.22	109.06	137.18
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	290.85	99.38	320.60	581.70	109.55	104.47
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	721.15	95.12	497.80	1,442.30	65.66	80.39
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	84.62	84.62	86.39	169.23	86.39	85.50
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	59.95	59.95	61.13	119.90	61.13	60.54
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	193.06	193.06	188.86	386.12	188.86	190.96
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	138.56	138.56	137.46	277.12	137.46	138.01
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	455.02	455.02	376.55	910.04	376.55	415.78
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	1,256.01	1,256.01	1,082.24	2,512.01	1,082.24	1,169.13
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	82.61	82.61	69.06	165.23	69.06	75.84
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	293.37	293.37	219.99	586.74	219.99	256.68
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	94.20	94.20	90.28	188.40	90.28	92.24
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	156.91	156.91	205.70	313.82	205.70	181.30
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	40.46	40.46	42.20	80.91	42.20	41.33
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	59.29	59.29	61.76	118.58	61.76	60.52
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	54.71	54.71	59.94	109.42	59.94	57.33
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	49.91	49.91	51.37	99.82	51.37	50.64
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	36.19	36.19	36.19	72.38	36.19	36.19
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	285.14	285.14	142.79	570.27	142.79	213.96
	5,046.96	4,276.92	4,366.00	10,093.92	3,778.30	4,027.61

ตารางผนวกที่ 23 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.71

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	145.39	66.74	192.19	290.78	88.22	77.48
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	192.20	141.11	197.75	384.39	145.19	143.15
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	36.14	68.79	37.87	72.28	72.07	70.43
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	34.77	39.50	29.76	69.54	33.81	36.65
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	13.69	13.42	16.74	27.39	16.41	14.91
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	153.50	146.85	120.84	307.00	115.60	131.22
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	87.05	94.11	107.68	174.09	116.43	105.27
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	43.22	50.65	16.81	86.43	19.70	35.17
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	0.86	0.86	1.03	1.71	1.03	0.94
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	9.54	9.54	6.40	19.07	6.40	7.97
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	46.53	46.53	57.11	93.06	57.11	51.82
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	70.67	70.67	62.92	141.34	62.92	66.79
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	111.63	111.63	116.26	223.26	116.26	113.94
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	458.38	458.38	422.68	916.75	422.68	440.53
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	116.24	116.24	119.81	232.49	119.81	118.03
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	440.86	440.86	415.19	881.72	415.19	428.02
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	175.24	175.24	173.82	350.48	173.82	174.53
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	403.77	403.77	456.99	807.53	456.99	430.38
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	62.67	62.67	62.67	125.35	62.67	62.67
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	22.91	22.91	20.36	45.83	20.36	21.63
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	0.42	0.42	0.50	0.83	0.50	0.46
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.30
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	2.19	2.19	1.57	4.38	1.57	1.88
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	149.77	149.77	149.77	299.55	149.77	149.77
	2,777.93	2,693.15	2,787.03	5,555.87	2,674.81	2,683.98

ตารางผนวกที่ 24 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า P.24A

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	16.82	13.52	16.85	33.64	13.54	13.53
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	29.99	45.56	32.17	59.98	48.86	47.21
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	12.34	15.55	15.06	24.67	18.98	17.26
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	9.79	7.59	10.55	19.57	8.18	7.89
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	5.83	4.71	7.69	11.66	6.22	5.46
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	28.59	29.44	24.28	57.18	25.00	27.22
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	18.17	17.63	21.19	36.34	20.56	19.10
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	22.58	21.84	18.12	45.15	17.53	19.69
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	22.61	22.61	22.80	45.22	22.80	22.71
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	20.25	20.25	16.83	40.49	16.83	18.54
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	43.80	43.80	50.45	87.61	50.45	47.12
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	32.74	32.74	35.62	65.49	35.62	34.18
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	27.82	27.82	30.83	55.64	30.83	29.32
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	185.51	185.51	171.18	371.02	171.18	178.35
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	37.99	37.99	37.89	75.97	37.89	37.94
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	115.20	115.20	116.49	230.40	116.49	115.85
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	35.53	35.53	36.97	71.06	36.97	36.25
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	133.01	133.01	133.49	266.03	133.49	133.25
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	104.04	104.04	125.40	208.09	125.40	114.72
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	26.40	26.40	24.33	52.79	24.33	25.36
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	6.41	6.41	7.41	12.82	7.41	6.91
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	1.98	1.98	1.70	3.95	1.70	1.84
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	5.66	5.66	4.55	11.32	4.55	5.11
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	85.03	85.03	85.03	170.05	85.03	85.03
	1,028.07	1,039.81	1,046.86	2,056.14	1,059.83	1,049.82

ตารางผนวกที่ 25 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี direct estimate ที่สถานีวัดน้ำท่า
P.73

	A	B	C	D	E	ค่าเฉลี่ย (เฉพาะ B และ E)
3 ก.ย. ถึง 11 ก.ย. 2548	672.45	515.08	695.15	1,344.90	532.47	523.77
11 ก.ย. ถึง 18 ก.ย. 2548	480.33	582.85	508.38	960.66	616.89	599.87
15 ก.ย. ถึง 22 ก.ย. 2548	196.10	203.87	196.10	392.20	203.87	203.87
22 ก.ย. ถึง 29 ก.ย. 2548	413.32	365.19	399.63	826.64	353.10	359.14
29 ก.ย. ถึง 10 ต.ค. 2548	188.00	229.40	189.63	376.00	231.40	230.40
10 ต.ค. ถึง 16 พ.ย. 2548	1,069.76	692.60	812.01	2,139.51	525.72	609.16
16 พ.ย. ถึง 21 ธ.ค. 2548	534.69	384.29	543.51	1,069.38	390.63	387.46
21 ธ.ค. 2548 ถึง 13 ก.พ. 2549	419.05	391.95	351.24	838.11	328.52	360.24
13 ก.พ. ถึง 9 เม.ย. 2549	261.08	261.08	279.70	522.16	279.70	270.39
9 เม.ย. ถึง 21 พ.ค. 2549	307.31	307.31	288.03	614.62	288.03	297.67
21 พ.ค. ถึง 24 มิ.ย. 2549	646.00	646.00	654.09	1,291.99	654.09	650.04
24 มิ.ย. ถึง 16 ก.ค. 2549	381.09	381.09	395.60	762.18	395.60	388.35
16 ก.ค. ถึง 2 ส.ค. 2549	1,891.96	1,891.96	2,727.87	3,783.92	2,727.87	2,309.91
2 ส.ค. ถึง 16 ก.ย. 2549	10,032.19	10,032.19	10,282.73	20,064.38	10,282.73	10,157.46
16 ก.ย. ถึง 23 ก.ย. 2549	1,511.92	1,511.92	1,546.69	3,023.83	1,546.69	1,529.30
23 ก.ย. ถึง 7 ต.ค. 2549	3,513.59	3,513.59	3,497.14	7,027.17	3,497.14	3,505.36
7 ต.ค. ถึง 12 ต.ค. 2549	1,215.62	1,215.62	1,171.59	2,431.24	1,171.59	1,193.61
12 ต.ค. ถึง 4 พ.ย. 2549	2,463.94	2,463.94	3,103.66	4,927.88	3,103.66	2,783.80
4 พ.ย. ถึง 5 ธ.ค. 2549	369.16	369.16	440.46	738.32	440.46	404.81
5 ธ.ค. 2549 ถึง 14 ม.ค. 2550	485.22	485.22	573.35	970.44	573.35	529.29
14 ม.ค. ถึง 2 ก.พ. 2550	65.96	65.96	69.75	131.92	69.75	67.86
2 ก.พ. ถึง 4 มี.ค. 2550	68.80	68.80	48.16	137.60	48.16	58.48
4 มี.ค. ถึง 5 เม.ย. 2550	89.63	89.63	86.40	179.27	86.40	88.02
5 เม.ย. ถึง 9 พ.ค. 2550	1,161.33	1,161.33	1,161.33	2,322.65	1,161.33	1,161.33
	28,438.50	27,830.03	30,022.19	56,876.99	29,509.14	28,669.59

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการประเมินปริมาณมลสาร BOD สำหรับวิธี conventional method

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมินสาร	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่ไม่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD รวม
03/09/2548	P4A	54.38	24.17	52.23
-	P21	18.60	8.26	26.87
10/09/2548	P5	225.46	100.20	325.67
	P71	73.45	32.64	106.10
	P24A	18.70	8.31	27.01
11/09/2548	P4A	99.87	63.32	163.19
-	P21	36.82	23.71	60.53
17/09/2548	P5	338.98	298.95	673.93
	P71	204.51	117.19	321.70
	P24A	67.44	34.58	102.02
18/09/2548	P4A	109.51	78.22	187.73
-	P21	37.46	12.91	50.37
21/09/2548	P5	381.91	171.52	553.43
	P71	176.07	123.85	299.92
	P24A	43.16	32.83	75.99
22/09/2548	P4A	168.87	85.40	254.27
-	P21	47.50	5.12	52.62
28/09/2548	P5	375.03	111.01	486.04
	P71	118.52	52.36	170.88
	P24A	35.00	11.27	46.27
29/09/2548	P4A	202.77	75.58	278.35
-	P21	24.59	8.80	33.39
04/10/2548	P5	308.52	162.29	470.81
	P71	94.43	24.85	119.28
	P24A	24.02	9.11	33.13
05/10/2548	P4A	143.23	33.98	177.21
-	P21	56.99	4.81	61.80

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมิณสาร	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่ไม่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD รวม
15/11/2548	P5	234.44	32.66	261.7
	P71	141.01	31.24	172.25
	P24A	49.7	6.48	56.18
16/11/2548	P4A	88.87	51.61	140.48
-	P21	46.52	6.46	52.98
20/12/2548	P5	346.54	29.85	376.39
	P71	91.82	30.08	121.9
	P24A	25.46	5.46	30.92
21/12/2548	P4A	74.69	21.14	95.83
-	P21	24.63	5.66	30.29
12/2/2549	P5	284.69	14.89	299.58
	P71	97.11	6.51	103.62
	P24A	24.01	3.65	27.66
13/2/2549	P4A	75.94	14.42	90.36
-	P21	25.77	1.75	27.52
8/4/2549	P5	202.13	15.55	217.68
	P71	96.06	7.17	103.23
	P24A	25.11	4.13	29.24
9/4/2549	P4A	93.51	13.6	107.11
-	P21	51.26	2.81	54.07
20/5/2549	P5	56.93	14.41	71.34
	P71	26.03	1.9	27.93
	P24A	46.72	4.41	51.13
21/5/2549	P4A	91.77	15.52	107.29

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมิณสาร	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่ไม่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD รวม
- 23/6/2549	P21	65.21	12.54	77.75
	P5	199.16	56.16	255.32
	P71	100.8	15.24	116.04
	P24A	58	13.86	71.86
24/6/2549	P4A	85.43	8.89	94.32
-	P21	62.96	19.68	82.64
15/7/2549	P5	202.83	62.73	265.56
	P71	187.43	30.36	491.03
	P24A	56.39	15.54	71.93
16/7/2549	P4A	231.47	98.36	329.83
-	P21	117.9	26.18	144.08
1/8/2549	P5	830.23	244.58	1,074.81
	P71	248.29	67.02	315.31
	P24A	88.99	17.25	106.24
2/8/2549	P4A	247.53	110.66	358.19
-	P21	93.19	26.86	120.05
16/9/2549	P5	777.54	254.16	1,031.70
	P71	286.06	95.77	381.83
	P24A	89.07	17.25	106.32
23/9/2549	P4A	227.63	71.43	299.06
-	P21	33.71	31.82	65.53
6/10/2549	P5	336.94	183.34	520.28
	P71	305.73	102.85	408.58
	P24A	82.75	27.9	110.65

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมิณสาร	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่ไม่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD รวม
7/10/2549	P4A	186.5	62.68	249.18
-	P21	29.26	24.19	53.45
12/10/2549	P5	299.01	184.47	483.48
	P71	349.07	91.82	440.89
	P24A	72.49	23.6	96.09
12/10/2549	P4A	90.49	69.96	160.45
-	P21	35.99	29.92	65.91
3/11/2549	P5	333.28	78.83	412.11
	P71	187.12	97.47	284.59
	P24A	57.94	26.86	84.8
4/11/2549	P4A	61.32	21.85	83.17
-	P21	24.09	8.73	32.82
4/12/2549	P5	290.2	13.33	303.53
	P71	94.29	20.22	114.51
	P24A	37.01	24.33	61.34
5/12/2549	P4A	60.43	14.1	74.53
-	P21	23.25	5.45	28.7
13/1/2550	P5	286.43	15.13	301.56
	P71	92.5	15.41	107.91
	P24A	23.63	6.34	29.97
14/1/2550	P4A	61	8.42	69.42
-	P21	23.25	3.19	26.44
9/2/2550	P5	281.87	61.23	343.1
	P71	91.82	10.17	101.99

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

ช่วงเวลา	จุดสถานีที่ทำการ ประเมิณสาร	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD จากแหล่งกำเนิด ที่ไม่แน่นอน	ปริมาณมลสาร BOD รวม
	P24A	23.38	2.56	25.94
10/2/2550	P4A	60.43	18.98	79.41
-	P21	23.27	3.12	26.39
3/3/2550	P5	281.84	23.02	304.86
	P71	91.82	10.14	101.96
	P24A	23.38	12.84	36.22
4/3/2550	P4A	61.8	18.2	80
-	P21	23.68	8.99	32.67
4/4/2550	P5	284.27	11.31	295.58
	P71	92.06	9.59	101.65
	P24A	23.62	11.6	35.22
5/4/2550	P4A	73.22	15.24	88.46
-	P21	24.91	8.24	33.15
9/5/2550	P5	307.23	61.13	368.36
	P71	98.62	42.79	141.41
	P24A	24.4	24.29	48.69