ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึก สำหรับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด

Study of Two Dimensional Depth Averaged Hydrodynamic and Water Quality Model for the Case Study of Bung Boraped

นามผู้วิจัย นายสันติ ศรีทองสม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์วีระพล แต้สมบัติ, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์วิชาญ ภู่พัฒน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 6 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึก สำหรับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด

Study of Two Dimensional Depth Averaged Hydrodynamic and Water Quality Model for the Case Study of Bung Boraped

โดย

นายสันติ ศรีทองสม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ.2546

ISBN 974-359-578-3

สันติ ศรีทองสม 2546: การศึกษาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึกสำหรับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. 136 หน้า
ISBN 974-359-578-3

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติ เฉลี่ยกับความลึกสำหรับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด โดยแบบจำลองดังกล่าวมีพื้นฐานจากสมการการเคลื่อนที่ของนาเวียร์-สโตคส์ สมการความต่อเนื่อง และ สมการการควบคุมมวล ในการแก้สมการเหล่านี้กระทำได้โดยวิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ alternating direction – implicit finite difference method (ADI) สำหรับพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำของแบบจำลองที่พิจารณาประกอบด้วย ปริมาณ BOD และ DO ซึ่งขบวนการด้านคุณภาพน้ำถูกจำลองแบบโดยสมการการพัดพาและสมการการฟุ้งกระจาย

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐาน ดังนี้ คือ 1) ข้อมูลรายวันของปริมาณฝนและการระเหย และข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ของความเร็วและทิศทางลม ซึ่งรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา 2) ข้อมูลสภาพทางกายภาพของบึงบอระเพ็ดที่เก็บรวบรวมโดยกรมชลประทาน และ 3) ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด ข้อมูลปริมาณ BOD และ DO ณ. จุดที่มีการไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด รวมทั้งข้อมูลความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ และปริมาณ BOD และ DO ณ.จุดตัวแทนต่าง ๆ จำนวน 4 จุด ซึ่งมีสภาพน้ำและสิ่งปกคลุมที่แตกต่างกันในบึงบอระเพ็ด โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยกลุ่มวิจัย

การเก็บข้อมูลภาคสนามได้กระทำใน 3 ช่วงเวลา คือ 1) ในระหว่างวันที่ 10-11 ธันวาคม 2545 2) วันที่ 10-13 กุมภาพันธ์ 2546 และ 3) วันที่ 28 เมษายน 2546 ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาดังกล่าวคือในระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง วันที่ 28 เมษายน 2546 โดยข้อมูลที่ได้จากช่วงเวลาที่ 1 ใช้เป็นข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง และข้อมูลช่วงเวลาที่ 2 และ 3 ใช้สำหรับการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ตามลำดับ โดยการใช้งานแบบจำลองนั้นได้จำลองรูปร่างของบึงบอระเพ็ดด้วยกริดจำนวน 39*99 กริด โดยแต่ละกริดมีความกว้าง 200 ม. และความยาว 200 ม. ผลสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่งของท้องบึงมีค่าระหว่าง 0.025 ถึง 0.035 และ สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทางแนวนอนและแนวตั้งมีค่าเท่ากันคือ 90 ตร.ม./ว.

ผลการดำเนินงานแบบจำลองโดยภาพรวมในการประเมินความเร็วและทิศทางในการไหล ตลอดจนปริมาณ BOD และ DO นั้นยังมีความผิดพลาดอยู่พอสมควร เนื่องจากสาเหตุสำคัญดังนี้คือ 1) บึงบอระเพ็ดในช่วงที่มีการศึกษามีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 125 ตร. กม. และมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ในขณะที่มีการเก็บข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนในการจำลองแบบเพียง 4 จุด เท่านั้น 2) ความถูกต้องในการตรวจวัดความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดมีค่าไม่มากนัก เนื่องจากอิทธิพลของการแล่นของเรือ และ 3) แบบจำลองคุณภาพน้ำที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะขบวนการในการพัดพาและการฟุ้งกระจาย โดยไม่ได้พิจารณาขบวนการอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน ซึ่งประกอบด้วย ขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจของพืชน้ำและแพลงตอน ขบวนการย่อยสลายธาตุอาหาร และ ความต้องการออกซิเจนของตะกอนท้องบึง

สันติ ศรีทองสม
ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

4 / พ.ย./46

Sunti Srithongsom 2003: Study of Two Dimensional Depth Averaged Hydrodynamic and Water Quality Model for the Case Study of Bung Boraped. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Nutchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 136 pages.
ISBN 974-359-578-3

This research has an objective to apply two dimensional depth averaged hydrodynamic and water quality model for the case study of Bung Boraped. The fundamental equations for the model consists of the Navier-Stokes equation, continuity equation, and mass equilibrium equation. The solution for these equations is an alternating direction – implicit finite difference method (ADI). The processes for water quality parameters of the model, consisting of BOD and DO, are simulated using the convection and diffusion equations.

Bung Boraped, which is the case study, is a partially manmade reservoir originating from a natural retarding basin. It is located close to the city of Nakhon Sawan Province, where Ping and Nan Rivers merge to be the Chao Phraya River. The application of the model requires the basic data consisting of: - 1) daily rainfall and evaporation data, and 3 - hour wind velocity and wind direction collected by the Meteorological Department, 2) bathemetry of Bung Boraped collected from the Royal Irrigation Department, and 3) inflow and outflow of the lake, BOD and DO at the inflow and outflow points of the lake, as well as flow velocity, flow direction, BOD, and DO for 4 points representing the water characteristics and water cover differences collected by the research team.

Field data collection was carried out for three durations consisting of: - 1) between 10th and 11th December 2002, 2) between 10th and 13th February 2003, and 3) 28th April 2003. Model application was therefore undertaken between 10th December 2002 and 28th April 2003. The first data set was used as an initial condition, the second and third data sets were used for model calibration and model validation, respectively. For the model application, the shape of the lake was simplified using 39*99 rectangular grids. Each grid is 200 m wide and 200 m long. Results of the study show that the roughness coefficients (Manning's n) of the lake are between 0.025 and 0.035. Diffusion coefficients in the longitudinal and vertical directions are the same, which is 90 sq m/sec.

The overall results of the model for the prediction of flow velocity, flow direction, BOD, and DO are not highly satisfied. The main reasons include: - 1) the lake is very large - the water surface area at the study period of approximately 125 sq km - with a variety of characteristic, but data collection was undertaken only 4 points representing the whole lake, 2) the accuracy of the measurement of flow velocity and flow direction in the lake was not highly satisfied according to the effect of sailing boats, and 3) the water quaility model used in this study is considered only the processes of convection and diffusion without a consideration of other processes affecting oxygen concentration including: - photosynthesis and respiration of macrophyte and phytoplankton, nutrient decomposition, and sediment oxygen demand.

S. Srithongsom — Student's signature

N. Sriwongsitanon 4/11/03 — Thesis Advisor's signature

คำนิยม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ประธานกรรมการ รศ.ดร.วีระพล แต้สมบัติ กรรมการวิชาเอก รศ.ดร.วิชาญ ภู่พัฒน์ กรรมการวิชารอง อ.ดร.วิชัย ศิวะโกศิษฐ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และ ผศ.ดร.สุรชัย ระตะนะอาพร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวนามข้างต้นเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยผ่านทางโครงการวิจัย การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน โดยมี รศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ เป็นหัวหน้าโครงการ นอกจากนั้นแล้วขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยของโครงการซึ่งประกอบด้วย Dr. Michael Waters ที่ปรึกษาและนักวิจัย และ นายกฤษณัส สุรกิตย์ ผู้ช่วยนักวิจัย ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดบึงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์ และเจ้าหน้าที่ของบริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัย

คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีทั้งหลายแด่ ดต.ทวี ศรีทองสม บิดา นางละออง ศรีทองสม มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

นายสันติ ศรีทองสม

พฤศจิกายน 2546

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการศึกษา	3
การตรวจเอกสาร	4
การพัฒนาแบบจำลอง	4
แบบจำลองอุทกพลศาสตร์	6
ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ DO และ BOD	21
แบบจำลองคุณภาพน้ำ	23
โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ	32
พื้นที่ศึกษา	34
สภาพโดยทั่วไปของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	34
สภาพทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	40
สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	41
สภาพคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ด	48
อุปกรณ์และวิธีการ	55
อุปกรณ์	55
วิธีการศึกษา	55
ผลการศึกษา	85
วิจารณ์ผล	111
สรุปและข้อเสนอแนะ	112
สรุป	112
ข้อเสนอแนะ	113
เอกสารอ้างอิง	114

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก ตัวอย่างข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง	117
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของแบบจำลอง	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สภาพภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2543	42
2	ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ข้างเคียง	43
3	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ข้างเคียงพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	45
4	ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในบึงบอระเพ็ด	46
5	ข้อมูลคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ดจากรายงานจัดทำแผนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติบึงบอระเพ็ด	49
6	ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณพื้นที่โครงการบึงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์ โดยกรมชลประทาน	50
7	รายชื่อและรายละเอียดของจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม	61
8	ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด	64
9	ผลการสำรวจความเร็วของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดที่จุดสำรวจต่าง ๆ	65
10	ผลการตรวจวัดค่า DO และ BOD ของตัวอย่างน้ำจากจุดสำรวจต่าง ๆ	69
11	การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง	70
12	การรวบรวมข้อมูลความเร็วและทิศทางลม	75
13	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแมนนิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนตามสภาพพื้นที่ของบึงบอระเพ็ด	81
14	ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง	85
15	ผลที่ได้จากการคำนวณสำหรับเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 11 ธันวาคม 2545	92
16	การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าได้จากการสำรวจในสนามสำหรับเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

17 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าได้จากการสำรวจในสนามสำหรับเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 27 เมษายน 2546 103

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการแก้สมการโดยวิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI (Alternating Direction Implicit)	10
2	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ	33
3	พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	35
4	สภาพภูมิประเทศของบึงบอระเพ็ด	37
5	รูปตัดบึงบอระเพ็ด	38
6	ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ใกล้เคียง	44
7	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ.2536-2544	47
8	แผนผังระบบแหล่งน้ำของบึงบอระเพ็ด	57
9	การแบ่งพื้นที่ย่อยของบึงบอระเพ็ด	58
10	ตำแหน่งจุดสำรวจที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม	60
11	ผลการสำรวจทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดเหตุการณ์วันที่ 10-13 ธันวาคม 2545	66
12	ผลการสำรวจทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดเหตุการณ์วันที่ 10-11 กุมภาพันธ์ 2546	67
13	การจำลองลักษณะทางกายภาพของบึงบอระเพ็ดสำหรับใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์	79
14	ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545	87
15	ค่า BOD ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545	88
16	ค่า DO ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545	91
17	ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546	96
18	ค่า BOD ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546	97
19	ค่า DO ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์ วันที่ 27 เมษายน 2546	104
21	ค่า BOD ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 27 เมษายน 2546	105
22	ค่า DO ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 27 เมษายน 2546	108

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ข้อมูลการแบ่งขอบเขตพื้นที่พื้นดินและพื้นน้ำของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ	118
2	ตัวอย่างข้อมูลการกำหนดความเร็วเริ่มต้นในทิศทาง X	120
3	ตัวอย่างข้อมูลการกำหนดความเร็วเริ่มต้นในทิศทาง Y	121
4	ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้น	122
5	ตัวอย่างข้อมูลระดับของพื้นดินท้องบึงบอระเพ็ด	123
6	ตัวอย่างข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด	124
7	ตัวอย่างข้อมูลค่า BOD สภาพเริ่มต้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด	125
8	ตัวอย่างข้อมูลค่า DO สภาพเริ่มต้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด	126
9	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ดเหตุการณ์ วันที่ 10 – 20 ธันวาคม 2545	127
10	ตัวอย่างข้อความเร็วและทิศทางลม	129
11	ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการระเหยหักลบปริมาณฝน	130
12	ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของความเร็วในทิศทาง X โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	132
13	ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของความเร็วในทิศทาง Y โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	133
14	ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดโดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	134
15	ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของค่า BOD โดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ	135
16	ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของค่า DO โดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ	136

การศึกษาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึก สำหรับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด

Study of Two Dimensional Depth Averaged Hydrodynamic and Water Quality Model for the Case Study of Bung Boraped

คำนำ

เนื่องจากปัจจุบันโลกของเรามีการเพิ่มจำนวนประชากรมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับข้อจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติจึงทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร เช่น อาหาร น้ำ ป่าไม้ น้ำมัน เป็นต้น ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตคือน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนบกต้องกินน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำต้องการน้ำที่สะอาดไม่มีมลพิษ ดังนั้นหากมีการขาดแคลนทรัพยากรน้ำหรือมีปัญหาด้านคุณภาพน้ำก็จะเกิดผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ มากมาย

ทรัพยากรแหล่งน้ำธรรมชาติมีประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งเพื่อการอุปโภคบริโภค การอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม แหล่งอาหาร การคมนาคมขนส่ง และการพักผ่อนหย่อนใจ บึงบอระเพ็ดก็เช่นเดียวกันมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของชุมชนโดยรอบ หากมีปัญหาด้านคุณภาพน้ำในบึงก็จะส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงสภาพทางชลศาสตร์และคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ดในปัจจุบันเพื่อจะใช้เป็นแนวทางสำหรับการเตรียมหามาตรการป้องกันในอนาคตต่อไป

ในการศึกษาด้านชลศาสตร์และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำใดๆมีวิธีการศึกษาหลายวิธีด้วยกัน วิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาศึกษาถึงลักษณะการไหลและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำ คือการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ตามความเป็นจริงแล้วสภาพการไหลของน้ำโดยทั่วไปมีลักษณะเป็น 3 มิติ แต่สำหรับทะเลสาบน้ำตื้นเช่นบึงบอระเพ็ด ความแปรผันของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในทางดิ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรผันในทางราบ และอาจถือว่ามีค่าคงที่ได้โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนมากนัก ในกรณีเช่นนี้ แบบจำลอง 2 มิติในทางราบและเฉลี่ยในความลึก (two-dimensional depth-averaged model) สามารถนำมาจำลองลักษณะทางชลศาสตร์

และการแพร่กระจายของดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบได้โดยมีความแม่นยำเพียงพอต่อการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาทฤษฎีของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึก (two-dimensional depth-averaged hydrodynamic and water quality model)

2. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึกกับกรณีศึกษาบึงบอระเพ็ด

3. สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

4. สอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อให้ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) ซึ่งใช้สมการพื้นฐานจากสมการการเคลื่อนที่ Navier-Stokes equations และสมการความต่อเนื่อง (continuity equation) แบบไม่คงที่ในทิศทางราบโดยเฉลี่ยในแนวดิ่ง

2. ศึกษาแบบจำลองคุณภาพน้ำ (water quality model) ซึ่งใช้สมการพื้นฐานจากสมการสมดุลมวล 2 มิติ (mass-balance equation 2-D) แบบไม่คงที่ในทิศทางราบ (เฉลี่ยกับความลึก) และพิจารณาเฉพาะผลจากการพัดพาและการฟุ้งกระจายเท่านั้น

3. สอบเทียบแบบจำลอง (model calibration) และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (model verification) โดยใช้ข้อมูลทางด้านชลศาสตร์ และข้อมูลคุณภาพน้ำ จากการตรวจวัดในสนามและนำแบบจำลองไปใช้คำนวณค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ได้แก่ ความเร็วของการไหล และความลึกของน้ำที่จุดต่าง ๆ ในบึงบอระเพ็ดและค่าดัชนีคุณภาพน้ำได้แก่ ค่า BOD และค่า DO

การตรวจเอกสาร

การพัฒนาแบบจำลอง

Hansen (1965) ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้พยากรณ์ความแปรผันของพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์เฉลี่ยกับความลึกในทิศทางแนวราบของทะเลสาบ (ทิศทาง x และ y ที่ตั้งฉากกัน) สำหรับทะเลสาบที่มีมิติทางกว้างและทางยาวเป็นหลัก และความแปรผันของค่าความลึกน้ำมีค่าน้อย โดยใช้แบบจำลอง 2 มิติในทางราบซึ่งพัฒนามาจากสมการการเคลื่อนที่ (สมการโมเมนตัม)

Leendertse (1967) ได้ใช้แนวคิดของ Hansen (1965) ในการสร้างแบบจำลอง 2 มิติแบบเฉลี่ยตามความลึกที่แปรผันกับเวลา เพื่อใช้ศึกษาการไหลในบริเวณปากแม่น้ำและทะเลชายฝั่ง โดยได้ตัดเทอมที่เกี่ยวข้องกับหน่วยแรงประสิทธิผลออกจากสมการ โดยสมมุติว่าผลของความหนืดเอ็ดดี้ (eddy viscosities) มีค่าน้อยมาก และการกระจายความเร็วในแนวดิ่งมีค่าสม่ำเสมอ โดย Leendertse ได้แก้สมการควบคุมปรากฏการณ์โดยใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI (alternating - direction - implicit finite difference method) ซึ่งพบว่ามีเสถียรภาพในการคำนวณ

Leendertse (1970) ได้พัฒนาแบบจำลอง 2 มิติ แบบเฉลี่ยตามความลึกเพื่อคำนวณการแพร่กระจายของความเค็ม และดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ค่า BOD และค่า DO ในบริเวณปากแม่น้ำและทะเลบริเวณชายฝั่ง โดยมีพื้นฐานมาจากสมการสมดุลมวล (mass- balance equation) ของความเค็ม และดัชนีคุณภาพน้ำ ซึ่งการแพร่กระจายเกิดจากการพัดพา (convection) การฟุ้งกระจาย (diffusion /dispersion) และการกำเนิดหรือการสลายตัว (generation and decay) ในการคำนวณได้ใช้ค่าความเร็วที่คำนวณจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่เขาได้พัฒนาไว้ก่อนหน้าโดยนำมาเป็นข้อมูลด้านเข้า (Input) ของแบบจำลองคุณภาพน้ำ (water quality model) ผลงานของ Leendetse ได้กระตุ้นความสนใจและเป็นต้นแบบของการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพน้ำโดยการเชื่อมโยงแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองคุณภาพน้ำในเวลาต่อมา

Ponce and Yabusaki (1981) ได้ใช้แบบจำลอง 2 มิติเฉลี่ยกับความลึกศึกษาการไหลเวียนในแอ่งและการขยายหน้าตัดในทางน้ำเปิด โดยไม่ได้คิดผลของลมและการหมุนของโลก แต่เทอมที่เกี่ยวข้องกับหน่วยแรงเฉือนประสิทธิผลได้ถูกเสนอในรูปของ $\alpha\left(\partial^2 u / \partial x^2 + \partial^2 v / \partial y^2\right)$ เมื่อ α เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (weighting factor)

และขนาดของกริด (grid size) ที่ใช้ในการจำลองระบบทะเลสาบ และใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI และสรุปว่าเงื่อนไขขอบเขตของการกระจายความเร็วแบบ “no – slip” ไม่มีความสำคัญต่อสภาพการไหลวน แต่การกำหนดเงื่อนไขที่ขอบเขตอื่น ๆ มีผลเป็นอย่างมากต่อลักษณะการไหล

Chirananont (1983) ได้ใช้แบบจำลอง 2 มิติ เฉลี่ยตามความลึกซึ่งมีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองของ Ponce and Yabusaki (1981) ในการศึกษาสภาพการไหลเวียนของน้ำในบริเวณอ่าวเชื่อมต่อกับลำน้ำสายหลักบริเวณทะเลสาบสงขลา และพบว่าเทอมที่เกี่ยวข้องกับหน่วยแรงเฉือนประสิทธิผลมีความสำคัญต่อลักษณะการไหล โดยได้พิสูจน์ผลการคำนวณของแบบจำลองโดยนำไปเปรียบเทียบกับผลการวัดในแบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพและพบว่าได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

พรทิพย์ (2540) ได้ศึกษาโครงสร้างการทำงานและประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 21 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ศึกษาการไหลของน้ำแบบ 2 มิติในแนวราบพยากรณ์ดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสอบเทียบค่าระดับน้ำ ความเร็ว และทิศทางกระแสน้ำกับจุดที่มีการวัดในทะเลสาบและปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของข้อมูลความเค็มจนทำให้ผลจากการคำนวณกับข้อมูลจากการตรวจวัดในสนามมีค่าใกล้เคียงกันแล้วจึงนำไปพยากรณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ (DO) ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) แอมโมเนีย และไนเตรท สำหรับเหตุการณ์ในอนาคตปี พ.ศ.2549 และ 2559 และได้เสนอมาตรการลดปัญหามลพิษทางน้ำในทะเลสาบสงขลา

เกษม (2541) ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการศึกษาการไหลและดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบน้ำตื้นที่มีทางติดต่อกับทะเล โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ได้ใช้หลักการของสมการโมเมนตัมและสมการความต่อเนื่อง 2 มิติในทางราบเฉลี่ยในแนวดิ่งตามแนวทางของ Ponce and Yabusaki (1981) และ Chirananont (1983) และแบบจำลองคุณภาพน้ำใช้สมการอนุรักษ์มวลเป็นสมการควบคุมปรากฏการณ์ตามแนวทางของ Leendertse (1970) โดยใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI ในการแก้หาคำตอบ และได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาได้ไปใช้ในการศึกษาสภาพการไหลและการแพร่กระจายความเค็ม ค่า BOD และค่า DO ผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

สมการควบคุมปรากฏการณ์ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ คือ สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการนาเวียร์-สโตคส์ (Navier-Stokes equations) ซึ่งมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- สภาพการไหลไม่มีการยุบอัดตัว (incompressble fluid)
- ไม่พิจารณาความเร่งที่เกิดจากความเร็วในแนวดิ่ง
- การกระจายตัวของแรงดันเป็นไปตามหลักแรงดันสถิต (hydrostatic)

ดังนั้นสมการควบคุมปรากฏการณ์ 2 มิติ ความลึกเฉลี่ยสองมิติ (depth-averaged 2-D) สามารถหาได้โดยการอินติเกรตสมการควบคุมปรากฏการณ์จากก้นบึงถึงผิวน้ำโดยถือว่าลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในแนวดิ่งมีลักษณะสม่ำเสมอดังนี้

สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial (h\bar{u})}{\partial x}+\frac{\partial (h\bar{v})}{\partial y}=P \qquad (1)$$

สมการโมเมนตัมในทิศทาง x และ y (Momentum Equation)

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}+\bar{v}\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{\tau_{bx}-\tau_{sx}}{\rho h}-\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial (hT_{xx})}{\partial x}+\frac{\partial (hT_{xy})}{\partial y}\right)=0 \qquad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{v}}{\partial x}+\bar{v}\frac{\partial \bar{v}}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{\tau_{by}-\tau_{sy}}{\rho h}-\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial (hT_{xy})}{\partial x}+\frac{\partial (hT_{yy})}{\partial y}\right)=0 \qquad (3)$$

เมื่อ	$\bar{u}, \bar{v}$	คือ	ความเร็วเฉลี่ยกับความลึกในทิศทาง x และ y
	x, y	คือ	พิกัดตามแกน Castesian
	t	คือ	เวลา
	g	คือ	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h	คือ	ความลึกของน้ำ
η	คือ	ระดับผิวน้ำ
P	คือ	ปริมาณฝนที่หักปริมาณการระเหยออกแล้ว
ρ	คือ	ความหนาแน่นของน้ำ
τ_{bx} , τ_{by}	คือ	ความเค้นเฉือนที่ก้นทะเลสาบซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธ์ความขรุขระของ Chezy และความเร็วของน้ำที่ก้นทะเลสาบในแนวแกน x และ y ตามลำดับ
τ_{sx} , τ_{sy}	คือ	ความเค้นเฉือนที่เกิดจากลมซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธ์แรงฉุดลม ความหนาแน่นของอากาศ และความเร็วลมในแนวแกน x และ y ตามลำดับ
T_{xx}, T_{yy}, T_{xy}	คือ	ความเค้นเฉือนประสิทธิผลซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความหนืดจลน์ของของไหล และความเร็วปั่นป่วนในทิศทาง x,y ในระนาบ xx yy และ xy ตามลำดับ

ความเค้นเฉือนที่ก้นทะเลสาบ (τ_{bx} , τ_{by}) อธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\tau_{bx} = \rho f_r \bar{u}\sqrt{(\overline{u^2} + \overline{v^2})} \qquad (4)$$

$$\tau_{by} = \rho f_r \bar{v}\sqrt{(\overline{u^2} + \overline{v^2})} \qquad (5)$$

เมื่อ f_r = $\frac{g}{C^2}$

C คือ สัมประสิทธิ์ Chezy (Chezy coefficient)

ความเค้นเฉือนที่เกิดจากลม (τ_{sx} , τ_{sy}) อธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\tau_{sx} = C_a \rho_a u_{10} u_{10x} \qquad (6)$$

$$\tau_{sy} = C_a \rho_a u_{10} u_{10y} \qquad (7)$$

เมื่อ C_a คือ สัมประสิทธ์แรงฉุดจากลม (wind drag coefficient)

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ

u_{10x}, u_{10y} คือ ความเร็วลมเหนือพื้นผิวน้ำที่ระดับ 10 ม.ในทิศทาง x และ yโดยที่ $u_{10} = \sqrt{u_{10x}^2 + u_{10y}^2}$

ความเค้นเฉือนประสิทธิผล T_{xx}, T_{yy}, T_{xy} สามารถเขียนได้ดังนี้

$$T_{xx} = \frac{1}{h}\int_z^n \left[2\rho\upsilon\frac{\partial u}{\partial x} - \overline{\rho u'^2} - \rho\left(u-\bar{u}\right)^2 \right] dz \quad (8)$$

$$T_{xy} = \frac{1}{h}\int_z^n \left[\rho\upsilon\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right) - \overline{\rho v' u'} - \rho\left(u-\bar{u}\right)\left(v-\bar{v}\right) \right] dz \quad (9)$$

$$T_{xx} = \frac{1}{h}\int_z^n \left[2\rho\upsilon\frac{\partial v}{\partial y} - \overline{\rho v'^2} - \rho\left(v-\bar{v}\right)^2 \right] dz \quad (10)$$

เมื่อ υ คือ ค่าความหนืดจลน์ของของไหล

u', v' คือ ความเร็วแบบปั่นป่วนในทิศทาง x และ y

ความเค้นเฉือนประสิทธิผล T_{xx}, T_{yy}, T_{xy} ดังกล่าวเมื่ออินติเกรตในแนวดิ่งจากก้นทะเลสาบถึงผิวน้ำจะประกอบด้วย 3 ส่วน

(1) ความเค้นจากความหนืดที่กระทำต่อผนังดิ่งของส่วนคำนวณย่อย (element)

(2) ความเค้นเนื่องจากสภาพความปั่นป่วนของการไหล (Reynolds stresses)ที่กระทำบนผนังดิ่งของชิ้นส่วนย่อย

(3) ความเค้นเพิ่มเติมที่เกิดจากการกระจายความเร็วที่ไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง Kuipers และ Vreudenhil (1973) ได้เสนอวิธีการประมาณค่าความเค้น T_{xx}, T_{yy}, T_{xy} ดังกล่าวดังนี้

$$\frac{1}{\rho h}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)\right] = \varepsilon\left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2}\right) \quad (11)$$

$$\frac{1}{\rho h}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)\right] = \varepsilon\left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2}\right) \quad (12)$$

เมื่อ ε เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของกริดและขนาดของช่วงเวลา (time step) ที่ใช้คำนวณ ดังนี้

$$\varepsilon=\beta\frac{\left(\Delta x^2\right)}{2\Delta t} \tag{13}$$

เมื่อ Δx คือ ขนาดของกริด

Δt คือ ช่วงเวลา

β คือ แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักมีค่าระหว่าง 0 – 0.33

การแก้สมการใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI (alternating direction implicit) วิธีการดังกล่าวได้แบ่งให้แต่ละชั้นของการคำนวณ (time step) ออกเป็น 2 ส่วน (ดังแสดงในภาพที่ 1) ดังนี้

1. ที่ครึ่งชั้นเวลาการคำนวณแรก (time step $\Delta t_{n+\frac{1}{2}}$)

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มคำนวณ u และ η ด้วยวิธี Implicit

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่า v ที่ชั้นการคำนวณเดียวกันด้วยวิธี Explicit

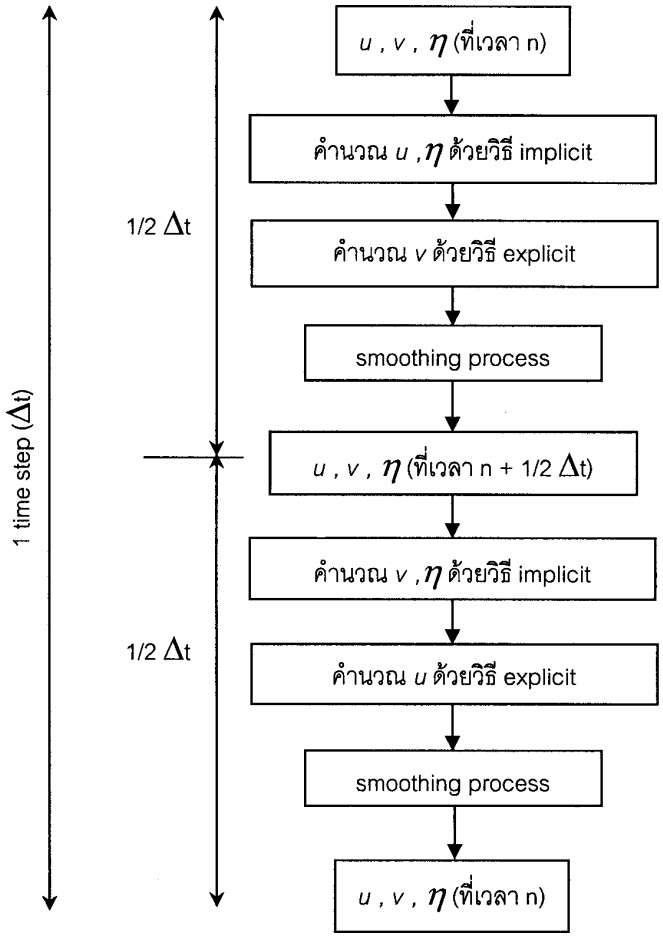
ขั้นตอนที่ 3 เฉลี่ยความเร็วด้วยวิธี weighting factor

2. ที่ครึ่งชั้นเวลาการคำนวณแรก (time step Δt_{n+1})

ขั้นตอนที่ 4 เริ่มคำนวณ v และ η ด้วยวิธี Implicit

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่า u ที่ชั้นการคำนวณเดียวกันด้วยวิธี Explicit

ขั้นตอนที่ 6 เฉลี่ยความเร็วด้วยวิธี weighting factor



<u>ภาพที่ 1</u> ขั้นตอนการแก้สมการโดยวิธีผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI (Alternating Direction Implicit)
ที่มา: เกษม (2541)

การเปลี่ยนรูปสมการควบคุมปรากฏการณ์ซึ่งเดิมเขียนอยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์ให้อยู่ในรูปของสมการผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Equations) นั้นสามารถทำได้โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นส่วนย่อยๆ (Element) การอ้างถึงตำแหน่งของแต่ละชิ้นในแต่ละทิศทางหรือแต่ละช่วงเวลาจะใช้ตัวแปรที่เป็นจำนวนนับมาเป็นตัวควบคุมดังนี้

$$u^{n}_{x,y} = u^{n}_{i,j} = u(i\Delta x, j\Delta y, n\Delta t) = u(I,J) \tag{14}$$

เมื่อ $x,y = i\Delta x, j\Delta y$

ดังนั้นตำแหน่งของตัวแปรใดๆในระบบของตาราง (grid system) สามารถอ้างถึงได้ด้วยตัวควบคุม I , j , n และขนาด $\Delta x, \Delta y$ สมการควบคุมปรากฏการณ์จึงสามารถเขียนใหม่ในระบบของสมการผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI ได้ดังนี้

1. สมการโมเมนตัมในทิศทาง x ด้วยวิธี implicit

$$\left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i,j}^{n}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{15}$$

$$u\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} \frac{(u_{i,j}^{n} - u_{i-1,j}^{n})}{2\Delta x} \tag{16}$$

$$v\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left(v_{i,j-1}^{n} + v_{i+1,j-1}^{n} + v_{i,j}^{n} + v_{i+1,j}^{n}\right)}{4} \frac{(u_{i,j+1}^{n} - u_{i,j-1}^{n})}{2\Delta y} \tag{17}$$

$$g\left.\frac{\partial \eta}{\partial x}\right|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{g(\eta_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}})}{\Delta x} \tag{18}$$

$$f_r\left\{u\frac{\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}}{(\eta-z)}\right\}\Bigg|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{\left(f_{r_{i,j}}+f_{r_{j+1,k}}\right)}{2}\left\{u_{i,j}^{n}\frac{\left[\left(u_{i,j}^{n}\right)^2+\frac{\left(v_{i,j-1}^{n}+v_{i+1,j-1}^{n}+v_{i,j}^{n}+v_{i+1,j}^{n}\right)^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n}+\eta_{i+1,j}^{n}-z_{i,j}-z_{i,j-1}\right)}{2}}\right\} \tag{19}$$

$$c_a\rho_a u_{10}u_{10x}\Bigg|_{u_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=c_a\rho_a u_{10_{i,j}}^{n}u_{10x_{i,j}}^{n} \tag{20}$$

2. สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) ด้วยวิธี implicit

$$\frac{\partial\eta}{\partial t}\Bigg|_{\eta_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{\eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}-\eta_{i,j}^{n}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{21}$$

$$\frac{\partial(\eta-z)u}{\partial x}\Bigg|_{\eta_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n}+\eta_{i,j}^{n}-z_{i,j}-z_{i,j-1}\right)u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x}-\frac{\left(\eta_{i,j}^{n}+\eta_{i-1,j}^{n}-z_{i-1,j}-z_{i-1,j-1}\right)u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x} \tag{22}$$

$$\frac{\partial(\eta-z)v}{\partial y}\Bigg|_{\eta_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n}+\eta_{i,j}^{n}-z_{i,j}-z_{i-1,j}\right)v_{i,j}^{n}}{2\Delta y}-\frac{\left(\eta_{i,j}^{n}+\eta_{i,j-1}^{n}-z_{i,j-1}-z_{i-1,j-1}\right)v_{i,j-1}^{n}}{2\Delta y} \tag{23}$$

3.สมการโมเมนตัมในทิศทาง y ด้วยวิธี explicit

$$\frac{\partial v}{\partial t}\Bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}=\frac{v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}-v_{i,j}^{n}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{24}$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x}\bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + v_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{4}\frac{(v_{i+1,j}^{n} - v_{i-1,j}^{n})}{2\Delta x} \tag{25}$$

$$v\frac{\partial v}{\partial y}\bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\frac{(v_{i,j+1}^{n} - v_{i,j-1}^{n})}{2\Delta y} \tag{26}$$

$$g\frac{\partial \eta}{\partial y}\bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = g\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta y} \tag{27}$$

$$f_r\left\{v\frac{\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}}{(\eta - z)}\right\}\bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left(f_{r_{i,j}} + f_{r_{i,j+1}}\right)}{2}\left\{v_{i,j}^{n}\frac{\left[\left(v_{i,j}^{n}\right)^2 + \frac{\left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i,j} - z_{i-1,j}\right)}{2}}\right\} \tag{28}$$

$$c_a\rho_a u_{10}u_{10y}\bigg|_{v_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} = c_a\rho_a u_{10_{i,j}}^{n} u_{10y_{i,j}}^{n} \tag{29}$$

ในครึ่งชั้นเวลาต่อมาจากเวลา $\left(n+\frac{1}{2}\right)\Delta t \rightarrow (n+1)\Delta t$ จะมีการสลับทิศทางการคำนวณกับครึ่งการคำนวณแรก โดยเริ่มคำนวณ v และ η ที่เวลาเต็มชั้นการคำนวณ (n+1 time step Δt)

ด้วยวิธี implicit เมื่อคำนวณค่า v และ η ที่เวลาเต็มชั้นการคำนวณแล้วจึงคำนวณหาค่า u ในเวลาเต็มชั้นการคำนวณด้วยวิธี explicit ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4. สมการโมเมนตัม y ด้วยวิธี implicit

$$\left.\frac{\partial v}{\partial t}\right|_{v_{i,j}^{n+1}} = \frac{v_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{30}$$

$$u\left.\frac{\partial v}{\partial x}\right|_{v_{i,j}^{n+1}} = \frac{\left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + v_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{4}\frac{(v_{i+1,j}^{n} - v_{i-1,j}^{n})}{2\Delta x} \tag{31}$$

$$v\left.\frac{\partial v}{\partial y}\right|_{v_{i,j}^{n+1}} = v_{i,j}^{n+1}\frac{(v_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - v_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}})}{2\Delta y} \tag{32}$$

$$g\left.\frac{\partial \eta}{\partial y}\right|_{v_{i,j}^{n+1}} = g\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+1} - \eta_{i,j}^{n+1}\right)}{\Delta y} \tag{33}$$

$$f_r\left\{v\frac{\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}}{(\eta - z)}\right\}\Bigg|_{v_{i,j}^{n+1}} = \frac{\left(f_{r_{i,j}} + f_{r_{i,j+1}}\right)}{2}\left\{v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\frac{\left[\left(v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)^2 + \frac{\left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i,j} - z_{i-1,j}\right)}{2}}\right\} \tag{34}$$

$$c_a\rho_a u_{10}u_{10y}\Big|_{v_{i,j}^{n+1}} = c_a\rho_a u_{10_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} u_{10y_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} \tag{35}$$

5. สมการความต่อเนื่องด้วยวิธี implicit

$$\left.\frac{\partial \eta}{\partial t}\right|_{\eta_{i,j}^{n+1}} = \frac{\eta_{i,j}^{n+1} - \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{36}$$

$$\left.\frac{\partial (\eta - z)u}{\partial x}\right|_{\eta_{i,j}^{n+1}} = \frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i,j} - z_{i,j-1}\right) u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x} - \frac{\left(\eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i-1,j} - z_{i-1,j-1}\right) u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{2\Delta x} \tag{37}$$

$$\left.\frac{\partial (\eta - z)v}{\partial y}\right|_{\eta_{i,j}^{n+1}} = \frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i,j} - z_{i-1,j}\right) v_{i,j}^{n+1}}{2\Delta y} - \frac{\left(\eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}} - z_{i,j-1} - z_{i-1,j-1}\right) v_{i,j-1}^{n+1}}{2\Delta y} \tag{38}$$

6. สมการโมเมนตัม x ด้วยวิธี explicit

$$\left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{u_{i,j}^{n+1}} = \frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}\Delta t} \tag{39}$$

$$u\left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{u_{i,j}^{n+1}} = u_{i,j}^{n+1} \frac{(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}})}{2\Delta x} \tag{40}$$

$$v\left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{u_{i,j}^{n+1}} = \frac{\left(v_{i,j-1}^{n+1} + v_{i+1,j-1}^{n+1} + v_{i,j}^{n+1} + v_{i+1,j}^{n+1}\right)}{4} \frac{(u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}})}{2\Delta y} \tag{41}$$

$$g\left.\frac{\partial \eta}{\partial x}\right|_{u_{i,j}^{n+1}} = \frac{g(\eta_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}})}{\Delta x} \tag{42}$$

$$f_r\left\{u\frac{\left(u^2+v^2\right)^{\frac{1}{2}}}{(\eta-z)}\right\}\Bigg|_{u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}=\frac{\left(f_{r_{i,j}}+f_{r_{j+1,j}}\right)}{2}$$

$$\left\{u_{i,j}^{n}\frac{\left[\left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)^2+\frac{\left(v_{i,j-1}^{n+1}+v_{i+1,j-1}^{n+1}+v_{i,j}^{n+1}+v_{i+1,j}^{n+1}\right)^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n+1}+\eta_{i,j}^{n}-z_{i,j}-z_{i,j-1}\right)}{2}}\right\} \tag{43}$$

$$c_a\rho_a u_{10}u_{10x}\Big|_{u_{i,j}^{n+1}}=c_a\rho_a u_{10_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}}u_{10x_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} \tag{44}$$

การคำนวณสำหรับการคำนวณหาค่า u,η ที่ครึ่งชั้นเวลาแรก โดยเริ่มคำนวณสมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม $\left(n\rightarrow n+\frac{1}{2}\right)$ ในทิศทาง x ที่แถวที่ j ใดๆ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\left(P_1\right)_i u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}+\left(P_2\right)_i \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}+\left(P_3\right)_i u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}=\left(P_4\right)_i \tag{45}$$

โดยที่ $$\left(P_1\right)_i=-\frac{\left(\eta_{i,j}^{n}+\eta_{i-1,j}^{n}\right)-\left(z_{i-1,j}+z_{i-1,j-1}\right)}{2\Delta x} \tag{46}$$

$$\left(P_2\right)_i=\frac{2}{\Delta t} \tag{47}$$

$$\left(P_3\right)_i=-\frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n}+\eta_{i,j}^{n}\right)-\left(z_{i,j}+z_{i-1,j}\right)}{2\Delta x} \tag{48}$$

$$\left(P_4\right)_i=-\frac{2}{\Delta t}\eta_{i,j}^{n}+\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n}+\eta_{i,j}^{n}\right)-\left(z_{i,j}+z_{i,j-1}\right)}{2\Delta y}v_{i,j}^{n}-\frac{\left(\eta_{i,j}^{n}+\eta_{i,j-1}^{n}\right)-\left(z_{i,j-1}+z_{i-1,j-1}\right)}{2\Delta y}+P \tag{49}$$

สมการโมเมนตัมในทิศทาง x

$$(P_5)_i \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + (P_6)_j u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + (P_7)_j \eta_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} = (P_8)_j \tag{50}$$

โดยที่ $$(P_5)_j = -\frac{g}{\Delta x} \tag{51}$$

$$(P_6)_i = \frac{2}{\Delta t} + \frac{\left(u_{i+1,j}^{n} + u_{i-1,j}^{n}\right)}{2\Delta x} \tag{52}$$

$$(P_7)_i = \frac{g}{\Delta x} \tag{53}$$

$$(P_8)_i = -\frac{2}{\Delta t} u_{i,j}^{n} + \frac{\left(v_{i,j-1}^{n} + v_{i+1,j-1}^{n} + v_{i,j}^{n} + v_{i+1,j}^{n}\right)}{4} \frac{\left(u_{i,j+1}^{n} + u_{i,j-1}^{n}\right)}{2\Delta y} \frac{\left(fr_{i,j} + fr_{i+1,j}\right)}{2}$$
$$\left\{ u_{i,j} \frac{\left[\left(u_{i,j}^{n}\right)^2 + \left(\frac{v_{i,j-1}^{n} + v_{i+1,j-1}^{n} + v_{i,j}^{n} + v_{i+1,j}^{n}}{4} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i+1,j}^{n} + \eta_{i,j}^{n}\right) - \left(z_{i,j} + z_{i,j-1}\right)}{2}} \right\} - \rho_a C_a u_{10_{i,j}}^{n} u_{10x_{i,j}}^{n} \tag{54}$$

เมื่อทราบค่าของ $(P_1)-(P_8)$ ในแต่ละหลัก (i column) ของแถวที่ j แล้วนำค่า $(P_1)-(P_8)$ มาจัดเรียงตัวในเมตริกซ์ระบบ (system matrix) ดังนี้

$$\begin{pmatrix} (P_5)_{i-1} & (P_6)_{i-1} & (P_7)_{i-1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (P_1)_i & (P_2)_i & (P_3)_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (P_5)_i & (P_6)_i & (P_7)_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (P_1)_{i+1} & (P_2)_{i+1} & (P_3)_{i+1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (P_5)_{i+1} & (P_6)_{i+1} & (P_7)_{i+1} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} u_{i-1} \\ \eta_i \\ u_i \\ \eta_{i+1} \\ u_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (P_8)_{i-1} \\ (P_4)_i \\ (P_8)_i \\ (P_4)_{i+1} \\ (P_8)_{i+1} \end{Bmatrix} \tag{55}$$

เมตริกซ์ที่ได้จากการรวม (assemble) จะมีลักษณะเป็นแถบความกว้าง (band width) อยู่ในแนวทแยงของเมตริกซ์ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมจึงจัดเก็บข้อมูลเฉพาะบริเวณความกว้างของเมตริกซ์ในลักษณะ(band width) และมีการจัดการขอบเขตตามเงื่อนไขต่างๆซึ่งจะกล่าวต่อไป เมื่อได้เมตริกซ์ที่ผ่านการจัดการเงื่อนไขขอบเขตแล้วแก้สมการเพื่อคำนวณหาคำตอบต่อไปหลังจากคำนวณ u ที่เวลา $n+\frac{1}{2}\Delta t$ และ η ที่เวลาเดียวกันได้แล้วในขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณหาค่า v ที่เวลา $n+\frac{1}{2}\Delta t$ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$v_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = -\left[\frac{AA}{BB}\right] \tag{56}$$

เมื่อ

$$AA = -\frac{2v_{i,j}^{n}}{\Delta t} + \frac{(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}})}{4}\frac{\left(v_{i+1,j}^{n} - v_{i-1,j}^{n}\right)}{2\Delta x} + g\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n} - \eta_{i,j}^{n}\right)}{\Delta y} \tag{57}$$

$$BB = \frac{2}{\Delta t} + \frac{\left(v_{i,j+1}^{n}\right)}{2\Delta y} + \frac{\left(fr_{i,j} + fr_{i,j+1}\right)}{2}\left\{\frac{\left[\left(v_{i,j}^{n}\right)^2 + \left(u_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + u_{i-1,j+1}^{n+\frac{1}{2}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{\left(\eta_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} + \eta_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) - \left(z_{i,j} + z_{i-1,j}\right)}{2}}\right\} - \rho_a C_a u_{10_{i,j}}^{n} u_{10y_{i,j}}^{n} \tag{58}$$

ในครึ่งชั้นการคำนวณหลังก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันเพียงแต่สลับทิศทางการคำนวณกับครึ่งการคำนวณแรก

เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้พิจารณาถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆด้วยกันคือ เงื่อนไขที่ขอบเขตปิดและเงื่อนไขที่ขอบเขตเปิด ดังนี้

1. เงื่อนไขที่ขอบเขตปิด คือ บริเวณที่ส่วนย่อย (element) ที่เป็นตัวแทนของดินติดกับส่วนย่อยที่เป็นน้ำ ความเร็วที่ตั้งฉากกับผนังในทิศทาง x หรือ y มีค่าเท่ากับ 0 และไม่มีการถ่ายเทมวลสารใดๆผ่านขอบเขตปิด $\frac{\partial u}{\partial y}=0$ และ $\frac{\partial v}{\partial x}=0$ ดังนั้นสมการโมเมนตัมในแนวแกน x กรณีที่เป็นขอบเขตด้านซ้ายมือหรือขวามือของเซลล์เมื่อจัดการกับเงื่อนไขที่ขอบเขตปิดแล้วสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{\tau_{by}+\tau_{sx}}{\rho h}-\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial\left(hT_{xx}\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(hT_{xy}\right)}{\partial y}\right)=0 \qquad (59)$$

โดยกำหนดให้ความเร็วในแนวแกน x ด้านที่ติดกับขอบเขตเท่ากับ 0

สำหรับสมการโมเมนตัมในแนวแกน y กรณีที่เป็นขอบเขตด้านบนหรือล่างของเซลล์เมื่อจัดการกับเงื่อนไขที่ขอบเขตปิดแล้วสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t}+\bar{v}\frac{\partial \bar{v}}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{\tau_{by}+\tau_{y}}{\rho h}-\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial\left(hT_{xy}\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(hT_{yy}\right)}{\partial y}\right)=0 \qquad (60)$$

โดยกำหนดให้ความเร็วในแนวแกน y ด้านที่ติดกับขอบเขตเท่ากับ 0

2. ส่วนขอบเขตที่เป็นขอบเขตเปิดจะเป็นจุดที่กำหนดอัตราการไหลเข้าสู่ระบบ หรือกำหนดเป็นระดับผิวน้ำที่ใช้ควบคุมด้านท้ายน้ำ การเลือกใช้เงื่อนไขแบบใดมากำหนดจะมีผลต่อการปรับปรุงเมตริกซ์ของระบบ (apply boundary) ก่อนแก้สมการหาคำตอบ โดยลบค่าสัมประสิทธิ์ในหลักที่รู้และนำค่าตัวแปรที่รู้จากข้อกำหนดของเงื่อนไขขอบเขตหรือค่าที่เป็นขอบเขตเปิดเช่น ระดับน้ำ อัตราการไหล คูณกับสัมประสิทธิ์ในหลักที่ต้องการลบและย้ายค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณด้วยดังกล่าวไปรวมกับเมตริกซ์ของขอบเขต (boundary matrix) ดังนี้

$$\begin{pmatrix} \cdots & & & & & & & \cdots \\ (P_5)_{i-1} & (P_6)_{i-1} & (P_7)_{i-1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \\ 0 & (P_1)_i & (P_2)_i & (P_3)_i & 0 & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & (P_5)_i & (P_6)_i & (P_7)_i & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & (P_1)_{i+1} & (P_2)_{i+1} & (P_3)_{i+1} & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (P_5)_{i+1} & (P_6)_{i+1} & (P_7)_{i+1} & \\ \cdots & & & & & & & \cdots \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \eta_{i-1} \\ u_{i-1} \\ \eta_i \\ u_i \\ \eta_{i+1} \\ u_{i+1} \\ \eta_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (P_8)_{i-1} \\ (P_4)_i \\ (P_8)_i \\ (P_4)_{i+1} \\ (P_8)_{i+1} \end{Bmatrix} \quad (61)$$

เมตริกซ์ของระบบภายหลังการกำจัดค่าสัมประสิทธิ์ในหลักที่รู้ค่าแสดงได้ดังนี้

$$\begin{pmatrix} (P_6)_{i-1} & (P_7)_{i-1} & 0 & 0 & 0 \\ (P_1)_i & (P_2)_i & (P_3)_i & 0 & 0 \\ 0 & (P_5)_i & (P_6)_i & (P_7)_i & 0 \\ 0 & 0 & (P_1)_{i+1} & (P_2)_{i+1} & (P_3)_{i+1} \\ 0 & 0 & 0 & (P_5)_{i+1} & (P_6)_{i+1} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} u_{i-1} \\ \eta_i \\ u_i \\ \eta_{i+1} \\ u_{i+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (P_8)_{i-1} - (P_5)_{i-1}\eta_{i-1} \\ (P_4)_i \\ (P_8)_i \\ (P_4)_{i+1} \\ (P_8)_{i+1} - (P_7)_{i+1}\eta_{i+1} \end{Bmatrix} \quad (62)$$

เสถียรภาพของแบบจำลองแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือของเทอมไม่เชิงเส้น (nonlinear terms) ในสมการควบคุมปรากฏการณ์ และเทอมของความเร็ว สำหรับเทอมไม่เชิงเส้นนั้น Kuipers and Vreugdenhij (1973) ได้แนะนำวิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลขโดยใช้การเฉลี่ยค่าความเร็วที่ครึ่งชั้นของเวลาด้วย weighting factor สามารถเขียนได้ดังนี้

$$u^*_{i,j} = (1-\beta)u_{i,j} + \frac{\beta}{4}\left[u_{i-1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} + u_{i+1,j}\right] \quad (63)$$

$$v^*_{i,j} = (1-\beta)v_{i,j} + \frac{\beta}{4}\left[v_{i-1,j} + v_{i,j-1} + v_{i,j+1} + v_{i+1,j}\right] \quad (64)$$

เมื่อ $u^*_{i,j}, v^*_{i,j}$ คือ ค่า $u_{i,j}, v_{i,j}$ ใหม่

β คือ weighting factor

โดยที่ β มีค่า 0-0.30 ค่าของตัวคูณถ่วงน้ำหนักดังกล่าวมีผลโดยตรงกับระดับน้ำและความเร็ว จากการทดสอบพบว่าค่า β จะมีผลแบบแปรผันตรงกับความเร็ว แต่จะแปรผกผันกับค่าระดับน้ำ

ส่วนเสถียรภาพของความเร็ว จะกำหนดโดยการเทียบสัดส่วนระหว่างความเร็วของการไหลสูงสุด (U_{max}) และ $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ เทียบกับค่าที่ยอมให้ ξ ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าประมาณ 0.5 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{U_{max}\Delta t}{\Delta x} \leq \xi \tag{65}$$

ดังนั้นค่าประมาณของชั้นเวลาที่ใช้คำนวณ (Δt) ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่มากที่สุดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Delta t \leq \frac{0.5\Delta x}{U_{max}} \tag{66}$$

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ DO และ BOD

เปี่ยมศักดิ์ (2543) ได้สรุปว่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เป็นดัชนีทางคุณภาพน้ำชนิดหนึ่งซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้ ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก กล่าวคือเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำโดยทั้งพืชและสัตว์ต่างก็ใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจรวมทั้งสารแขวนลอยในน้ำก็จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสำหรับปฏิกิริยาทางเคมีของสารแขวนลอยเหล่านั้น

ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำที่เวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

1. อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงและปริมาณการละลายของออกซิเจนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น

2. ความกดอากาศ ความกดอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำมากขึ้น

3. ความเค็ม ความเค็มที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมาจากหลายแหล่งด้วยกันคือ

1. จากอากาศ ในอากาศมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 25 เท่าของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน การถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกันเช่น คลื่นถ้ามีคลื่นออกซิเจนก็จะซึมและผสมลงสู่น้ำได้มาก ความชื้นในอากาศถ้าบรรยากาศมีความชื้นน้อยก็จะทำให้ออกซิเจนมีโอกาสละลายน้ำได้มากขึ้นอย่างไรก็ตามไม่ใช่เพียงน้ำจะรับออกซิเจนจากบรรยากาศเพียงอย่างเดียวในบางครั้งออกซิเจนจากน้ำก็จะถ่ายเทสู่บรรยากาศได้เช่นกัน

2. การสังเคราะห์แสงของพืช ออกซิเจนที่ละลายในน้ำอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืช แต่ในทางกลับกันการหายใจของพืชก็จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงไปเช่นกัน โดยปกติแล้วการสังเคราะห์แสงของพืชจะอยู่ในระดับความลึกของน้ำที่แสงสว่างส่องลงไปถึงได้เท่านั้น

นอกจากน้ำจะทำการรับออกซิเจนมาเพิ่มแล้วออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำก็ได้สูญเสียไปด้วยเช่นกัน แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนอาจเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ การเน่าเสียของน้ำเกิดจากการทำงานของจุลชีพพวกหนึ่งที่ต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจถ้ามีสิ่งโสโครกที่เป็นอินทรียสารมากก็จะทำให้มีการย่อยสลายมากขึ้นและออกซิเจนก็จะลดลงไปด้วย biochemical oxygen demand หรือ BOD ซึ่งคือหน่วยที่ใช้วัดปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แขวนลอยหรือละลายอยู่ในน้ำ กล่าวคือ BOD ก็คือการวัดโดยทางอ้อมว่ามีสารอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำมากน้อยเพียงใด นอกจากค่า BOD แล้วก็ยังมีออกซิเจนอีกส่วนหนึ่งที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เช่น การเติมออกซิเจนให้กับสารประกอบซัลไฟล์และเฟอรัส ปริมาณการลดลงของออกซิเจนโดยปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เราเรียกว่า chemical oxygen demand

แบบจำลองคุณภาพน้ำ

สมการควบคุมปรากฏการณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำ เริ่มต้นจากพื้นฐานของสมการควบคุมปรากฏการณ์ของมวล (conservation of mass equation) โดยมีข้อกำหนดดังนี้

ก. ไม่พิจารณาการฟุ้งกระจายของโมเลกุล (molecular)
ข. ต้องรู้ค่าความเร็วเฉลี่ยที่เวลาต่างๆ ก่อนการคำนวณ

นำมาเขียนเป็นสมการในรูปแบบของดัชนีคุณภาพน้ำใด ๆ ได้ดังนี้

$$\frac{\partial C}{\partial t}+u\frac{\partial C}{\partial x}+v\frac{\partial C}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k_z\frac{\partial C}{\partial z}\right) \qquad (67)$$

เมื่ออินทิเกรตตลอดความลึก โดยกำหนดให้ B คือตัวแปรของความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และ D คือตัวแปรของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

สมการควบคุมปรากฏการณ์ดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี BOD)

$$\frac{\partial B}{\partial t}+\frac{\partial(uB)}{\partial x}+\frac{\partial(vB)}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial B}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial B}{\partial y}\right)-k_1B-R_B=0 \qquad (68)$$

สมการควบคุมปรากฏการณ์ดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO)

$$\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial(uD)}{\partial x}+\frac{\partial(vD)}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial D}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial D}{\partial y}\right)+k_1B-k_2\left(D_s-D\right)-R_D=0 \qquad (69)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยในแนวดิ่งของมวลสารที่พิจารณา
B คือ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)
D คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO)
D_s คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอิ่มตัว

k_x คือ สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง x

k_y คือ สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง y

R คือ ปริมาณมวลสารแต่ละชนิดที่เพิ่มแก่ระบบ

k_1 คือ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์

k_2 คือ อัตราการเติมอากาศที่ผิวน้ำ

วิธีการแก้สมการใช้วิธี ADI เช่นเดียวกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ขั้นตอนการคำนวณจะเริ่มหลังจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์คำนวณค่าระดับน้ำ และความเร็ว u , v ที่ชั้นเวลาใดๆ และจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ค่าระดับน้ำ ความเร็ว u และ v ที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ใช้คำนวณความเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแต่ละมวลสารที่พิจารณา

การกำหนดตำแหน่งตัวแทนที่ใช้พิจารณาความเข้มข้นของแต่ละมวลสารจะกำหนดที่ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งตัวแทนของระดับน้ำ ชั้นของเวลา (Δt) ในแบบจำลองคุณภาพน้ำไม่ใช่ตัวเดียวกับชั้นเวลา (Δt) ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แต่อาจใช้เท่ากันได้

การเปลี่ยนสมการควบคุมปรากฏการณ์ของ สมการคุณภาพน้ำดีโอ (DO) และสมการคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสมการอนุพันธ์ ให้อยู่ในรูปสมการผลต่างสืบเนื่องแบบ ADI (alternating direction implicit) ขั้นตอนการคำนวณเหมือนกับในส่วนของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์โดยในแต่ละชั้นของเวลา (Δt) จะแบ่งออกเป็นสองช่วงเวลา ขั้นตอนดังกล่าวเขียนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ที่เวลาครึ่งชั้นการคำนวณ (n+1/2 time step Δt) คำนวณค่า BOD, DO โดยการคำนวณโดยใช้ทิศทาง x เป็นหลักด้วยวิธี implicit

ขั้นตอนที่ 2 ที่เวลาเต็มชั้นการคำนวณ (n+1 time step Δt) คำนวณค่า BOD, DO โดยการคำนวณโดยใช้ทิศทาง y เป็นหลักด้วยวิธี implicit

รายละเอียดของแต่ละสมการในแต่ละทิศทางสามารถเขียนได้ดังนี้

1. สมการการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) implicit ทิศทาง x

$$\left.\frac{\partial B}{\partial t}\right|_{B^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i,j}^{n}}{\frac{\Delta t}{2}} \tag{70}$$

$$\left.\frac{\partial (uB)}{\partial x}\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{u_{i-1,j}^{n}\left(B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + u_{i,j}^{n}\left(B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x} \tag{71}$$

$$\left.\frac{\partial (vB)}{\partial y}\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{v_{i,j-1}^{n}\left(B_{i,j-1}^{n} - B_{i,j}^{n}\right) + v_{i,j}^{n}\left(B_{i,j}^{n} - B_{i,j+1}^{n}\right)}{\Delta y} \tag{72}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial B}{\partial x}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = -\frac{k_x}{\Delta x}\left(\frac{B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x} - \frac{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}\right) \tag{73}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial B}{\partial y}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = -\frac{k_y}{\Delta y}\left(\frac{B_{i,j-1}^{n} - B_{i,j}^{n}}{\Delta y} - \frac{B_{i,j}^{n} - B_{i,j+1}^{n}}{\Delta y}\right) \tag{74}$$

$$\left.k_1 B - R_B\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = k_1 B_{i,j}^{n} + R_{B_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} \tag{75}$$

2. สมการการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) implicit ทิศทาง x

$$\left.\frac{\partial D}{\partial t}\right|_{D^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i,j}^{n}}{\frac{\Delta t}{2}} \tag{76}$$

$$\left.\frac{\partial(uD)}{\partial x}\right|_{D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{u_{i-1,j}^{n}\left(D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + u_{i,j}^{n}\left(D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x} \tag{77}$$

$$\left.\frac{\partial(vD)}{\partial y}\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = \frac{v_{i,j-1}^{n}\left(D_{i,j-1}^{n} - D_{i,j}^{n}\right) + v_{i,j}^{n}\left(D_{i,j}^{n} - D_{i,j+1}^{n}\right)}{\Delta y} \tag{78}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial D}{\partial x}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = -\frac{k_x}{\Delta x}\left(\frac{D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x} - \frac{D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}\right) \tag{79}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial D}{\partial y}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = -\frac{k_y}{\Delta y}\left(\frac{D_{i,j-1}^{n} - D_{i,j}^{n}}{\Delta y} - \frac{D_{i,j}^{n} - D_{i,j+1}^{n}}{\Delta y}\right) \tag{80}$$

$$\left.k_1 B - k_2\left(D_S - D\right) - R_B\right|_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}} = k_1 B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + k_S\left(D_S - D_{i,j}^{n}\right) - R_{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}$$

3. สมการการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) implicit ทิศทาง y (81)

$$\left.\frac{\partial B}{\partial t}\right|_{B^{n+1}} = \frac{B_{i,j}^{n+1} - B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\frac{\Delta t}{2}} \tag{82}$$

$$\left.\frac{\partial(uB)}{\partial x}\right|_{B_{i,j}^{n+1}} = \frac{u_{i-1,j}^{n}\left(B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + u_{i,j}^{n}\left(B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x} \tag{83}$$

$$\left.\frac{\partial(vB)}{\partial y}\right|_{B_{i,j}^{n+1}} = \frac{v_{i,j-1}^{n+1}\left(B_{i,j-1}^{n+1} - B_{i,j}^{n+1}\right) + v_{i,j}^{n+1}\left(B_{i,j}^{n+1} - B_{i,j+1}^{n+1}\right)}{\Delta y} \tag{84}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial B}{\partial x}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+1}}=-\frac{k_x}{\Delta x}\left(\frac{B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}-B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}-\frac{B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}-B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}\right) \tag{85}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial B}{\partial y}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+1}}=-\frac{k_y}{\Delta y}\left(\frac{B_{i,j-1}^{n+1}-B_{i,j}^{n+1}}{\Delta y}-\frac{B_{i,j}^{n+1}-B_{i,j+1}^{n+1}}{\Delta y}\right) \tag{86}$$

$$k_1B-R_B\Big|_{B_{i,j}^{n+1}}=k_1B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}+R_{B_{i,j}}^{n+1} \tag{87}$$

4. สมการการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) implicit ทิศทาง y

$$\left.\frac{\partial D}{\partial t}\right|_{D^{n+1}}=\frac{D_{i,j}^{n+1}-D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\frac{\Delta t}{2}} \tag{88}$$

$$\left.\frac{\partial(uD)}{\partial x}\right|_{D_{i,j}^{n+1}}=\frac{u_{i-1,j}^{n}\left(D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}-D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)+u_{i,j}^{n}\left(D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}-D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x} \tag{89}$$

$$\left.\frac{\partial(vD)}{\partial y}\right|_{B_{i,j}^{n+1}}=\frac{v_{i,j-1}^{n+1}\left(D_{i,j-1}^{n+1}-D_{i,j}^{n+1}\right)+v_{i,j}^{n+1}\left(D_{i,j}^{n+1}-D_{i,j+1}^{n+1}\right)}{\Delta y} \tag{90}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial D}{\partial x}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+1}}=-\frac{k_x}{\Delta x}\left(\frac{D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}-D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}-\frac{D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}-D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x}\right) \tag{91}$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial D}{\partial y}\right)\right|_{B_{i,j}^{n+1}}=-\frac{k_y}{\Delta y}\left(\frac{D_{i,j-1}^{n+1}-D_{i,j}^{n+1}}{\Delta y}-\frac{D_{i,j}^{n+1}-D_{i,j+1}^{n+1}}{\Delta y}\right) \tag{92}$$

$$k_1 B - k_2\left(D_S - D\right) - R_B\Big|_{B_{i,j}^{n+1}} = k_1 B_{i,j}^{n+1} + k_S\left(D_S - D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) - R_{B_{i,j}}^{n+1} \tag{93}$$

วิธีการคำนวณสำหรับหาค่าการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) ดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) ที่ครึ่งชั้นเวลาแรก ($n \to n+\frac{1}{2}$) ลำดับขั้นของการคำนวณจะเริ่มคำนวณสมการดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) เมื่อได้คำตอบของบีโอดีที่เวลาครึ่งชั้นเวลา ($n+\frac{1}{2}$) สมการของดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) จะใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) ที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณการลดลงของออกซิเจนในน้ำในทิศทางของการคำนวณเนื่องจากแบบจำลองที่ศึกษานี้เป็นแบบสองมิติ ดังนั้นจึงประกอบไปด้วยทิศทาง x และ y ซึ่งจะเริ่มคำนวณจากทิศไหนก่อนก็ได้เช่นกัน แต่เพื่อความเป็นระเบียบเดียวกันกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์จึงเริ่มที่ทิศทาง x ก่อน ดังนั้นชุดสมการที่แถวที่ j ใดๆ สามารถเขียนได้ดังนี้

การกระจายตัวดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) ทิศทาง x

$$\left(P_1\right)_j B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \left(P_2\right)_j B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \left(P_3\right)_j B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = \left(P_4\right)_j \tag{94}$$

โดยที่

$$\left(P_1\right)_j = -\frac{1}{\Delta x} u_{i-1,j} - \frac{k_x}{\Delta x^2} \tag{95}$$

$$\left(P_2\right)_j = \frac{2}{\Delta t} + \left(\frac{u_{i-1,j} - u_{i,j}}{\Delta x}\right) + \frac{2k_x}{\Delta x^2} \tag{96}$$

$$\left(P_3\right)_j = \frac{1}{\Delta x} u_{i,j} - \frac{k_x}{\Delta x^2} \tag{97}$$

$$\left(P_4\right)_j = \frac{2B_{i,j}^n}{\Delta t} - \frac{v_{i,j-1}\left(B_{i,j-1}^n - B_{i,j}^n\right) + v_{i,j}\left(B_{i,j}^n - B_{i,j+1}^n\right)}{\Delta y} + \frac{2k_y}{\Delta y^2}\left(B_{i,j-1}^n - 2B_{i,j}^n + B_{i,j+1}^n\right) + R_{B_{i,j}}^{n+\frac{1}{2}} \tag{98}$$

การกระจายตัวดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) ทิศทาง x

$$(P_1)_j D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + (P_2)_j D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + (P_3)_j D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = (P_4)_j \tag{99}$$

โดยที่

$$(P_1)_j = -\frac{1}{\Delta x} u_{i-1,j} - \frac{k_x}{\Delta x^2} \tag{100}$$

$$(P_2)_j = \frac{2}{\Delta t} + \left(\frac{u_{i-1,j} - u_{i,j}}{\Delta x} \right) + \frac{2k_x}{\Delta x^2} \tag{101}$$

$$(P_3)_j = \frac{1}{\Delta x} u_{i,j} - \frac{k_x}{\Delta x^2} \tag{102}$$

$$(P_4)_j = \frac{2D_{i,j}^n}{\Delta t} - \frac{v_{i,j-1}\left(D_{i,j-1}^n - D_{i,j}^n\right) + v_{i,j}\left(D_{i,j}^n - D_{i,j+1}^n\right)}{\Delta y}$$

$$+ \frac{2k_y}{\Delta y^2}\left(D_{i,j-1}^n - 2D_{i,j}^n + D_{i,j+1}^n\right) - k_1 B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + k_2 D_S + R_{Bi,j}^{n+\frac{1}{2}} \tag{103}$$

การกระจายตัวดัชนีคุณภาพน้ำบีโอดี (BOD) ทิศทาง y

$$(P_1)_i B_{i,j-1}^{n+1} + (P_2)_i B_{i,j}^{n+1} + (P_3)_i B_{i,j}^{n+1} = (P_4)_i \tag{104}$$

โดยที่

$$(P_1)_i = -\frac{1}{\Delta x} v_{i,j-1} - \frac{k_y}{\Delta y^2} \tag{105}$$

$$(P_2)_i = \frac{2}{\Delta t} + \left(\frac{v_{i,j-1} - v_{i,j}}{\Delta y} \right) + \frac{2k_y}{\Delta y^2} + k_1 \tag{106}$$

$$(P_3)_i = \frac{1}{\Delta x} v_{i,j} - \frac{k_y}{\Delta y^2} \tag{107}$$

$$(P_4)_j = \frac{2B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} - \frac{u_{i-1,j}\left(B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + u_{i,j}\left(B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x}$$

$$+ \frac{2k_x}{\Delta x^2}\left(B_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - 2B_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + B_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + R_{Bi,j}^{n+1} \tag{108}$$

การกระจายตัวดัชนีคุณภาพน้ำดีโอ (DO) ทิศทาง y

$$(P_1)_i D_{i,j-1}^{n+1} + (P_2)_i D_{i,j}^{n+1} + (P_3)_i D_{i,j}^{n+1} = (P_4)_i \tag{109}$$

โดยที่

$$(P_1)_i = -\frac{1}{\Delta x} v_{i,j-1} - \frac{k_y}{\Delta y^2} \tag{110}$$

$$(P_2)_i = \frac{2}{\Delta t} + \left(\frac{v_{i,j-1} - v_{i,j}}{\Delta y}\right) + \frac{2k_y}{\Delta y^2} + k_2 \tag{111}$$

$$(P_3)_i = \frac{1}{\Delta x} v_{i,j} - \frac{k_y}{\Delta y^2} \tag{112}$$

$$(P_4)_j = \frac{2D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} - \frac{u_{i-1,j}\left(D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) + u_{i,j}\left(D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right)}{\Delta x}$$

$$+ \frac{2k_x}{\Delta x^2}\left(D_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} - 2D_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + D_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}}\right) - k_1 B_{i,j}^{n+1} + k_2 D_S + R_{Bi,j}^{n+1} \tag{113}$$

เมื่อทราบค่าของ $(P_1)-(P_4)$ ในแต่ละหลัก (I column) ของแถวที่ j แล้ว นำค่า $(P_1)-(P_4)$ มาจัดเรียงตัวในเมตริกซ์ระบบ (system matrix) ดังจะเขียนได้ดังนี้

$$\begin{pmatrix} (P_1)_{i-1} & (P_2)_{i-1} & (P_3)_{i-1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (P_1)_i & (P_2)_i & (P_3)_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (P_1)_{i+1} & (P_2)_{i+1} & (P_3)_{i+1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (P_2)_{i+2} & (P_2)_{i+2} & (P_3)_{i+2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (P_1)_{i+3} & (P_2)_{i+3} & (P_3)_{i+3} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} C_{i-1} \\ C_i \\ C_{i+1} \\ C_{i+2} \\ C_{i+3} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (P_4)_{i-1} \\ (P_4)_i \\ (P_4)_{i+1} \\ (P_4)_{i+2} \\ (P_4)_{i+3} \end{Bmatrix} \tag{114}$$

เมตริกซ์ที่ได้จากการรวม (assemble) จะมีลักษณะเป็นแถบความกว้าง (band width) เช่นเดียวเมตริกซ์ระบบของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมจึงจัดเก็บข้อมูลเฉพาะบริเวณความกว้างของเมตริกซ์ในลักษณะ (band width) และมีการจัดการขอบเขตตามเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งจะกล่าวต่อไปเมื่อได้เมตริกซ์ที่ผ่านการจัดการเงื่อนไขขอบเขตแล้วแก้สมการเพื่อคำนวณหาคำตอบต่อไป

เงื่อนไขขอบเขตแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคล้ายกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์คือ เงื่อนไขขอบเขตที่ขอบเขตปิด กำหนดให้ไม่มีการผ่านของมวลสาร กำหนดได้โดย $\frac{\partial C}{\partial x}=0$ และ $\frac{\partial C}{\partial y}=0$ ภายหลังประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตในทิศทาง x กรณีที่เป็นขอบเขตทางด้านซ้ายหรือขวามือ ได้ดังนี้

$$\frac{\partial B}{\partial t}+\frac{\partial (vB)}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial B}{\partial y}\right)-k_1B-R_B=0 \tag{115}$$

$$\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial (vD)}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial y}\left(k_y\frac{\partial D}{\partial y}\right)+k_1B-k_2\left(D_S-D\right)-R_D=0 \tag{116}$$

และภายหลังประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตในทิศทาง y กรณีที่เป็นขอบเขตทางด้านบนหรือด้านล่าง ได้ดังนี้

$$\frac{\partial B}{\partial t}+\frac{\partial(uB)}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial B}{\partial x}\right)-k_1B-R_B=0 \qquad (117)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial(uD)}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial D}{\partial x}\right)+k_1B-k_2\left(D_s-D\right)-R_D=0 \qquad (118)$$

ที่ขอบเขตเปิดเป็นตำแหน่งที่กำหนดค่าของความเข้มข้นสารหรือจุดปล่อยมวลสารโดยอาจมีค่าคงที่หรือผันแปรกับเวลาก็ได้ การปรับปรุงเมตริกซ์ใช้วิธีการเดียวกันกับแบบจำลองอุพลศาสตร์

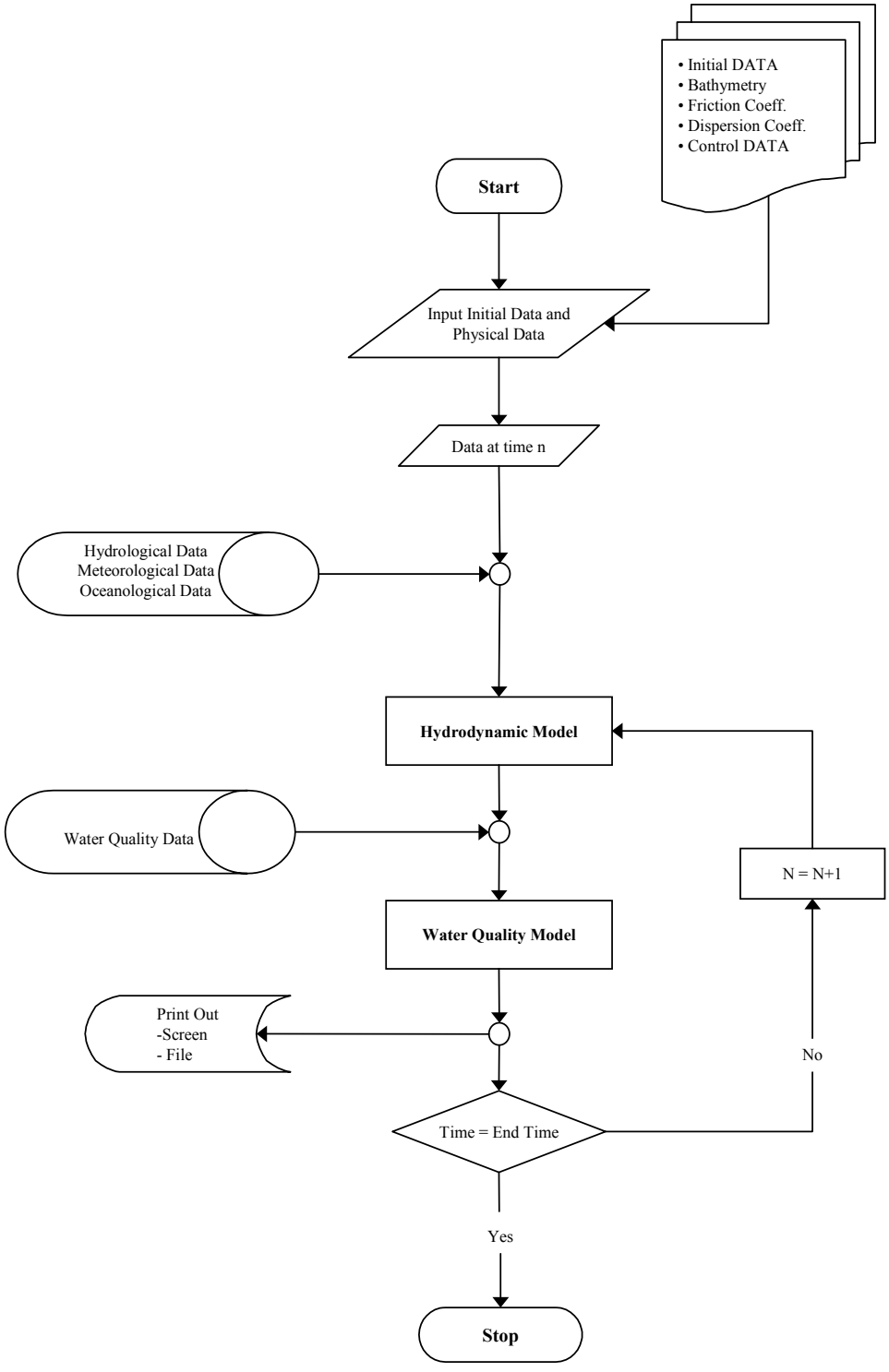
เสถียรภาพของแบบจำลองถูกกำหนดใช้ตัวเลขเรโนล์ด (Reynolds number) เป็นตัวกำหนด แต่ถ้าเป็นกรณีที่เลขเรโนล์ดมีค่ามากกว่า 2 จะต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไขของชั้นเวลาที่ใช้คำนวณ (Δt) โดยที่ค่าประมาณของชั้นเวลาที่ใช้คำนวณ (Δt) ของแบบจำลองคุณภาพน้ำที่มากที่สุดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Delta t \le \min\left\{\min\frac{2\Delta x}{\left|u_{i-1,j}\right|+\left|u_{i,j}\right|},\min\frac{2\Delta y}{\left|v_{i,j-1}\right|+\left|v_{i,j}\right|}\right\} \qquad (119)$$

ในทางปฏิบัติจะใช้เกณฑ์เสถียรภาพข้างต้นเป็นแนวทางเท่านั้น ค่า (Δt) ที่ใช้จริงจะได้จากการทดลองหลายๆ ค่า โดยเริ่มจากค่าทางทฤษฎี ค่า (Δt) ที่ใช้ในแบบจำลองจะใช้ค่า (Δt) ที่มากที่สุดจากการทดลองแต่ยังให้ผลการคำนวณที่มีเสถียรภาพสำหรับขนาดกริด $\Delta x, \Delta y, \varepsilon_x$ และ ε_y ที่กำหนด

<u>โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ</u>

เกษม (2541) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ โดยใช้พื้นฐานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ของ Chirananont (1983) ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลองคุณภาพน้ำได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ และเลือกใช้ภาษา Fortran (Power Station v.4) ในการสร้างโปรแกรม เนื่องจากมีความสามารถในการจัดการหน่วยความจำขนาดใหญ่ได้ดีกว่าภาษาชั้นสูงอื่นๆ ตลอดจนความเร็วในการคำนวณสูง และมีโครงสร้างภาษาที่ไม่ซับซ้อนมาก โดยได้กำหนดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมไว้ดังแสดงในภาพที่ 2



<u>ภาพที่ 2</u> ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ

ที่มา: เกษม (2541)

พื้นที่ศึกษา

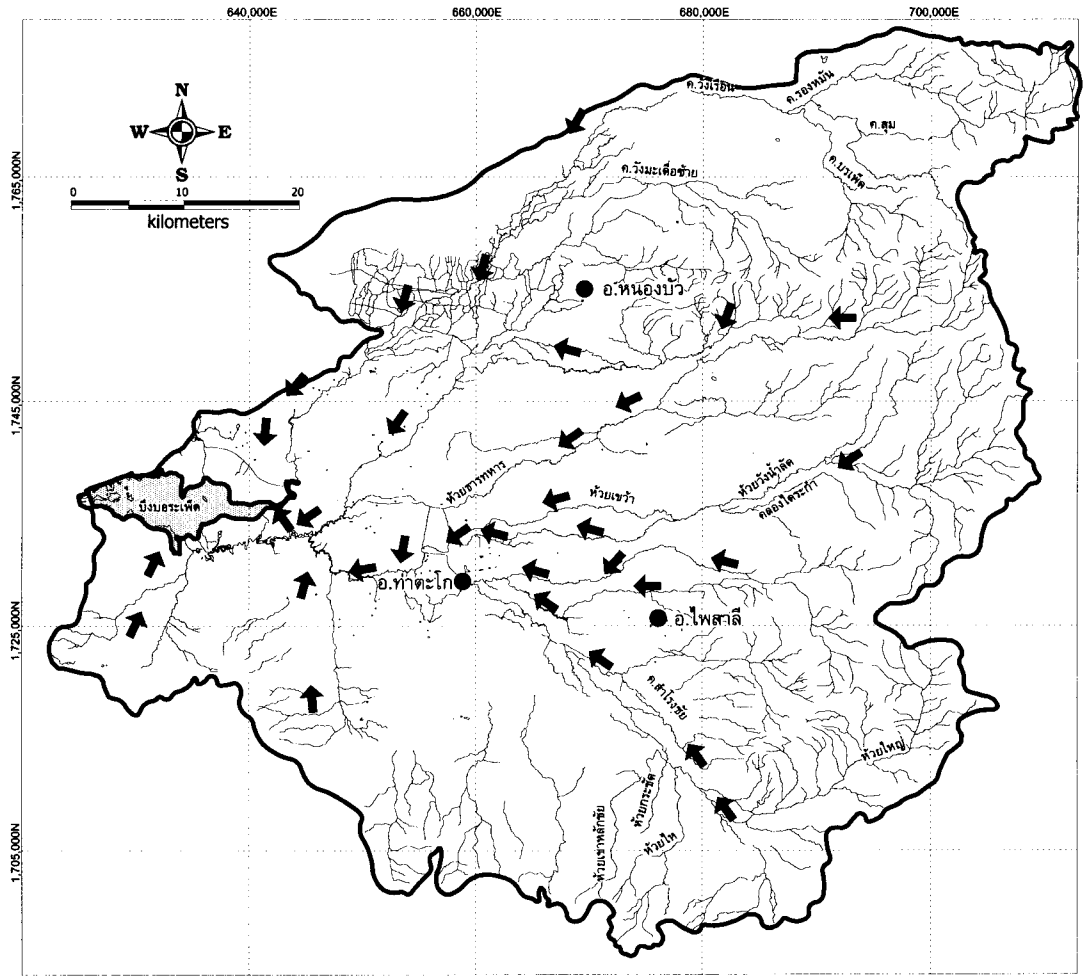
สภาพโดยทั่วไปของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

กรมชลประทานได้ว่าจ้างกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา (2545) เพื่อทำการศึกษาแผนหลักและความเหมาะสมโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ดโดยได้ศึกษาสภาพบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด สรุปได้ว่าบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของประเทศไทย ระหว่างละติจูด 15^0 40’ ถึง 15^0 45’ เหนือ และ ลองติจูด 100^0 10’ ถึง 100^0 23’ ตะวันออก อยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอชุมแสง และ อำเภอท่าตะโก มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลทับกฤช อำเภอชุมแสง
ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลหนองปลิง ตำบลพระนอน อำเภอเมือง และตำบลวังมหากร อำเภอท่าตะโก
ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลพนมเศษ ตำบลพนมรอก อำเภอท่าตะโก
ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลแควใหญ่ ตำบลเกรียงไกร ตำบลนครสวรรค์ออก อำเภอเมือง

พื้นที่ลุ่มน้ำของบึงบอระเพ็ดมีขนาดประมาณ 4,490 ตร.กม. ดังแสดงในภาพที่ 3 ลักษณะของพื้นที่รับน้ำมีความลาดเอียงจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกมีความชันโดยเฉลี่ยประมาณ 1: 300 บึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งประมงและสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดนครสวรรค์ซึ่งมีลักษณะของระบบนิเวศที่มีคุณค่าในทางธรรมชาติอย่างมีเอกลักษณ์ทำให้ประชาชนในท้องถิ่นได้เก็บผลประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจและสังคม เช่น การประมง การท่องเที่ยว การใช้น้ำจากบึงเพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค เป็นต้น

ในอดีตพื้นที่ลุ่มน้ำของบึงบอระเพ็ดเป็นที่ราบลุ่มแวดล้อมด้วยป่าไม้เบญจพรรณมีลำคลองเล็กๆไหลผ่านและประกอบไปด้วยหนองน้ำหลายแห่ง เมื่อถึงฤดูฝนจะมีน้ำทางเหนือไหลผ่านทำให้บริเวณบึงบอระเพ็ดเป็นทะเลสาบน้ำจืดขนาดใหญ่ สภาพบึงบอระเพ็ดในอดีตเมื่อถึงฤดูแล้งน้ำในบึงบอระเพ็ดจะไหลลงสู่แม่น้ำน่านกลายเป็นที่ราบลุ่มธรรมดา แต่ครั้นเมื่อถึงฤดูน้ำหลากก็จะกลายเป็นทะเลน้ำจืดวนเวียนกันเช่นนี้เรื่อยมา จนกระทั่งมีหน่วยงานต่าง ๆ เข้ามาจัดการและบูรณะบึงบอระเพ็ดหลายครั้งซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้



คำอธิบายแผนที่

แม่น้ำ คลอง ห้วย

ทิศทางการระบายน้ำในลุ่มน้ำ

บึงบอระเพ็ด

ที่ตั้งอำเภอ

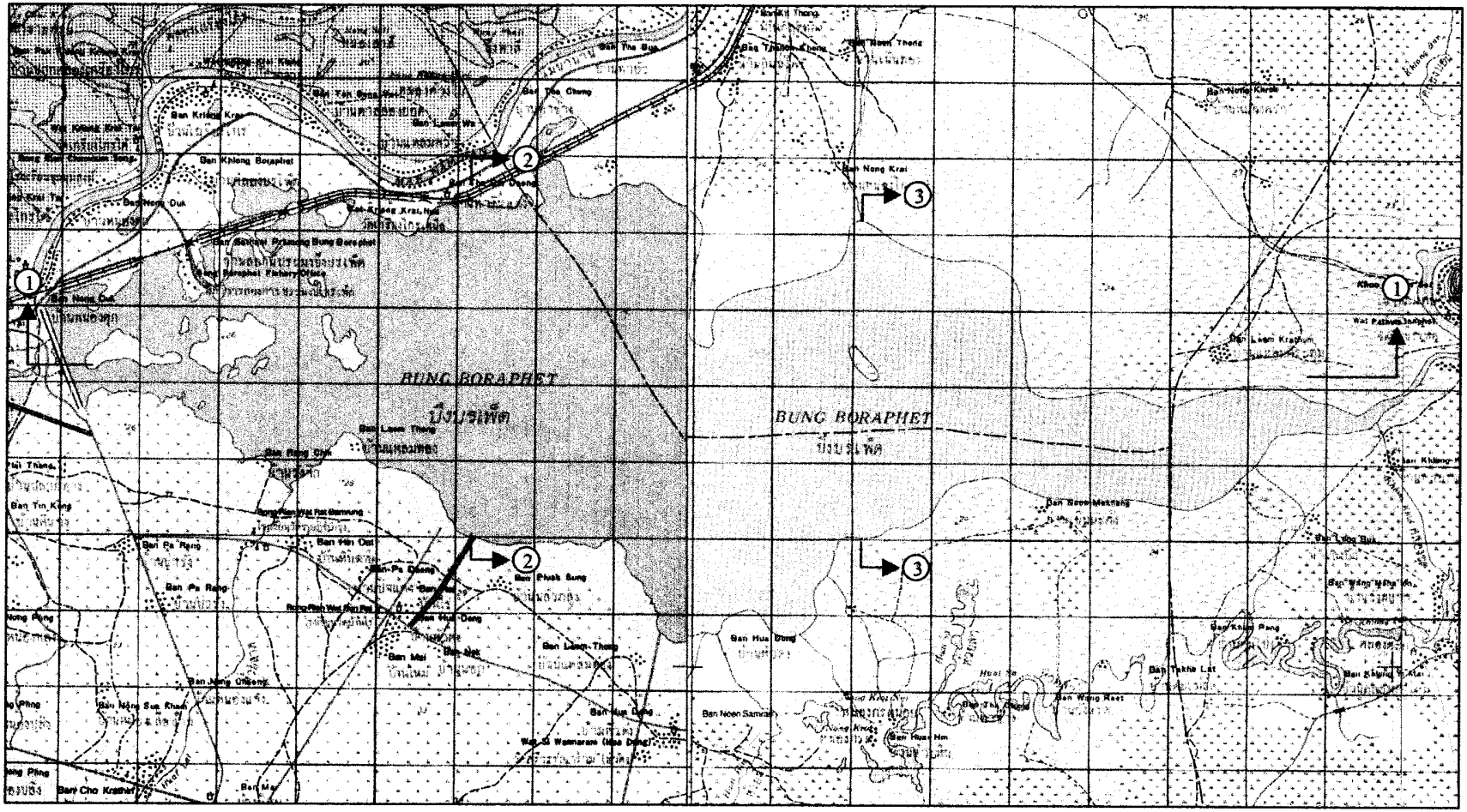
ภาพที่ 3 พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ที่มา: กรมชลประทานและบริษัทที่ปรึกษา (2545)

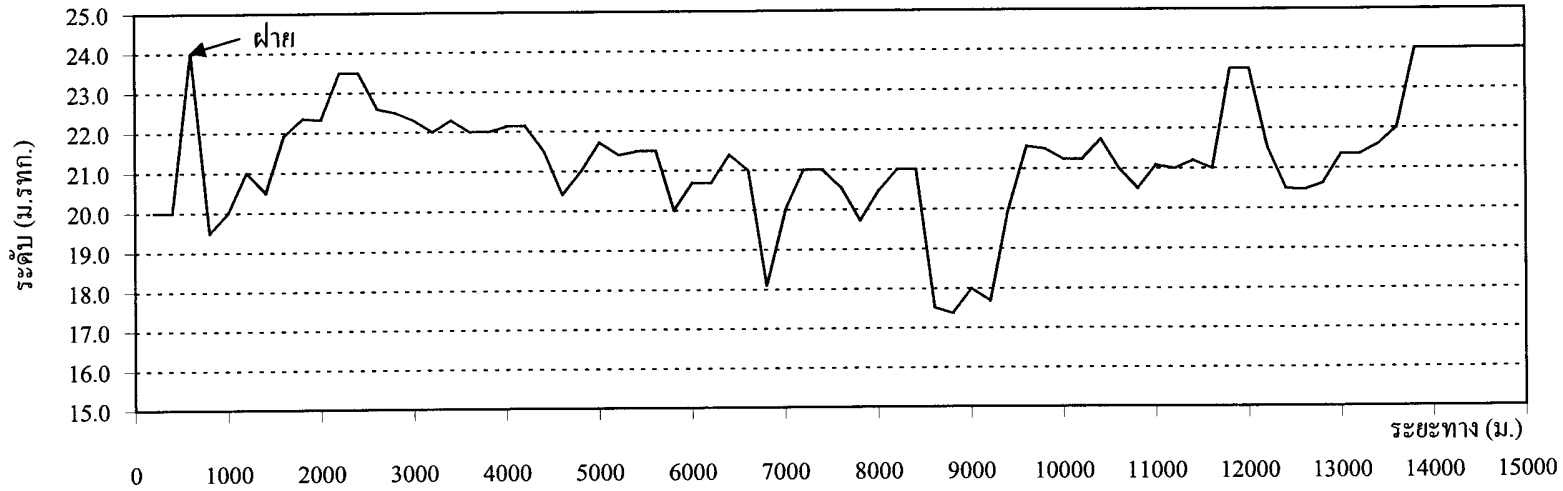
ปี	กิจกรรม
พ.ศ. 2470	กระทรวงเกษตราธิการได้ก่อสร้างทำนบและประตูระบายน้ำและเริ่มเก็บกักน้ำเพื่อประโยชน์ทางด้านการประมง
พ.ศ. 2471	กระทรวงพระคลังมหาสมบัติได้ประกาศกำหนดเขตบึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่อนุรักษ์พืชพันธุ์
พ.ศ. 2473	รัฐบาลได้กำหนดเขตพื้นที่หวงห้ามเป็นเขตสถานีประมงไว้ประมาณ 250,000 ไร่
พ.ศ. 2480	รัฐบาลได้ตราพระราชกฤษฎีกา ลงวันที่ 4 สิงหาคม 2480 ถอนการหวงห้ามเหลือพื้นที่จนถึงปัจจุบันเพียง 132,737 ไร่
พ.ศ. 2490	กระทรวงเกษตราธิการได้แบ่งเขตรักษาพืชพันธุ์ออกเป็น 2 เขต คือ เขต 1 เป็นเขตหวงห้ามมิให้ผู้ใดทำการประมงโดยเด็ดขาด เป็นเนื้อที่ 38,850 ไร่ เขต 2 เป็นเขตหวงห้ามที่อนุญาตให้ราษฎรทำการประมงได้ เป็นเนื้อที่ 93,887 ไร่
พ.ศ. 2535	กรมประมงได้รื้อถอนฝายเก็บกักน้ำเดิมและก่อสร้างฝายใหม่พร้อมอาคารประกอบอื่น ๆ ปิดกั้นทางระบายน้ำของบึงบอระเพ็ดและพัฒนาเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ บึงบอระเพ็ดจึงได้กลายเป็นบึงน้ำจืดตลอดปีโดยมีระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ +23.0 ม.รทก.(กรมประมงกำหนดไว้เพื่อรักษาระบบนิเวศของบึง) และระดับน้ำเก็บกักสูงสุดอยู่ที่ +24.0 ม.รทก.

สภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมโดยมีครัวเรือนที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 80 มีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และอ้อย อีกทั้งยังมีอาชีพประมงจากบึงบอระเพ็ดอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลา เช่น ปลานิล ปลาตะเพียน ปลาใน เป็นต้น

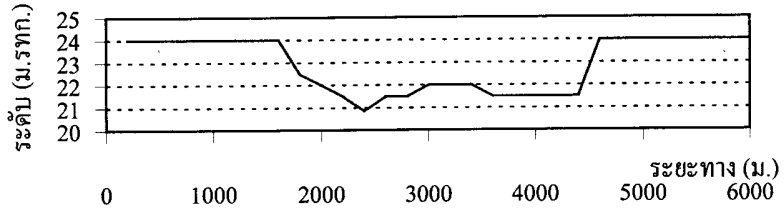
สภาพภูมิประเทศของบึงบอระเพ็ดในปัจจุบันเป็นบึงขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 125 ตร.กม. และปริมาตรเก็บกักน้ำ 168 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับน้ำเก็บกัก +24.0 ม.รทก. มีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 5-6 กม. ยาวประมาณ 20 กม. มีความลึกสูงสุด 6 ม.และมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 2-3 ม. ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5 ภายหลังการบูรณะบึงบอระเพ็ดเมื่อปี พ.ศ.2536 ทำให้ระดับน้ำในบึง



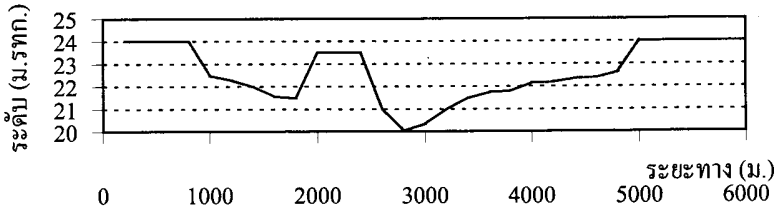
ภาพที่ 4 สภาพภูมิประเทศของบึงบอระเพ็ด



ก. รูปตัด 1



ข. รูปตัด 2



ค. รูปตัด 3

ภาพที่ 5 รูปตัดบึงบอระเพ็ด

บอระเพ็ดสูงขึ้น โดยระดับน้ำเฉลี่ยช่วงฤดูฝนอยู่ที่ 23.70 ม.รทก.และในช่วงฤดูแล้งอยู่ที่ 23.35 ม.รทก. ในสภาพปกติบึงบอระเพ็ดจะรับน้ำที่ระบายออกมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดผ่านคลองและลำน้ำต่างๆโดยบึงบอระเพ็ดทำหน้าที่เสมือนเป็นอ่างเก็บน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ แต่ในช่วงฤดูน้ำหลากบึงบอระเพ็ดจะรับน้ำที่ไหลบ่ามาจากภาคเหนือด้วย ซึ่งพอจะสรุปแหล่งน้ำของบึงบอระเพ็ดได้ดังนี้

1. แหล่งน้ำจากน้ำฝน ซึ่งไหลมาจากด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ด้านตะวันออก และด้านใต้ไปลงบึงบอระเพ็ด จากสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดดังอธิบายในข้างต้นจะเห็นว่าทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดจะมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก ลำน้ำสาขาของบึงบอระเพ็ดที่สำคัญคือ

ด้านตะวันออกเฉียงเหนือ มีคลองบอนและลำน้ำสาขา คลองบอนมีต้นน้ำอยู่ในเขตอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ไหลผ่านเขตอำเภอบางมูลนาค จังหวัดพิจิตร และอำเภอหนองบัว อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ มาลงบึงบอระเพ็ดทางทิศเหนือ

ด้านทิศตะวันออก มีคลองลำเจ็ดและคลองท่าตะโก ซึ่งไหลมารวมกันที่บ้านปากง่าม ต.วังมหากร อ.ท่าตะโก ก่อนจะเปลี่ยนชื่อเรียกเป็นคลองวังมหากร มีต้นน้ำอยู่ในเขตอำเภอไพศาลี และอำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์

ด้านทิศใต้ มีห้วยหิน ห้วยลาด และห้วยเขาวัง ซึ่งมีต้นน้ำอยู่ในเขตอำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์

ปริมาณน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดนี้นับว่าเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของบึงบอระเพ็ดเพราะมีพื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามลำน้ำสาขาของบึงบอระเพ็ดส่วนใหญ่ได้ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมมีการก่อสร้างฝายเก็บกักน้ำในลำน้ำเหล่านั้นเพื่อนำน้ำไปใช้ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงที่ฝนทิ้งช่วง ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดส่วนใหญ่จะเป็นช่วงฤดูฝน

2. แหล่งน้ำจากแม่น้ำน่าน นอกจากแหล่งน้ำผิวดินที่กล่าวแล้วข้างต้น น้ำส่วนที่จะไหลลงบึงบอระเพ็ดยังมีโอกาสที่จะได้รับน้ำที่ไหลบ่าล้นตลิ่งจากแม่น้ำน่านอีกทางหนึ่งด้วย โดยจะไหลลงบึงบอระเพ็ดทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก รวมถึงในบางกรณีที่ระดับน้ำในแม่น้ำน่านและ

แม่น้ำเจ้าพระยาสูงกว่าระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดและสูงกว่าระดับเก็บกักของอาคารระบายน้ำของบึง บึงบอระเพ็ดก็จะรับน้ำมาจากแม่น้ำน่านและแม่น้ำเจ้าพระยาผ่านทางอาคารระบายน้ำต่าง ๆ เหล่านั้น

การระบายน้ำออกจากบึงบอระเพ็ดจะระบายผ่านอาคารระบายน้ำต่าง ๆ ดังนี้

1. ฝายคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ ogee crest ยาว 350 ม. มีระดับสันฝายอยู่ที่ +24.0 ม.รทก.ตั้งอยู่ด้านท้ายน้ำของบึงซึ่งจะระบายน้ำจากบึงบอระเพ็ดไหลลงสู่คลองบางปรอง ก่อนจะไหลลงสู่ แม่น้ำเจ้าพระยาในที่สุด อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูน้ำหลากหากระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสูงกว่าระดับสันฝายและสูงกว่าระดับน้ำในบึงน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาก็จะไหลย้อนเข้ามาในบึงบอระเพ็ดได้เช่นกัน

2. ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ดมีบานระบายเป็นบานเหล็กตรงขนาดกว้าง 12 ม. สูง 10 ม. ระดับธรณีประตูอยู่ที่ 14.0 ม.รทก.ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ดจะระบายน้ำจากบึงบอระเพ็ดลงสู่คลองบอระเพ็ดและไหลลงสู่แม่น่านในที่สุด

3. อาคารระบายน้ำตามทางรถไฟสายเหนือ ซึ่งประกอบด้วยอาคารระบายน้ำจำนวน 6 แห่ง แต่ปัจจุบันอาคารระบายน้ำเหล่านี้ได้ชำรุดไม่สามารถใช้เปิด-ปิดบานได้

ปัจจุบันบึงบอระเพ็ดประสบปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ได้แก่ ปัญหาการบุกรุกครอบครองพื้นที่รอบ ๆ บึง ปัญหาการตื้นเขินของบึง ปัญหาภัยแล้ง ปัญหาน้ำท่วมขังพื้นที่เพาะปลูกรอบ ๆ บึง รวมทั้งปัญหาคุณภาพน้ำในบึง จำเป็นต้องได้รับการบูรณะทั้งในเชิงวิศวกรรมและการกำหนดนโยบายและมาตรการควบคุมปัญหาต่างๆ

<u>สภาพทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด</u>

ลักษณะภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้นแบบสะวันนาได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ฝนตกไม่ทิ้งช่วงในฤดูฝนและในฤดูหนาวมีอากาศไม่หนาวเย็นมากนักจากสถิติข้อมูลอากาศในรอบ 30 ปี (พ.ศ.2514-2543) ของสถานีตรวจวัดอากาศ

ของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ สถานีอำเภอเมืองนครสวรรค์ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสรุปสภาพภูมิอากาศบริเวณบึงบอระเพ็ดได้ดังนี้

อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี 70.0 เปอร์เซ็นต์
เมฆปกคลุมเฉลี่ยรายปี 5.6 หน่วย (0-10)
ความเร็วลมเฉลี่ย 3.4 น๊อต
ปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายปี 2,018.0 มิลลิเมตร

<u>สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด</u>

<u>ปริมาณฝน</u>

จากข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด (เป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา) และพื้นที่ใกล้เคียงจำนวน 16 สถานีในช่วงปี พ.ศ. 2495 – 2542 ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนดังกล่าว พบว่าปริมาณฝนส่วนใหญ่จะตกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน สรุปได้ดังนี้

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 17 สถานี 1,097 มิลลิเมตร
ปริมาณฝนเฉลี่ยช่วงฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) ของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 17 สถานี 962 มิลลิเมตร
ปริมาณฝนเฉลี่ยช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.-เม.ย.) ของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 17 สถานี 135 มิลลิเมตร

<u>ปริมาณน้ำท่า</u>

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดไม่มีสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าเลย มีเพียงสถานีบริเวณใกล้เคียงดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าดังกล่าว อย่างไรก็ตามกรมประมงได้ทำการบันทึกข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 ถึงปัจจุบัน โดยข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดในช่วงปี พ.ศ.2536 ถึง พ.ศ. 2544 แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 7

ตารางที่ 1 สภาพภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ.2514-2543

สถานี	นครสวรรค์	ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	34	เมตร
รหัส	48400	ความสูงของบาโรมิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	35	เมตร
ละติจูด	15 48 N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือพื้นดิน	1.50	เมตร
ลองติจูด	100 10 E	ความสูงของเครื่องวัดลมเหนือพื้นดิน	14.00	เมตร
		ความสูงของที่วัดน้ำฝน	1.00	เมตร

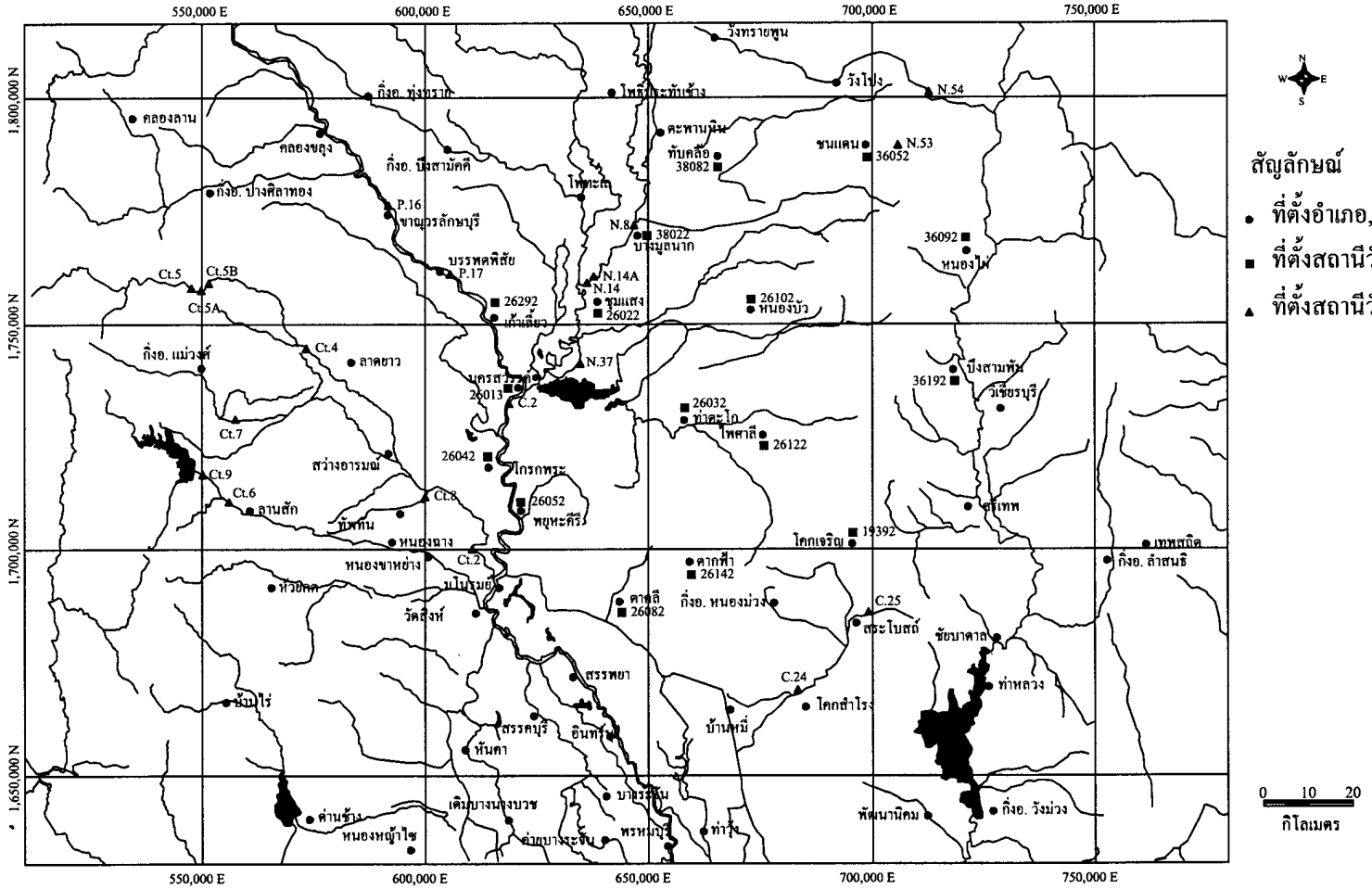
ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
ความกดอากาศ (+ 1000 หรือ 900 มิลิบาร์)													
เฉลี่ย	1,012.7	1,010.9	1,009.2	1,007.6	1,006.5	1,005.5	1,005.6	1,005.9	1,007.7	1,010.1	1,012.4	1,014.0	1,009.0
สูงสุด	1,025.2	1,022.5	1,024.4	1,018.7	1,014.5	1,012.3	1,012.8	1,012.8	1,015.5	1,020.1	1,022.7	1,025.0	1,025.2
ต่ำสุด	1,003.9	1,001.1	1,000.6	998.5	998.5	997.8	997.5	997.4	999.4	1,001.4	1,003.3	1,003.8	997.4
พิสัยรายวันเฉลี่ย	5.4	5.7	5.9	5.8	5.0	4.2	4.0	4.1	4.7	4.8	4.8	5.1	5.0
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	25.5	28.2	30.3	31.5	30.2	29.5	29.0	28.3	27.9	27.6	26.3	24.6	28.2
เฉลี่ยสูงสุด	32.7	35.1	36.9	38.0	36.0	34.8	34.2	33.4	32.8	32.3	31.7	31.2	34.1
เฉลี่ยต่ำสุด	18.8	21.8	24.5	25.9	25.6	25.3	24.9	24.6	24.3	23.8	21.4	18.4	23.3
สูงที่สุด	37.4	39.7	41.4	42.4	42.6	40.0	39.5	38.6	36.1	36.1	36.4	36.1	42.6
ต่ำที่สุด	8.9	12.0	14.1	20.3	21.2	22.0	20.9	21.4	21.0	16.2	11.9	7.7	7.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ย	63.0	60.0	60.0	62.0	71.0	73.0	74.0	78.0	82.0	81.0	74.0	67.0	70.0
เฉลี่ยสูงสุด	85.0	85.0	86.0	85.0	88.0	89.0	90.0	92.0	95.0	95.0	92.0	88.0	89.0
เฉลี่ยต่ำสุด	39.0	36.0	36.0	40.0	50.0	54.0	56.0	60.0	64.0	62.0	53.0	43.0	49.0
ต่ำที่สุด	18.0	8.0	10.0	14.0	23.0	32.0	31.0	38.0	41.0	37.0	25.0	25.0	8.0
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	17.1	18.8	20.7	22.4	23.7	23.6	23.5	23.8	24.4	23.8	20.9	17.4	21.7
น้ำระเหย (มม.)													
เฉลี่ย-ถาด	144.0	174.3	233.2	243.5	206.8	179.5	169.5	151.0	130.1	126.6	126.5	133.0	2,018.0
ความคลื้มเมฆ (0-10)													
เฉลี่ย	2.9	3.2	3.6	4.6	6.6	7.8	8.2	8.6	8.0	6.4	4.4	3.1	5.6
ชั่วโมงที่มีแสงแดด													
เฉลี่ย	262.0	248.3	259.4	261.9	241.5	184.7	175.4	158.8	167.9	212.7	234.3	250.8	2,657.7
ทัศนวิสัย (กม.)													
เวลา 0700	3.7	3.7	4.8	7.0	10.2	11.8	10.7	10.7	8.9	7.3	6.2	5.2	7.5
เฉลี่ย	5.8	5.5	5.9	7.8	11.0	12.2	11.6	11.3	10.4	9.5	8.5	7.4	8.9
ความเร็วลม (น็อต)													
ความเร็วลมเฉลี่ย	2.0	3.8	5.4	5.0	3.6	3.8	3.3	2.8	1.6	1.5	1.7	1.8	-
ทิศทาง	E	S	S	S	S	S	S	S	S	NE	NE	NE	-
ความเร็วลมสูงสุด	25.0	30.0	40.0	50.0	48.0	45.0	37.0	45.0	40.0	30.0	21.0	25.0	50.0
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	5.4	12.5	33.4	58.3	153.1	110.4	133.1	185.0	218.2	132.6	30.5	4.9	1,077.4
จำนวนวันที่ฝนตก	1.0	1.4	2.7	5.1	12.7	13.2	15.5	18.6	18.3	13.9	3.5	0.9	106.8
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	60.9	55.3	112.3	84.9	150.1	127.8	96.1	78.2	102.9	87.2	52.5	40.3	150.1
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	27.3	26.8	27.8	20.3	2.9	0.0	0.3	0.1	0.9	4.8	12.1	21.5	144.8
หมอก	1.8	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	0.7	1.0	0.7	6.1
ลูกเห็บ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ฟ้าคะนอง	0.2	1.1	3.2	7.9	15.3	9.8	9.8	10.6	15.1	9.9	1.7	0.3	84.9
พายุฝน	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ข้างเคียง

หน่วย : มม.

สถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย												รายปี
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1. อ.เมือง จ.นครสวรรค์	26013	1952-1999	61.53	137.76	116.76	134.21	179.11	234.17	134.47	27.21	5.27	6.89	13.54	31.70	1,082.62
2. อ.พยุหคีรี จ.นครสวรรค์	26052	1952-1999	55.04	129.37	108.06	123.23	161.44	237.79	153.11	28.52	2.17	5.50	8.34	22.98	1,035.55
3. อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	26022	1952-1999	59.88	135.43	105.99	137.11	159.29	262.04	135.93	23.62	2.12	5.22	10.77	28.84	1,066.23
4. อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์	26102	1952-1999	66.08	157.96	140.30	145.70	200.91	241.34	126.95	25.67	4.91	3.05	11.09	29.32	1,153.27
5. อ.ไพศาลี จ.นครสวรรค์	26122	1967-1999	66.14	146.93	126.51	129.37	173.40	219.57	125.33	17.68	1.75	6.46	7.29	33.18	1,053.60
6. อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	36052	1955-1999	66.88	161.74	193.01	190.67	242.20	247.46	119.78	16.17	1.34	4.63	10.94	31.00	1,285.80
7. อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	26082	1952-1999	41.09	108.69	113.31	127.86	150.90	259.43	130.26	22.46	0.60	3.40	5.88	25.33	989.20
8. อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์	26032	1952-1999	68.63	133.47	136.32	138.45	168.29	220.08	128.87	22.35	5.99	8.26	17.40	38.20	1,086.32
9. อ.บางมูลนาก จ.พิจิตร	38022	1953-1999	48.37	155.16	117.00	136.92	159.32	242.15	120.46	24.66	1.85	2.65	5.21	20.75	1,034.51
10. อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	26292	1975-1999	54.29	161.93	114.67	140.40	153.99	258.42	151.07	26.26	3.65	3.88	4.22	25.47	1,098.23
11. อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์	26042	1952-1999	61.24	136.18	112.98	126.40	182.28	245.00	138.80	28.95	2.53	6.55	11.44	24.70	1,077.05
12. อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์	26142	1981-1999	71.58	145.26	151.98	131.25	195.92	225.58	148.36	16.28	1.91	2.34	12.29	37.76	1,140.49
13. อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี	19392	1988-1999	83.98	149.21	114.36	71.66	165.66	161.25	109.58	18.27	1.15	5.42	4.71	26.08	911.32
14. อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์	36192	1987-1999	69.61	180.31	116.50	123.08	223.16	192.41	80.91	21.67	0.00	1.35	3.37	21.39	1,033.77
15. อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร	38082	1983-1999	68.24	132.36	120.61	128.16	187.72	184.80	130.33	27.09	4.76	3.15	14.72	25.05	1,027.00
16. อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์	36092	1965-1999	69.83	173.99	154.81	167.58	229.38	223.97	113.70	13.28	2.87	3.57	12.12	43.87	1,208.96



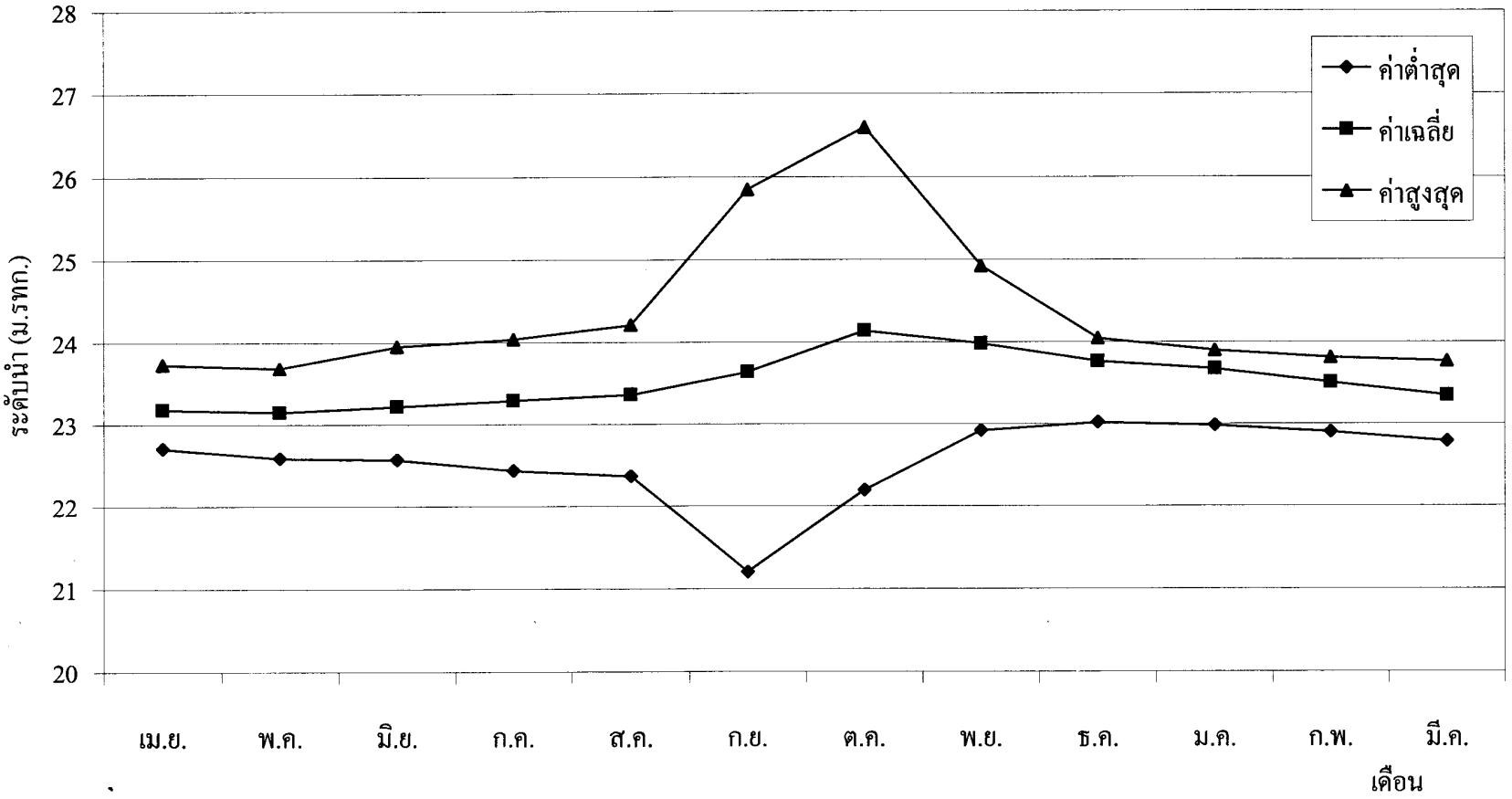
ภาพที่ 6 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ข้างเคียงพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

สถานีวัดน้ำท่า	รหัสสถานี	แม่น้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย,(ล้าน ลบ.ม.)													ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ (ล./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.	รายปี	
1. อ.ขาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	P.16	แม่น้ำปิง	45,677	1979-1999	618.60	589.34	580.31	395.67	498.65	908.13	1,020.49	608.08	339.13	264.38	418.46	554.38	6,795.62	4.72
2. อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์	P.17	แม่น้ำปิง	45,851	1965-1999	641.57	666.88	620.03	562.49	670.37	1,047.55	1,163.48	784.30	433.05	350.85	495.94	706.77	8,143.29	5.63
3. อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	N.54	คลองวังโป่ง	186	1999	6.48	12.59	15.29	16.07	29.73	52.62	11.52	7.26	1.07	0.27	-	-	-	-
4. อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	N.53	คลองบุษบง	111	1979-1999	0.23	2.34	6.81	5.26	9.90	18.15	6.72	1.84	0.64	0.31	0.11	0.31	52.62	15.03
5. อ.บางมูลนาก จ.พิจิตร	N.8	แม่น้ำน่าน	32,878	1965-1999	408.40	512.63	670.45	856.47	1,585.27	2,192.85	1,645.05	842.19	535.58	302.34	315.20	417.31	10,283.76	9.92
6. อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	N.14	แม่น้ำน่าน	33,110	1954-1970	91.22	161.84	360.87	599.16	1,447.74	2,458.65	2,232.80	974.54	312.25	149.28	97.69	102.25	8,988.30	8.61
7. อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	N.14A	แม่น้ำน่าน	33,182	1978-1999	511.25	645.23	846.42	940.14	1,657.55	2,155.16	1,935.64	1,051.94	631.59	296.10	388.79	532.42	11,592.22	11.08
8. อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	N.37	แม่น้ำปาบ	56,214	1967-1996	472.95	585.82	810.76	1,083.93	1,789.36	2,369.90	2,417.39	1,434.17	644.34	255.77	267.17	402.13	12,533.68	7.07
9. อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	Ct.5	น้ำแม่วง	795	1968-1970	3.27	31.26	17.46	13.30	38.10	66.61	93.65	65.32	8.62	12.56	5.06	4.15	359.37	14.33
10. อ.ขาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	Ct.5A	น้ำแม่วง	938	1969-1999	3.58	19.46	17.11	13.09	21.58	68.61	121.87	57.11	14.02	6.51	3.82	3.44	350.20	11.84
11. อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	Ct.5B	น้ำแม่วง	930	1988-1999	6.02	25.68	20.20	16.07	27.29	78.60	153.47	47.17	13.16	9.72	6.34	4.96	408.67	13.93
12. อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	Ct.4	น้ำวังมา	1,246	1975-1988	0.89	13.83	17.53	11.08	13.99	61.75	97.60	50.00	10.15	6.20	3.04	2.72	288.80	7.35
13. อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	Ct.6	ห้วยทับเสลา	519	1969-1975	0.89	4.92	6.51	4.72	9.23	39.22	79.27	36.60	14.80	4.00	1.48	1.00	202.64	12.38
14. อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	Ct.7	คลองโพธิ์	457	1975-1999	0.79	7.85	7.82	6.04	7.46	26.93	45.61	14.10	2.47	1.39	0.94	0.98	122.39	8.49
15. อ.ทับทัน จ.อุทัยธานี	Ct.8	น้ำแม่วง	3,410	1975-1978	0.39	6.54	10.31	66.21	27.21	127.98	187.81	82.04	8.50	2.34	1.03	0.56	520.92	4.84
16. กิ่งอ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	Ct.9	ห้วยทับเสลา	522	1977-1999	2.36	4.12	7.73	9.33	16.09	13.16	37.13	27.70	3.24	2.53	1.86	3.38	128.63	7.81
17. อ.เมือง จ.อุทัยธานี	Ct.2	แม่น้ำสะแกกรัง	3,865	1975	-	-	-	-	15.00	818.81	2,866.42	204.77	0.80	-	-	-	-	-
18. อ.เมือง จ.นครสวรรค์	C.2	แม่น้ำเจ้าพระยา	110,269	1999	871.80	1,025.16	1,278.27	1,412.99	2,322.31	3,939.10	5,057.76	2,729.93	1,242.90	635.12	676.28	894.98	22,086.60	6.35
19. อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี	C.24	คลองวังกระทุ่ม	1,281	1966-1976	0.12	1.67	0.42	0.88	9.00	61.30	48.41	3.73	1.54	1.43	0.51	0.14	129.15	3.20
20. อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี	C.25	ห้วยใหญ่	68	1966-1972	-	30.91	19.72	2.42	1.07	7.92	4.38	0.52	0.16	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4 ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือนในบึงบอระเพ็ด

ปี (พ.ศ.)	ระดับน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ม.รทก.)												เฉลี่ยรายปี
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	(ม.รทก.)
2527	-	-	-	-	-	-	22.66	24.10	23.93	23.75	23.65	23.48	23.60
2528	23.08	23.21	23.22	23.27	23.51	24.00	24.36	24.37	23.81	23.64	23.45	23.33	23.60
2529	23.14	23.15	23.15	23.01	23.08	23.80	23.86	23.90	23.85	23.75	23.63	23.54	23.49
2530	23.34	23.30	23.16	23.05	23.03	23.41	24.09	24.02	23.85	23.59	23.47	23.38	23.47
2531	23.37	23.43	23.45	23.35	23.35	23.51	24.00	24.26	23.95	23.69	23.45	23.19	23.58
2532	23.15	23.12	23.10	-	-	-	-	-	23.41	23.41	23.30	23.29	23.25
2533	23.33	-	-	-	-	-	-	22.92	23.86	23.80	23.40	23.74	23.51
2534	23.13	23.30	-	-	-	23.18	24.40	23.40	23.24	-	-	-	23.44
2535	-	-	-	-	-	21.20	22.19	23.76	23.97	23.88	23.81	23.77	23.23
2536	23.73	23.63	23.67	23.61	23.61	23.61	23.51	23.22	23.02	22.98	22.90	22.79	23.36
2537	22.70	22.76	22.88	22.88	23.09	24.02	24.49	23.99	23.55	23.38	23.34	23.29	23.36
2538	23.21	22.99	23.34	23.74	24.21	25.85	26.60	24.47	23.94	23.82	23.67	23.51	24.11
2539	23.24	23.04	23.13	23.24	22.85	23.58	25.55	24.93	24.05	23.88	23.63	23.35	23.70
2540	23.19	22.98	22.57	22.44	22.37	22.61	23.34	23.90	23.86	23.74	23.59	23.20	23.15
2541	22.91	22.59	23.04	23.57	23.71	24.01	24.22	24.05	23.93	23.76	23.55	23.29	23.55
2542	23.26	23.69	23.95	24.04	23.95	23.96	24.23	24.44	24.02	23.90	23.72	23.39	23.88
2543	23.23	23.28	23.58	23.88	23.86	24.05	24.36	24.16	23.97	23.71	23.41	23.03	23.71
2544	22.94	22.82	22.85	22.72	23.07	23.76	24.40	23.83	23.59	23.77	23.62	-	23.40
ค่าเฉลี่ย	23.18	23.15	23.22	23.29	23.36	23.64	24.14	23.98	23.77	23.67	23.51	23.35	23.52
ค่าสูงสุด	23.73	23.69	23.95	24.04	24.21	25.85	26.60	24.93	24.05	23.90	23.81	23.77	24.11
ค่าต่ำสุด	22.70	22.59	22.57	22.44	22.37	21.20	22.19	22.92	23.02	22.98	22.90	22.79	23.15



ภาพที่ 7 ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ.2536 - 2544

<u>สภาพคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ด</u>

1. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2537) ได้จัดทำแผนการจัดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติบึงบอระเพ็ดในปี 2537 ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ดในอดีตเมื่อปี 2524 2528 และ 2535 ดังแสดงในตารางที่ 5 สรุปได้ดังนี้

ก. ค่า pH ของน้ำในบึงบอระเพ็ดมีค่าระหว่าง 5.5-8.1 ซึ่งมีความแตกต่างกันพอสมควรทั้งๆ ที่การเก็บตัวอย่างกระทำในช่วงเดือนใกล้เคียงกันแต่ช่วงปีต่างกัน

ข. ค่า DO ในบึงบอระเพ็ดในอดีตมีค่าอยู่ระหว่าง 5.3-10.1 มก./ล. โดยในช่วงที่มีค่า DO สูงสุดคือ 10.1 มก./ล. เป็นช่วงที่มีการบูรณะบึงบอระเพ็ดในปี พ.ศ. 2535

ค. ค่า BOD ของน้ำในบึงบอระเพ็ดในภาวะปกติในอดีตมีค่า 2.45-2.50 มก./ล. ปรากฏว่าในช่วงที่มีการบูรณะบึงโดยการขุดลอกพบว่าค่า BOD ของน้ำสูงขึ้นถึง 8.0 มก./ล. ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการขุดลอกบึง

จากรายงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในอดีตดังที่กล่าวมาแล้ว ไม่สามารถจะสรุปถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดได้ เนื่องจากมีข้อมูลเพียงบางลักษณะสมบัติ และมีข้อมูลน้อยมาก

2. กรมชลประทานได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา (2545) ศึกษาโครงการการพัฒนาบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยดำเนินการจัดเก็บตัวอย่างน้ำและทดสอบพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำบริเวณต่างๆ ทั้งในบึงบอระเพ็ด บริเวณคลองสาขาของบึงบอระเพ็ดก่อนจะไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด และบริเวณน้ำไหลออกจากบึงบอระเพ็ดครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนธันวาคม 2544 และครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2545 ดังแสดงในตารางที่ 6 สรุปได้ดังนี้

(1) คุณสมบัติทางกายภาพ ผลการตรวจวิเคราะห์ พบว่ามีค่าอุณหภูมิของน้ำในบึงบอระเพ็ดครั้งที่ 2 อยู่ในช่วงระหว่าง 28.7-31.3 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงการเก็บตัวอย่างครั้งแรกซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 27.5-29.7 องศาเซลเซียส เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูร้อน ค่า pH ของน้ำมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.9-8.8 ค่า pH ดังกล่าวจัดอยู่ในช่วงปกติของแหล่งน้ำทั่วไปและอยู่

ตารางที่ 5 ข้อมูลคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ดจากรายงานจัดทำแผนการจัดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติบึงบอระเพ็ด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	กรกฎาคม 2524 ค่าเฉลี่ย*	กรกฎาคม 2528 ค่าเฉลี่ย*	มิถุนายน 2535 (ในช่วงบูรณะบึง) ค่าเฉลี่ย**	พฤศจิกายน 2535 (หลังการเก็บกักน้ำ) ค่าเฉลี่ย**
1. pH	-	5.50	8.10	7.70	6.80
2. ออกซิเจนละลายน้ำ(DO)	มก./ล.	-	6.70	10.10	5.30
3. BOD	มก./ล.	2.45	2.50	8.00	-
4. ความกระด้าง	มก./ล.	-	66.00	67.30	75.00
5. ความเป็นด่าง	มก./ล.	-	92.00	105.00	75.00
6. COD	มก./ล.	40.50	-	-	40.60
7. ฟอสฟอรัส	มก./ล.	0.45	-	0.00	0.00
8. ไนเตรท	มก./ล.	-	0.18	1.43	0.47

หมายเหตุ

* จำนวนจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 5 สถานี ได้แก่
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บ้านรางจิก
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 หัวดง
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลองกรูด
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ท่าดินแดง
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ตรงกลางบึง

** จำนวนจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 3 สถานี ได้แก่
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 หน้าสันเขื่อน บ้านแหลมหลวง
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ตรงกลางบึง บ้านหัวดง
- จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ท้ายบึง บ้านเนินระฆัง

ที่มา: รายงานจัดทำแผนการจัดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติบึงบอระเพ็ด, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2537

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณพื้นที่โครงการบึงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์

ดัชนีคุณภาพน้ำผิวดิน	หน่วย	แหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3*[1]	มาตรฐานน้ำชลประทาน *[2]	เกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำ*[3]	จุดเก็บตัวอย่าง							
					คลองลำเข็ดดง		คลองท่าตะโก		คลองบอน		คลองขุด	
					ธ.ค.44	ก.พ.45	ธ.ค.44	ก.พ.45	ธ.ค.44	ก.พ.45	ธ.ค.44	ก.พ.45
1. อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	ธรรมชาติ		23-32	27.5	30.1	27.3	29	29.5	28.7	29.6	30.8
2. ความลึก	ม.				1.8	1.5	1.5	1.2	1.8	1.5	4	0.7
3. ความโปร่งแสง	ซม.			30-60	15	20	70	70	210	150	19	75
4. ความขุ่น	NTU				135	56.9	15.3	17.8	1.4	3.34	102	22.3
5. ความนำไฟฟ้า	S/cm		ไม่เกิน 3000		314	265.8	260	230.4	225	226.2	220	230.4
6. ความเค็ม	ppt				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
7. ออกซิเจนละลายน้ำ	มก./ล.	ไม่ต่ำกว่า 4		ไม่ต่ำกว่า 3	3.6	2.67	2.7	1.97	9.7	4.27	9.75	5.19
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-	5-9	5-9	5-9	8.1	7.3	8.1	7.44	8.1	7.02	8.2	7.37
9. ความเป็นด่าง	มก./ล. ของ $CaCO_3$				115	102	95	99	74	90	73	82
10. ความกระด้าง	มก./ล. ของ $CaCO_3$				113	86	84	91	128	79	72	89
11. ค่าบีโอดี	มก./ล.	ไม่เกิน 2			1.8	2.8	1.6	2	2	2	2.2	1.4
12. ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.		ไม่เกิน 1400	ไม่เกิน 5000	256	148	162	142	164	140	132	121
13. ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.			ไม่เกิน 400	64	44	11	15.2	2.4	3.6	80	39
14. ไนเตรท	มก./ล.	5	ไม่เกิน 10		0.1	0.22	0.04	0.02	0.04	0.02	0.22	0.01
15. ฟอสเฟต	มก./ล.				0.01	0.06	0.01	0.03	0.01	0.03	0.36	0.12
16. โซเดียม	มก./ล.				25.81	28.52	23.84	26.92	20.51	25.36	19.49	24.35
17. แคลเซียม	มก./ล.				17.34	10.95	12.78	10.69	10.19	9.63	9.55	7.7
18. แมกนีเซียม	มก./ล.				6.33	4.39	4.3	4.41	4.01	4.08	3.75	3.91
19. คลอไรด์	มก./ล.		ไม่เกิน 700		14	24	15	24	18	24	18	24
20. ซัลเฟต	มก./ล.		ไม่เกิน 900		5.5	0.5	9.5	0.5	10	2.5	3.5	0.5
21. Sodium Absorption Ratio	-		4		1.35	1.84	1.47	1.74	1.38	1.72	1.35	1.78
22. Residual Sodium Carbonate	มก./ล.		ไม่เกิน 2.5		1.69	1.81	1.55	1.74	1.14	1.58	1.17	1.47
23. เหล็กทั้งหมด	มก./ล.		ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 0.3	3.938	2.071	1.283	1.063	0.261	0.385	0.138	0.337
24. แมงกานีส	มก./ล.	1	ไม่เกิน 0.2		0.17	0.162	0.355	0.118	0.027	0.028	0.024	0.014
25. คะดัว	มก./ล.	0.05	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 0.05	0.005	0.002	0.052	0.007	0.025	0.003	0.005	0.002
26. ปรอท	มก./ล.	0.002	-	ไม่เกิน 0.005	0.001	0.001	0.002	<.001	<.001	0.001	<.001	0.002
27. สังกะสี	มก./ล.	1	ไม่เกิน 2.5	ไม่เกิน 0.01	0.03	0.059	0.02	0.054	0.085	0.173	0.034	0.049
28. ทองแดง	มก./ล.	0.1	ไม่เกิน 0.2	ไม่เกิน 0.02	0.005	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
29. แคดเมียม	มก./ล.	0.005	ไม่เกิน 0.01	ไม่เกิน 0.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
30. โครเมียม	มก./ล.	0.05	ไม่เกิน 0.1		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
31. ฟีคอลโคลิฟอร์ม	MPN/100 ml	ไม่เกินกว่า 4000			350	700	240	170	11	240	49	800
32. โคลิฟอร์มทั้งหมด	MPN/100 ml				920	1100	500	300	17	500	70	1100
33. สารกำจัดศัตรูพืช												
DDT	ไมโครกรัม/ลิตร	1		ไม่เกิน $0.5x10^{-3}$	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND
BHC	ไมโครกรัม/ลิตร	0.02			ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1			ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1		ไม่เกิน $0.2x10^{-3}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ไมโครกรัม/ลิตร	None		ไม่เกิน $0.01x10^{-3}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor & Heptachlor Epoxide	ไมโครกรัม/ลิตร	0.2		ไม่เกิน $0.4x10^{-3}$	0.01	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.02

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำผิวดิน	หน่วย	แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3*[1]	มาตรฐานน้ำชลประทาน *[2]	เกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำ*[3]	จุดเก็บตัวอย่าง					
					บึงบอระเพ็ด		บึงบอระเพ็ด		ท้ายฝายบึงบอระเพ็ด	
					ธ.ค.44	ก.พ.45	ธ.ค.44	ก.พ.45	ธ.ค.44	ก.พ.45
1. อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	ธรรมชาติ		23-32	29.7	31.3	28.5	29.7	27.8	28.5
2. ความลึก	ม.				4	3.7	2	1.7	2	1.7
3. ความโปร่งแสง	ซม.			30-60	160	120	100	80	100	75
4. ความขุ่น	NTU				2.1	5.3	8	2.42	3.7	6.28
5. ความนำไฟฟ้า	S/cm		ไม่เกิน 3000		384	212.1	219	228.2	211	224.8
6. ความเค็ม	ppt				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
7. ออกซิเจนละลายน้ำ	มก./ล.	ไม่ต่ำกว่า 4		ไม่ต่ำกว่า 3	9.6	7.78	8.73	4.6	7.94	4.78
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-	5-9	5-9	5-9	8.1	8.8	8.1	6.9	7.9	6.89
9. ความเป็นด่าง	มก./ล. ของ $CaCO_3$				73	80	74	90	75	93
10. ความกระด้าง	มก./ล. ของ $CaCO_3$				69	91	68	80	70	106
11. ค่าบีโอดี	มก./ล.	ไม่เกิน 2			2	1.4	1.6	2.4	1.2	1.6
12. ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.		ไม่เกิน 1400	ไม่เกิน 5000	128	112	130	142	127	162
13. ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.			ไม่เกิน 400	2.2	5.6	5.8	1.8	5	2.5
14. ไนเตรท	มก./ล.	5	ไม่เกิน 10		0.02	0.01	0.06	0.09	0.02	0.06
15. ฟอสเฟต	มก./ล.				0.01	0.2	0.01	0.03	0.01	0.06
16. โซเดียม	มก./ล.				20.34	23.41	20.01	22.86	20.01	37.01
17. แคลเซียม	มก./ล.				9.97	9.53	9.9	9.81	10.27	10.66
18. แมกนีเซียม	มก./ล.				3.82	3.95	3.79	4.17	3.78	5.9
19. คลอไรด์	มก./ล.		ไม่เกิน 700		18	23	18	24	18	26
20. ซัลเฟต	มก./ล.		ไม่เกิน 900		8	1	7	1.5	7	3
21. Sodium Absorption Ratio	-		4		1.39	1.6	1.37	1.54	1.36	2.25
22. Residual Sodium Carbonate	มก./ล.		ไม่เกิน 2.5		1.15	1.61	1.1741	1.3	1.0564	1.82
23. เหล็กทั้งหมด	มก./ล.		ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 0.3	0.176	0.206	0.42	0.339	0.443	0.341
24. แมงกานีส	มก./ล.	1	ไม่เกิน 0.2		0.026	0.078	0.048	0.086	0.136	0.092
25. สังกะสี	มก./ล.	0.05	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 0.05	0.005	0.002	0.007	0.004	0.024	0.01
26. ปรอท	มก./ล.	0.002	-	ไม่เกิน 0.005	<.001	0.001	<.001	0.001	0.001	<.001
27. สังกะสี	มก./ล.	1	ไม่เกิน 2	ไม่เกิน 0.01	0.037	0.151	0.021	0.061	0.033	0.136
28. ทองแดง	มก./ล.	0.1	ไม่เกิน 0.2	ไม่เกิน 0.02	0.005	0.001	<.001	<.001	<.001	<.001
29. แคดเมียม	มก./ล.	0.005	ไม่เกิน 0.01	ไม่เกิน 0.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
30. โครเมียม	มก./ล.	0.05	ไม่เกิน 0.1		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
31. ฟีคอลโคลิฟอร์ม	MPN/100 ml	ไม่เกินกว่า 4000			7	70	23	500	46	130
32. โคลิฟอร์มทั้งหมด	MPN/100 ml				9	90	30	700	70	170
33. สารกำจัดศัตรูพืช										
DDT	ไมโครกรัม/ลิตร	1		ไม่เกิน $0.5x10^{-3}$	ND	ND	ND	0.02	ND	ND
BHC	ไมโครกรัม/ลิตร	0.02			ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1			ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1		ไม่เกิน $0.2x10^{-3}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ไมโครกรัม/ลิตร	None		ไม่เกิน $0.01x10^{-3}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor & Heptachlor Epoxide	ไมโครกรัม/ลิตร	0.2		ไม่เกิน $0.4x10^{-3}$	0.01	0.01	ND	0.01	ND	0.011

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล

ที่มา 1* กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2537

2* International Irrigation Information Center (Shainberg and Oster, 1978)
และฝ่ายเกษตรชลประทาน กรมชลประทาน 2531

3* สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง, 2530

ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ สำหรับความขุ่นของน้ำในบึงบอระเพ็ดในครั้งที่ 2 อยู่ในช่วงระหว่าง 2.42-22.3 NTU และมีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) สำหรับครั้งที่ 2 อยู่ในช่วงระหว่าง 2.2-86 มก./ล. ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 มีค่าต่ำกว่าครั้งแรก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวเป็นช่วงต้นฤดูแล้ง ไม่มีสภาพน้ำหลาก การกัดเซาะจึงลดลงทำให้มีปริมาณตะกอนแขวนลอยและความขุ่นต่ำลงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสถานีที่ 4 ซึ่งอยู่บริเวณท้ายชุมชนทับกฤช มีค่า SS สูงถึง 39 มก./ล. ซึ่งอาจมีสาเหตุจากน้ำทิ้งจากชุมชน และมีการขุดลอกบึง เป็นที่น่าสังเกตเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 1 ว่าความขุ่นและปริมาณสารแขวนลอยในคลองที่ระบายลงบึงมีค่าสูงกว่าภายในบึง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำในลำน้ำสาขายังมีการไหลของน้ำขณะที่น้ำภายในบึงมีสภาพที่นิ่ง ตะกอนจึงตกลงมาก ทั้งนี้ยกเว้นบริเวณที่มีการขุดลอกบึงและมีการระบายน้ำตะกอนลงสู่บึงซึ่งทำให้น้ำในบึงมีความขุ่นสูงส่วนน้ำที่ระบายออกจากบึงก็มีความขุ่นต่ำเนื่องจากผลของการตกตะกอน

(2) คุณสมบัติทางเคมี ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในบึงบอระเพ็ดมีปริมาณสูงกว่าลำน้ำสาขานอกบึงบอระเพ็ด คือมีค่าอยู่ในระหว่าง 4.20-7.78 มก./ล. ในขณะที่ลำน้ำสาขาที่ไหลลงบึงมีค่า DO ต่ำ คือ 1.97-2.67 มก./ล. ทั้งมีอาจเนื่องจากลำน้ำสาขาดังกล่าวไหลผ่านพื้นที่เกษตรและชุมชน จึงได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลจากชุมชน อนึ่งจากระยะเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำสองครั้งในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูแล้งจะเห็นว่าในช่วงฤดูแล้งค่า DO ของน้ำที่ไหลเข้าบึงมีค่าต่ำกว่าในช่วงปลายฤดูฝน โดยบางจุดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน สำหรับค่าบีโอดีของการสำรวจครั้งที่ 2 มีค่าสอดคล้องกันคือ มีค่าอยู่ในระหว่าง 1.4-2.4 มก./ล. ในบึง และ 2.0-2.8 มก./ล. สำหรับคลองที่ระบายลงสู่บึง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงในคลองมีความสกปรกมากกว่าในบึง ส่วนปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตพบว่ามีค่าต่ำ คือ 0.01-0.22 มก./ล. และ 0.03-0.20 มก./ล. ตามลำดับ

สำหรับโลหะหนัก ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว ปรอท และทองแดง ตรวจพบในปริมาณที่ต่ำมากและน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชประเภท DDT, Heptachlor และ Heptachlor Expoxide ทั้งในบึงบอระเพ็ดและนอกบึงบอระเพ็ด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 (ในบึง) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (นอกบึง) แต่ตรวจพบในปริมาณที่ต่ำมาก คือ 0.01-0.02 ไมโครกรัม/ล. ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่ได้กำหนดไว้คือ ปริมาณ DDT, Heptachlor และ Heptachlor Expoxide มีค่าไม่เกิน 1.0 และ 0.2 ไมโครกรัม/ล.

ตามลำดับ โดยโลหะหนักที่ตรวจพบดังกล่าวน่าจะมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในบริเวณพื้นที่นา ซึ่งอยู่โดยรอบบึง

(3) คุณสมบัติทางชีวภาพ ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม ของการสำรวจครั้งที่ 2 ทั้งในบึงและนอกบึงบอระเพ็ด พบว่ามีค่าสูงกว่าการสำรวจครั้งแรก กล่าวคือ มีค่าอยู่ในระหว่าง 70-800 MPN/100 มล. (ครั้งที่ 2) และ 7-350 MPN/100 มล. (ครั้งที่ 1) โดยเฉพาะจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (ในบึงบอระเพ็ดบริเวณท้ายชุมชนทับกฤช) มีปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มสูงถึง 800 MPN/100 มล. ทั้งนี้เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวเป็นบริเวณท้ายชุมชนทับกฤช ซึ่งคาดว่าอาจจะได้รับการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งน้ำเสียจากชุมชนทับกฤช แต่อย่างไรก็ตามยังมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้กล่าวคือไม่เกิน 4,000 MPN/100 มล.

(4) การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดในอดีตและปัจจุบัน จากการตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำในบึงบอระเพ็ดจำนวน 2 ครั้ง และเมื่อนำผลการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับลักษณะสมบัติของน้ำในบึงบอระเพ็ดที่ทำการตรวจวิเคราะห์ไว้ในอดีต ปรากฏว่าลักษณะของน้ำในบึงบางตัวที่ทำการตรวจวิเคราะห์ไว้ ปรากฏว่ายังไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเกี่ยวกับลักษณะสมบัติของน้ำในบึงบอระเพ็ด ลักษณะสมบัติดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วย pH, DO และ BOD ส่วนลักษณะสมบัติด้านอื่นๆ ยังไม่สามารถเปรียบเทียบได้ เนื่องจากข้อมูลในอดีตที่รวบรวมได้ไม่มีการตรวจวัดไว้

จากผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำในบึงบอระเพ็ดจำนวน 2 ครั้ง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินซึ่งไม่ใช่น้ำทะเลของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2537) ตลอดจนมาตรฐานน้ำเพื่อการชลประทาน และเกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ปรากฏว่าลักษณะสมบัติของน้ำในบึงบอระเพ็ดส่วนใหญ่จัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน และสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการชลประทานและการส่งเสริมการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าคุณภาพน้ำในคลองที่ไหลเข้าสู่บึงบอระเพ็ด ได้แก่ คลองบอน และคลองขุด จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งสองครั้งปรากฏว่าน้ำมีค่า DO ค่อนข้างต่ำและมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณริมสองฝั่งของคลองดังกล่าวเป็นที่ตั้งของชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งทำหน้าที่รวบรวมน้ำจากพื้นที่รับน้ำบริเวณกว้าง ก่อนที่จะระบายลงสู่บึงบอระเพ็ดทำให้เกิดการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์ ซึ่งในอนาคตคุณภาพน้ำในคลองทั้งสองน่าจะเสื่อมโทรมลงไปมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์

2. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 10,000 บริเวณบึงบอระเพ็ด แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 และ 1: 250,000 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

3. เครื่องมือวัดพื้นที่และเครื่องมือวัดระยะทาง

4. อุปกรณ์สำรวจภาคสนามได้แก่ GPS (grobal position system) เทปวัดระยะ อุปกรณ์วัดความเร็วกระแสน้ำ เครื่องมือทดสอบค่า DO และเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับทดสอบค่า BOD เป็นต้น

5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึก

2. สำรวจและเก็บข้อมูลในสนาม

เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาของบึงบอระเพ็ดที่ได้มีการจดบันทึกไว้มีเพียงข้อมูลของระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดเท่านั้น แต่สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทั้งที่เป็นด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง และข้อมูลสำหรับเป็นตัวสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด ข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด ข้อมูลความเร็วและทิศทางของลม ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลการระเหย ข้อมูลความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึง

บอระเพ็ด และข้อมูลคุณภาพน้ำที่ประกอบด้วย ค่า DO และ BOD ในบึงบอระเพ็ด ในลำน้ำที่ไหลลงสู่บึง และบริเวณที่น้ำไหลออกจากบึงบอระเพ็ด

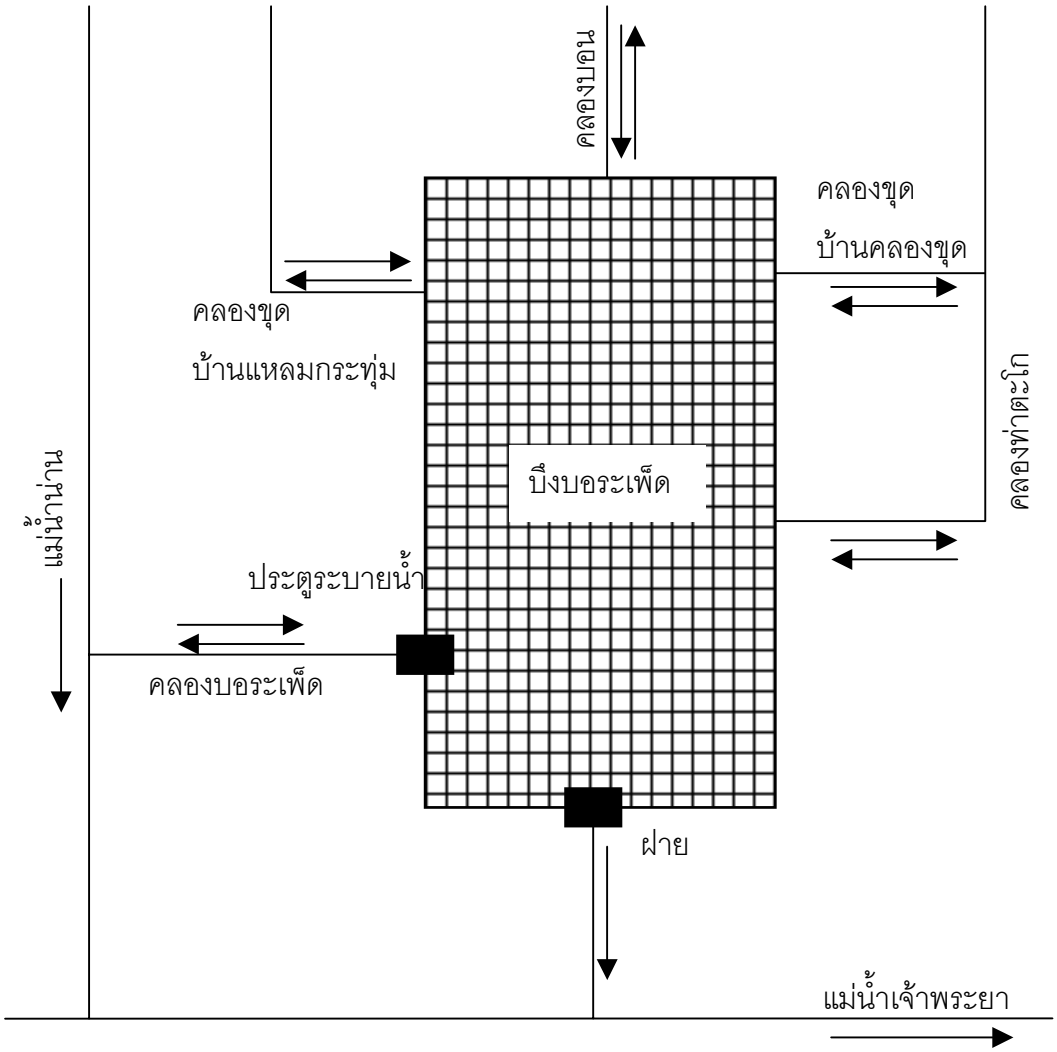
สำหรับการสำรวจและเก็บข้อมูลในสนามในครั้งนี้ ผู้ทำงานวิจัยได้ร่วมกับคณะพร้อมด้วยคณะสำรวจทางอุทกวิทยาของศูนย์อุทกวิทยาภาคกลาง กรมชลประทาน สำรวจและเก็บข้อมูลในสนาม ในขั้นต้นได้สำรวจสภาพโดยทั่วไปของบึงบอระเพ็ดเพื่อกำหนดจุดสำรวจ ผลจากการสำรวจทำให้ทราบระบบแหล่งน้ำของบึงบอระเพ็ดดังแสดงในภาพที่ 8 และได้กำหนดจุดสำรวจโดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ

ก. จุดสำรวจบริเวณลำน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ดจำนวน 6 จุดได้แก่

1. ฝาย
2. คลองบอระเพ็ด
3. คลองขุดบ้านแหลมกระทุ่ม
4. คลองบอน
5. คลองขุดบ้านคลองขุด
6. คลองท่าตะโก

ข. จุดสำรวจในบึงบอระเพ็ด การกำหนดจุดสำรวจในบึงบอระเพ็ดมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจุดสำรวจข้อมูลทั้งทางด้านชลศาสตร์และคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดให้เพียงพอสำหรับใช้ในการศึกษาแบบจำลอง เนื่องจากบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่และมีความหลากหลายของสภาพบึงเช่น บางส่วนของบึงเป็นพื้นที่ที่มีบัวขึ้นปกคลุม บางส่วนน้ำตื้นประมาณ 1 – 2 ม. บางส่วนน้ำลึกถึง 5 – 6 ม. ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ของบึงบอระเพ็ดตามลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 9 ดังนั้นจึงได้กำหนดจุดสำรวจในบึงบอระเพ็ดเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่บึงบอระเพ็ดตามลักษณะต่าง ๆ จำนวน 4 จุดดังนี้

1. บริเวณกลางบึงบอระเพ็ดซึ่งเป็นตัวแทนของบึงที่มีลักษณะเป็นที่โล่ง น้ำค่อนข้างลึก
2. บริเวณน้ำสีคล้ำใกล้กับอุทยานนกน้ำซึ่งเป็นตัวแทนของบึงที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีวัชพืชปกคลุม น้ำค่อนข้างตื้น มีวัชพืชขึ้นปกคลุม



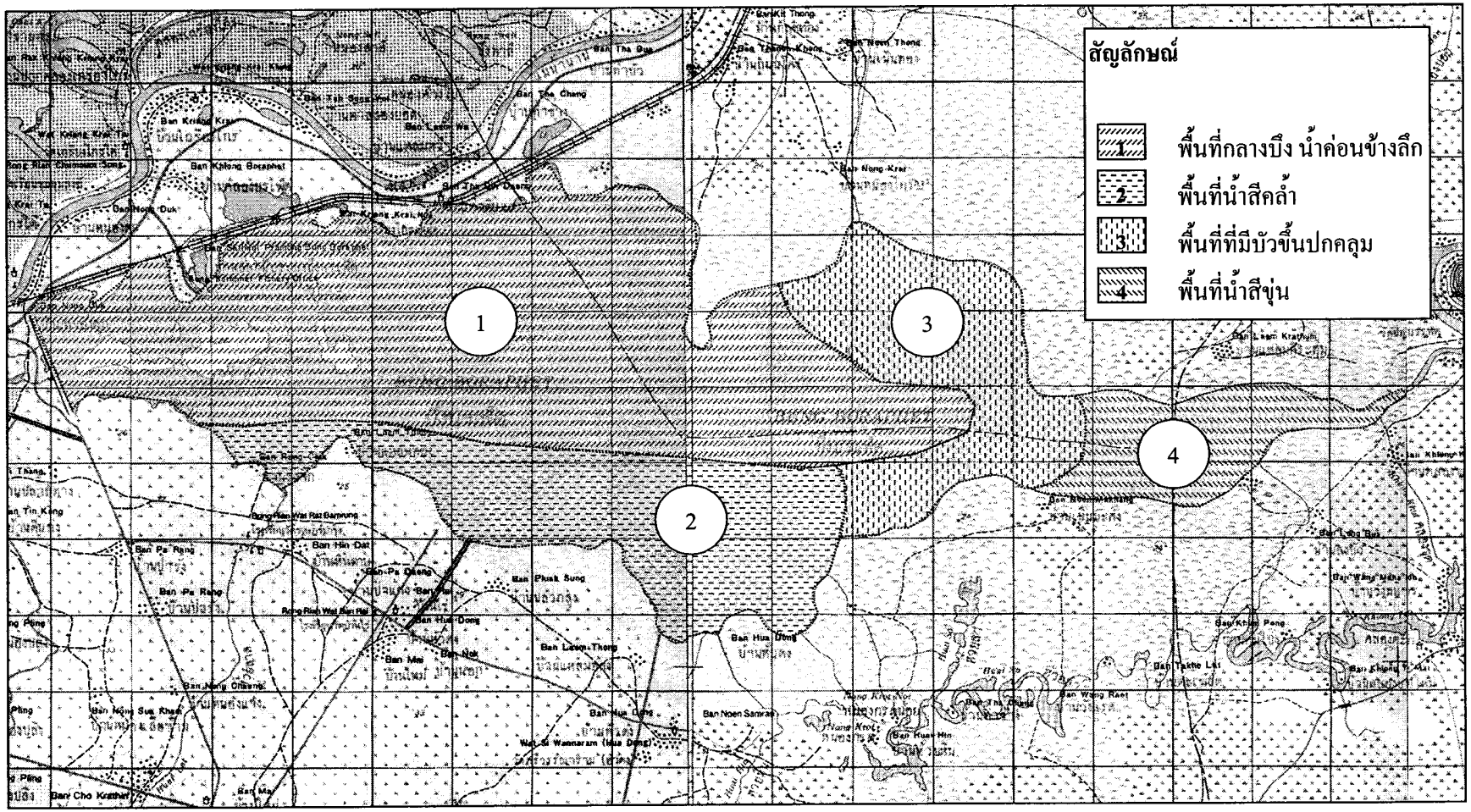
สัญลักษณ์

ลำน้ำ

ทิศทางการไหล

อาคารบังคับน้ำ

ภาพที่ 8 แผนผังระบบแหล่งน้ำของบึงบอระเพ็ด



ภาพที่ 9 การแบ่งพื้นที่ย่อยของบึงบอระเพ็ด

3. บริเวณบัวซึ่งเป็นตัวแทนของบึงที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีบัวคลุม น้ำค่อนข้างลึก มีบัวขึ้นปกคลุม

4. บริเวณน้ำสีขุ่นซึ่งเป็นตัวแทนของบึงที่พึ่งได้รับน้ำมาจากคลองบอนน้ำมีลักษณะสีขุ่นเนื่องจากมีตะกอนแขวนลอยมาก น้ำค่อนข้างตื้น

รายละเอียดของจุดสำรวจแสดงในภาพที่ 10 และ ตารางที่ 7

2.1 การสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด

ในการสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ดได้ใช้เครื่องมือ เจ้าหน้าที่ รวมถึงมาตรฐานการสำรวจของชุดสำรวจทางอุทกวิทยา ศูนย์อุทกวิทยาภาคกลาง กรมชลประทาน รายละเอียดของการสำรวจมีดังนี้

2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ : เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ (current meter) ไม้ระดับวัดความลึกน้ำ เทปวัดระยะ นาฬิกาจับเวลา

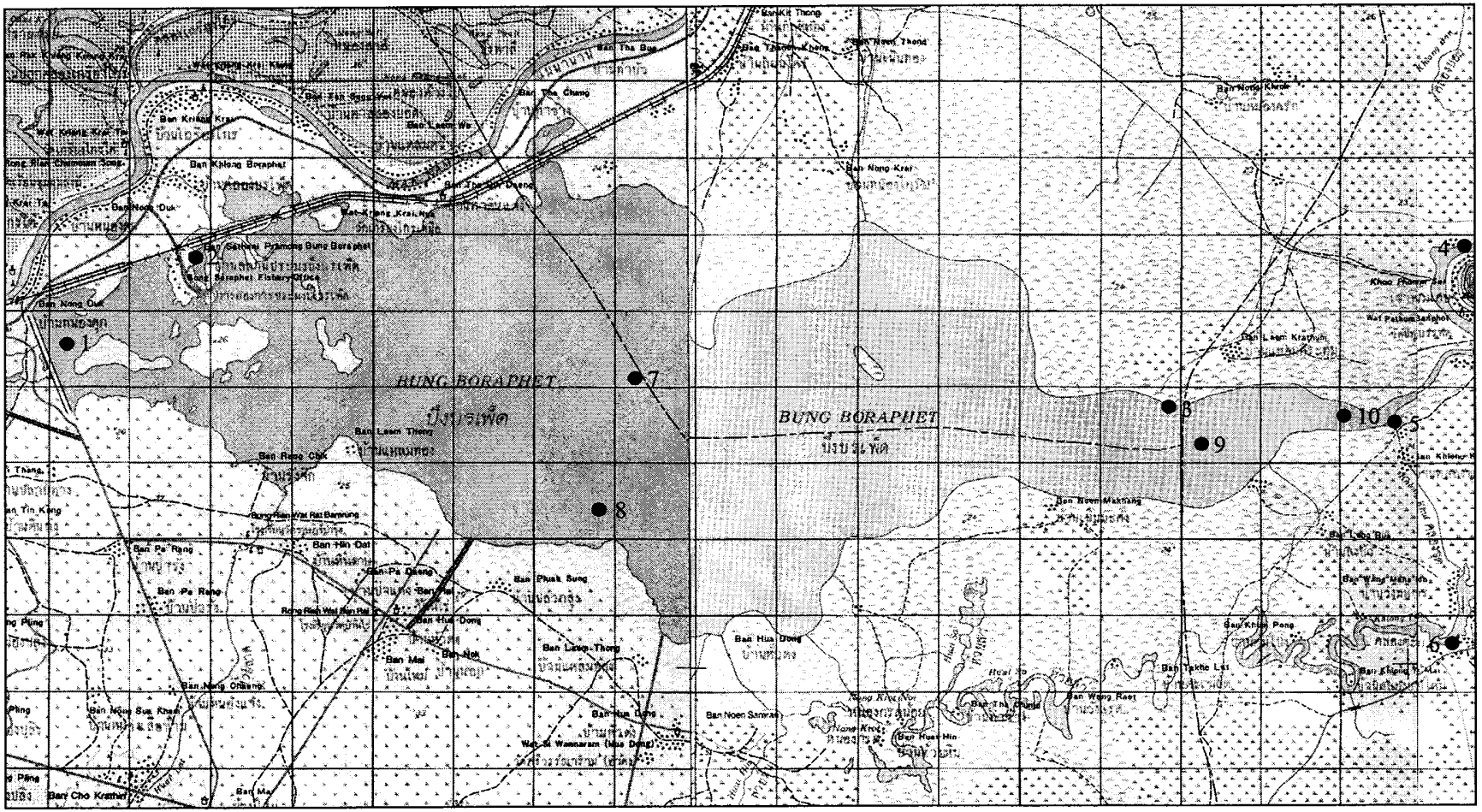
2.1.2 การกำหนดจุดสำรวจ : การกำหนดจุดสำรวจเพื่อวัดปริมาณน้ำนั้นต้องเลือกตำแหน่งบนลำน้ำให้ได้ลักษณะที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

1) ต้องเป็นช่วงที่มีลำน้ำตรงไม่คดเคี้ยว ช่วงที่ตรงนี้อย่างน้อยควรมากกว่า 5 เท่าของความกว้างลำน้ำ

2) ต้องเป็นช่วงลำน้ำที่มีรูปหน้าตัดเท่าๆ กันตลอด โดยควรมีความลึกสม่ำเสมอ ซึ่งจะเป็นลักษณะที่ทำให้น้ำไหลได้คงตัวดี ถ้าหาเช่นที่ว่านี้ไม่ได้ ก็อาจหาช่วงลำน้ำตรงที่มีรูปหน้าตัดค่อยๆ เพิ่มมากขึ้น หรือค่อยๆ ลดน้อยลงก็ได้ ไม่ควรเลือกช่วงลำน้ำที่มีรูปหน้าตัดเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมา

3) รูปหน้าตัดของลำน้ำควรเป็นรูป Parabola

4) ตรงจุดที่วัด เมื่อเกิดปริมาณน้ำหลากนองสูงสุด ไม่ควรท่วมตลิ่ง



ภาพที่ 10 ตำแหน่งจุดสำรวจที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ตารางที่ 7 รายชื่อและรายละเอียดของจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม

จุดสำรวจ	ตำแหน่ง	ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำ	คุณภาพน้ำ	ความเร็วกระแสน้ำ	หมายเหตุ
1	ฝาย	✓	✓	✓	✗	-
2	คลองบอระเพ็ด	✓	✓	✓	✗	ปตร.คลองบอระเพ็ดปิด
3	คลองขุดบ้านแหลมกระทุ่ม	✗	✓	✓	✗	-
4	คลองบอน	✓	✓	✓	✗	-
5	คลองขุดบ้านคลองขุด	✗	✓	✓	✗	-
6	คลองท่าตะโก	✓	✓	✓	✗	-
7	บึงบอระเพ็ดบริเวณกลางบึง	✗	✗	✓	✓	-
8	บึงบอระเพ็ดบริเวณน้ำดำ	✗	✗	✓	✓	-
9	บึงบอระเพ็ดบริเวณบัว	✗	✗	✓	✓	-
10	บึงบอระเพ็ดบริเวณน้ำขุ่น	✗	✗	✓	✓	-

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง สำรวจ

✗ หมายถึง ไม่สำรวจ

5) ใต้จุดที่วัดลงไป ต้องไม่มีลำน้ำสาขาอื่นไหลมารวมในระยะใกล้พอที่จะทำให้น้ำเท้อได้ เพราะจะทำให้ระดับน้ำที่จุดวัดเปลี่ยนแปลงผิดความจริง หรือถ้าจะวัดในลำน้ำสาขาก็ต้องไม่ให้ตั้งอยู่ในระยะที่ไม่ให้ระดับน้ำจากแม่น้ำใหญ่มากระทบกระเทือนได้เช่นกัน

6) ลักษณะพื้นท้องน้ำ และตลิ่งบริเวณจุดที่เลือกควรจะไม่เกิดการกัดเซาะ หรือตกตะกอน ซึ่งจะกระทบกระเทือน ทำให้ระดับน้ำเปลี่ยนไปแม้ปริมาณน้ำจะคงเดิม

7) ถ้าวัดปริมาณน้ำท้ายอาคารต่าง ๆ จะต้องให้อยู่ใต้ลงไปมากพอให้พ้นระยะที่น้ำยังปั่นป่วนอยู่ คือให้เลือกตรงที่น้ำไหลสม่ำเสมอเป็นปกติแล้ว

2.1.3 วิธีการที่ใช้ : การคำนวณปริมาณน้ำที่วัดได้จากจุดสำรวจจะใช้วิธี ความเร็ว-พื้นที่หน้าตัด (velocity-area method) โดยจำเป็นต้องสำรวจหาพื้นที่หน้าตัดและความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดนั้นไป เมื่อเลือกจุดที่จะทำการวัดปริมาณน้ำได้แล้วจะต้องทำการสำรวจรูปตัดของลำน้ำและพล็อตไว้เป็นหลักฐาน รูปตัดลำน้ำนี้จะต้องขวางลำน้ำให้ตั้งฉากกับกระแสน้ำไหล แล้วปักเสาไว้ทั้งสองฝั่ง ขึงลวดสลิงให้แข็งแรงข้ามลำน้ำไว้ใช้สำหรับโยงเรือที่จะทำการวัด แนวลวดสลิงนี้เรียกว่าแนววัดปริมาณน้ำ ต่อจากนั้นก็สร้างเสาระดับน้ำที่จะอ่านระดับน้ำขณะทำการวัดได้ทุกขณะ ไม่ว่าระดับน้ำจะขึ้นลงสูงต่ำเท่าใดก็ตาม แต่สำหรับการสำรวจครั้งนี้บางจุดสำรวจมีสะพานข้ามลำน้ำอยู่จึงได้เลือกจุดสำรวจบริเวณสะพานเพื่อความสะดวกในการสำรวจ เนื่องจากลำน้ำที่จะดำเนินการสำรวจในครั้งนี้กว้างเกินกว่าที่จะวัดเพียงจุดเดียวแล้วใช้เป็นค่าแทนทั้งลำน้ำได้ การวัดปริมาณน้ำจึงนิยมแบ่งรูปตัดของลำน้ำออกเป็นส่วนๆ (partial section) ห่างกันพอสมควร แต่ละส่วนจะแบ่งออกได้โดยแนวดิ่งเรียกว่าลูกตั้ง (vertical) ซึ่งต้องวัดความลึกและความเร็วในแต่ละแนวลูกตั้งนี้ แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่านแต่ละส่วนเสียก่อน ผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลผ่านแต่ละส่วนก็คือค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านรูปตัดของลำน้ำในช่วงเวลาที่ทำการวัดนั้น

ผลที่ได้จากการวัดความเร็วกระแสน้ำโดย current meter ก็คือ จำนวนรอบที่เครื่องหมุนตามความเร็วกระแสน้ำ และเวลาที่ใช้ไป โดยข้อมูลทั้งสองจะนำไปคำนวณหาความเร็วของกระแสน้ำตามสมการ

$$V = a + bN \qquad (120)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วกระแสน้ำ

a คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของเครื่อง ซึ่งหมายถึงความเร็วที่พอจะทำให้ใบพัดเริ่มหมุน

b คือ ค่าคงที่ของเครื่อง

N คือ จำนวนรอบต่อ 1 นาที

การวัดความเร็วของน้ำเฉลี่ยในแต่ละลูกตั้งอาจจะต้องวัดที่ความลึกหลายจุด ขึ้นอยู่กับความลึกของลำน้ำบริเวณลูกตั้งนั้นๆ ในการสำรวจครั้งนี้ได้ใช้มาตรฐานของจำนวนจุดความลึกในแต่ละลูกตั้งของกรมชลประทาน

การคำนวณปริมาณการไหล จะใช้หลักการของสมการความต่อเนื่อง (continuity equation) ดังนี้

$$Q = A\bar{V} \tag{121}$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณการไหลของน้ำ

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วเฉลี่ย

$\bar{v}$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของลำน้ำ

ดังนั้นปริมาณน้ำรวมที่หน้าตัดลำน้ำที่ได้สำรวจก็จะเท่ากับผลรวมของปริมาณน้ำในแต่ละลูกตั้ง ในการสำรวจในครั้งนี้ได้ใช้วิธี mid section method ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q_{vert} = (D_{vert})\frac{1}{2}(W_{left} + W_{right})(\overline{V_{vert}}) \tag{122}$$

เมื่อ Q_{vert} คือ ปริมาณน้ำของลูกตั้ง

D_{vert} คือ ความลึกลูกตั้ง

W_{leftt} คือ ระยะห่างของลูกตั้งทางซ้าย

W_{right} คือ ระยะห่างของลูกตั้งทางขวา

$\bar{V}$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของลูกตั้ง

2.1.4 ผลการสำรวจ : ผลการสำรวจจากการออกสำรวจภาคสนามเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2545, 10 กุมภาพันธ์ 2546 และ 4 มีนาคม 2546 แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด

วัน เดือน ปี	ปริมาณการไหลที่จุดสำรวจต่างๆ (ลบ.ม./วินาที)					
	ฝาย	คลองบอระเพ็ด	คลองขุดบ้านแหลมกระทุ่ม	คลองบอน	คลองขุดบ้านคลองขุด	คลองวังมหากร
11 ธ.ค. 2545	-12.716	0	0	3.008	0	0
10 ก.พ. 2546	0	0	-0.536	-1.548	-0.553	0
4 มี.ค. 2546	0	0	-0.317	-0.802	-0.293	-1.515
27 มี.ค. 2546	0	0	0	1.424	-0.196	0
28 เม.ย. 2546	0	0	-0.204	-2.62	-0.187	-1.454

หมายเหตุ ตัวเลขเป็นลบหมายถึงปริมาณน้ำที่ไหลออกจากบึง
ตัวเลขเป็นบวกหมายถึงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าบึง
ปริมาณการไหลของคลองวังมหากรสำรวจที่บ้านปากง่ามและบ้านช่องแกละ

2.2 การสำรวจความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ด

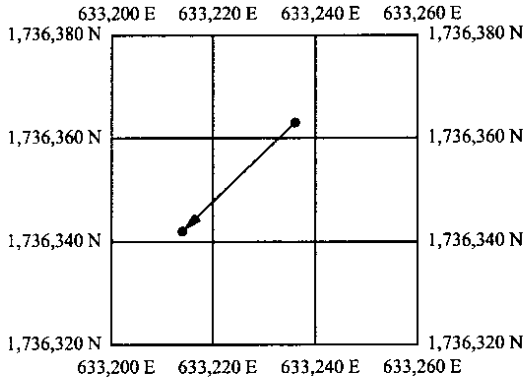
การสำรวจความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดเพื่อใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นของแบบจำลองและใช้เป็นข้อมูลในการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งได้กำหนดจุดสำรวจดังแสดงในภาพที่ 8

วิธีที่ใช้ในการสำรวจครั้งนี้คือ การปล่อยทุ่นลอยให้ไหลไปกับกระแสน้ำ โดยการอ่านพิกัดเริ่มต้นและพิกัดสุดท้ายของทุ่นลอยที่ไหลไปกับกระแสน้ำโดยใช้เครื่อง GPS (grobal position system) แล้วจับเวลา เมื่อนำระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายหารด้วยเวลาก็จะได้ความเร็วของกระแสน้ำ ส่วนทิศทางการไหลสามารถคำนวณได้จากพิกัดเริ่มต้นและสุดท้ายของทุ่นลอยได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามในการสำรวจความเร็วของน้ำโดยการปล่อยทุ่นลอย อาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากอิทธิพลของลม ในการสำรวจครั้งนี้จึงได้เลือกใช้ทุ่นลอยที่ให้ผลการสำรวจเป็นตัวแทนของความเร็วกระแสน้ำให้ได้มากที่สุด โดยได้เลือกใช้ทุ่นลอยที่มีผิวสัมผัสกับน้ำไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำในบึงบอระเพ็ด ผลการสำรวจแสดงในตารางที่ 9 และ ภาพที่ 11 และ 12

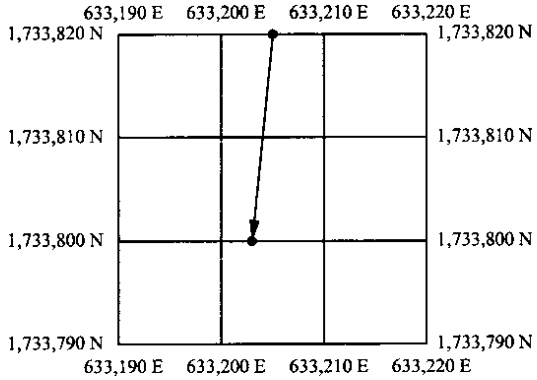
ตารางที่ 9 ผลการสำรวจความเร็วของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดที่จุดสำรวจต่าง ๆ

เหตุการณ์	ตำแหน่ง	พิกัดเริ่มต้น		พิกัดปลายทาง		ระยะทาง	เวลาในการเคลื่อนที่		ความเร็ว	ทิศทางการไหล
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	(ม.)	(นาที)	(วินาที)	(ม./วินาที)	(องศา)
10-13 ธ.ค. 45	จุดสำรวจที่ 7 (กลางบึง)	633236	1736363	633214	1736342	30.41	13	21	0.0380	136.35
	จุดสำรวจที่ 8 (น้ำดำ)	633205	1733820	633203	1733800	20.10	13	21	0.0251	95.74
	จุดสำรวจที่ 9 (บัว)	640522	1735565	640531	1735561	9.85	13	21	0.0123	23.95
	จุดสำรวจที่ 10 (น้ำขุ่น)	642337	1736019	642349	1736007	16.97	13	21	0.0212	44.98
10-11 ก.พ. 46	จุดสำรวจที่ 7 (กลางบึง)	633153	1736315	633143	1736260	55.90	21	1	0.0443	100.34
	จุดสำรวจที่ 8 (น้ำดำ)	633210	1733815	633204	1733812	6.71	24	12	0.0046	153.45
	จุดสำรวจที่ 9 (บัว)	640541	1735561	640547	1735563	6.32	5	19	0.0198	341.57
	จุดสำรวจที่ 10 (น้ำขุ่น)	642359	1736053	642365	1736053	6.00	8	25	0.0119	0.00

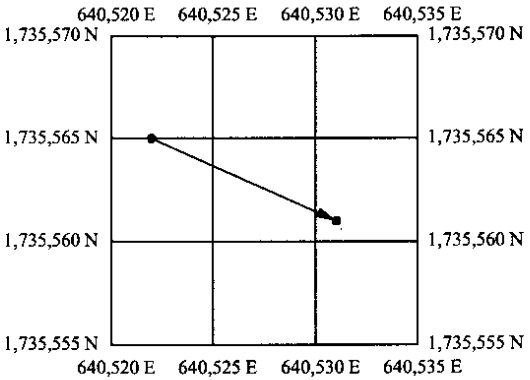
หมายเหตุ ทิศทางการไหลเทียบกับแกน X ตามเข็มนาฬิกา



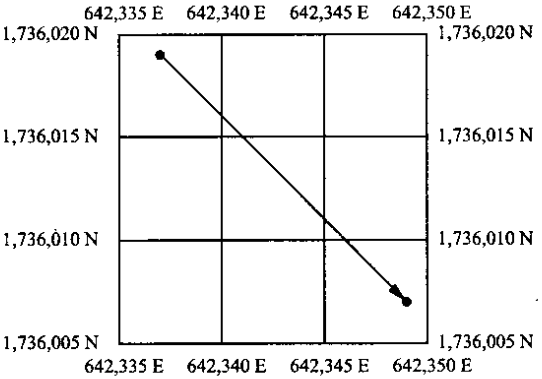
จุดสำรวจที่ 7 บริเวณกลางบึง



จุดสำรวจที่ 8 บริเวณน้ำสีดำ

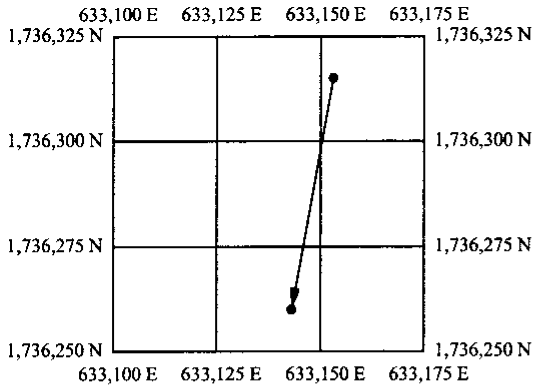


จุดสำรวจที่ 9 บริเวณบัว

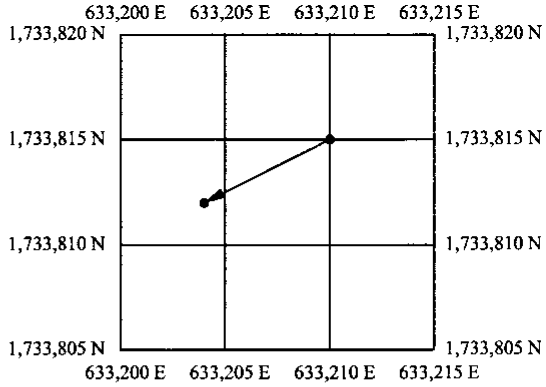


จุดสำรวจที่ 10 บริเวณน้ำขุ่น

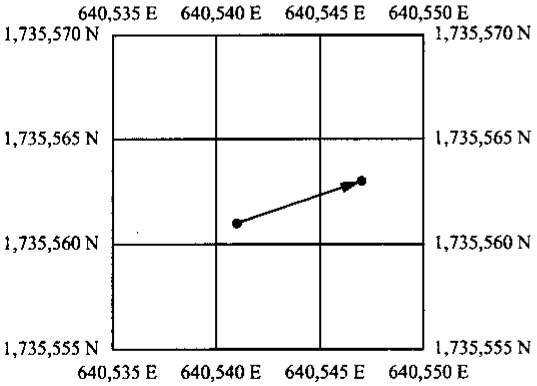
<u>ภาพที่ 11</u> ผลการสำรวจทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดสำหรับเหตุการณ์วันที่ 10-13 ธันวาคม 2545 ที่จุดสำรวจต่าง ๆ



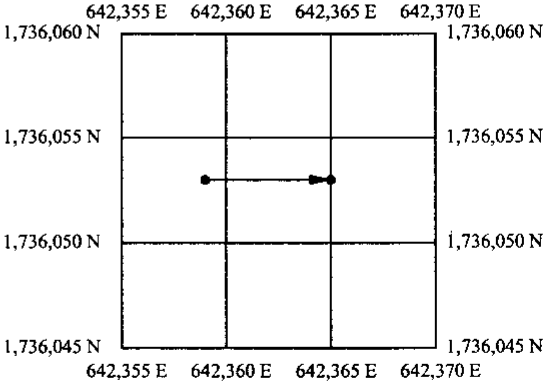
จุดสำรวจที่ 7 บริเวณกลางบึง



จุดสำรวจที่ 8 บริเวณน้ำสีดำ



จุดสำรวจที่ 9 บริเวณบัว



จุดสำรวจที่ 10 บริเวณน้ำขุ่น

<u>ภาพที่ 12</u> ผลการสำรวจทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดสำหรับเหตุการณ์วันที่ 10-11 กุมภาพันธ์ 2546 ที่จุดสำรวจต่าง ๆ

2.3 การสำรวจข้อมูลคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดและลำน้ำสาขา

พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (biochemical oxygen demand, BOD) โดยได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำตามภาพที่ 10 ผลการตรวจวัดค่าจากห้องปฏิบัติการสรุปได้ดังตารางที่ 10

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด ข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลการระเหยจาก 2 หน่วยงาน คือ สถาบันประมงน้ำจืดบึงบอระเพ็ด และสำนักงานอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ ดังแสดงในตารางที่ 11 และ 12

3. จัดเตรียมข้อมูลสำหรับเป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง ดังนี้ (ตัวอย่างของข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ก)

3.1 จำลองลักษณะทางกายภาพของบึงบอระเพ็ด

3.1.1 กำหนดตัวแทนของพื้นที่ที่เป็นน้ำหรือดิน โดยใช้แผนที่บึงบอระเพ็ดและลากเส้นกริด ตามขนาดกว้าง 200 ม. และ ยาว 200 ม. ดังแสดงในภาพที่ 13 ตำแหน่งการตัดกันของเส้นตารางคือจุดกึ่งกลางของก้อนปริมาตร ผลของการกำหนดตัวแทนของพื้นที่ที่เป็นน้ำหรือดินจะนำไปใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 1)

โดยที่ ค่า 1 หมายถึง ก้อนปริมาตรที่เป็นพื้นดิน
ค่า 2 หมายถึง ก้อนปริมาตรที่เป็นพื้นน้ำ

3.1.2 กำหนดระดับพื้นดินของแต่ละก้อนปริมาตรโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศซึ่งสำรวจโดยกรมชลประทาน (2545) ดังแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 5) โดยค่าที่แสดงหมายถึงระดับพื้นดินของก้อนปริมาตรต่าง ๆ

ตารางที่ 10 ผลการตรวจวัดค่า DO และ BOD ของตัวอย่างน้ำจากจุดสำรวจต่างๆ

จุดสำรวจที่	ตำแหน่ง	ช่วงเวลาที่สำรวจ	ค่า DO (มก./ลิตร)	ค่า BOD (มก./ลิตร)
1	ฝาย	11 ธ.ค. 45	6.6	2.8
		5 ก.พ. 46	8.1	4.7
		10 ก.พ. 46 เวลา 16.30 น.	13.2	6.89
3	คลองขุดบ้านแหลมกระทุ่ม	11 ก.พ. 46 เวลา 12.30 น.	5.3	5.57
4	คลองบอน	11 ธ.ค. 45	0.9	2.5
		11 ก.พ. 46 เวลา 14.00 น.	4.9	3.8
5	คลองขุดบ้านคลองขุด	11 ก.พ. 46 เวลา 13.00 น.	6.6	3.47
6	คลองท่าตะโก	11 ธ.ค. 45	3.4	1.6
7	บึงบอระเพ็ดบริเวณกลางบึง	11 ธ.ค. 45	6.6	3.3
		10 ก.พ. 46 เวลา 13.20 น.	11.5	5.82
		10 ก.พ. 46 เวลา 19.37 น.	11.6	5.37
		11 ก.พ. 46 เวลา 01.25 น.	10.8	4.42
		11 ก.พ. 46 เวลา 10.50 น.	9.7	5.65
		27 เม.ย. 46	5.1	4
8	บึงบอระเพ็ดบริเวณน้ำดำ	11 ธ.ค. 45	4.1	4
		5 ก.พ. 46	7.6	8.96
		10 ก.พ. 46 เวลา 10.30 น.	4.7	3.22
		27 เม.ย. 46	2.8	3.2
9	บึงบอระเพ็ดบริเวณบัว	11 ธ.ค. 45 เวลา 12.00 น.	5.8	2.6
		11 ธ.ค. 45 เวลา 16.10 น.	5.2	3
		11 ธ.ค. 45 เวลา 22.10 น.	4.5	2.6
		12 ธ.ค. 45 เวลา 02.00 น.	4.3	2.9
		10 ก.พ. 46 เวลา 12.30 น.	2.1	5.32
		10 ก.พ. 46 เวลา 18.40 น.	4.2	4.47
		11 ก.พ. 46 เวลา 00.06 น.	3.1	4.07
		11 ก.พ. 46 เวลา 11.52 น.	2.1	4.95
		27 เม.ย. 46	3.2	6
10	บึงบอระเพ็ดบริเวณน้ำขุ่น	11 ธ.ค. 45	3.2	2.4
		10 ก.พ. 46 เวลา 18.10 น.	7.5	3.15

ตารางที่ 11 การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง

วัน เดือน ปี	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด (ม.รทก.)	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)
11 ธ.ค. 45	24.10	0	3.9
12 ธ.ค. 45	24.09	0	3.8
13 ธ.ค. 45	24.08	0	2.2
14 ธ.ค. 45	24.07	0	2.2
15 ธ.ค. 45	24.06	0	2.3
16 ธ.ค. 45	24.05	0	1.6
17 ธ.ค. 45	24.04	0	2.9
18 ธ.ค. 45	24.03	0	3.7
19 ธ.ค. 45	24.02	0	4.9
20 ธ.ค. 45	24.01	0	3.1
21 ธ.ค. 45	24.00	0	2.8
22 ธ.ค. 45	23.99	0	3.48
23 ธ.ค. 45	23.98	0	3.22
24 ธ.ค. 45	23.97	0	5.38
25 ธ.ค. 45	23.96	0	4.47
26 ธ.ค. 45	23.95	0	5.17
27 ธ.ค. 45	23.94	0.9	3.6
28 ธ.ค. 45	23.93	0	1.87
29 ธ.ค. 45	23.92	0	2.92
30 ธ.ค. 45	23.91	0	2.52
31 ธ.ค. 45	23.90	0	2.48
1 ม.ค. 46	23.89	0	2.16
2 ม.ค. 46	23.88	0	3.44
3 ม.ค. 46	23.87	0	4.64
4 ม.ค. 46	23.86	0	2.94
5 ม.ค. 46	23.85	0	3.48
6 ม.ค. 46	23.84	0	3.63
7 ม.ค. 46	23.83	0	3.55
8 ม.ค. 46	23.82	0	4.1
9 ม.ค. 46	23.81	0	3.9
10 ม.ค. 46	23.80	0	3.8
11 ม.ค. 46	23.79	0	3.78
12 ม.ค. 46	23.78	0	4.04

ตารางที่ 11 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด (ม.รทก.)	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)
13 ม.ค. 46	23.77	0	3.54
14 ม.ค. 46	23.75	0	3.08
15 ม.ค. 46	23.75	0	3.46
16 ม.ค. 46	23.73	0	3.26
17 ม.ค. 46	23.73	0	4.04
18 ม.ค. 46	23.7	0	3.23
19 ม.ค. 46	23.68	0	4.23
20 ม.ค. 46	23.68	0	3.86
21 ม.ค. 46	23.67	0	4.06
22 ม.ค. 46	23.66	0	3.53
23 ม.ค. 46	23.65	0	4.55
24 ม.ค. 46	23.64	0	4.11
25 ม.ค. 46	23.62	0	5.11
26 ม.ค. 46	23.59	0	3.63
27 ม.ค. 46	23.55	0	4.21
28 ม.ค. 46	23.55	0	3.56
29 ม.ค. 46	23.53	0	4.46
30 ม.ค. 46	23.5	0	3.34
31 ม.ค. 46	23.5	0	4.36
1 ก.พ. 46	23.49	0	3.94
2 ก.พ. 46	23.47	0	4.18
3 ก.พ. 46	23.46	0	4.84
4 ก.พ. 46	23.45	0	6.04
5 ก.พ. 46	23.44	0	5.36
6 ก.พ. 46	23.43	0	5.9
7 ก.พ. 46	23.42	0	4.1
8 ก.พ. 46	23.42	0	4.22
9 ก.พ. 46	23.41	0	3.6
10 ก.พ. 46	23.4	0	3.18
11 ก.พ. 46	23.39	0	3.66
12 ก.พ. 46	23.38	0	4.44
13 ก.พ. 46	23.35	16.4	4.3
14 ก.พ. 46	23.35	23.6	2.14

ตารางที่ 11 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด (ม.รทก.)	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)
15 ก.พ. 46	23.34	0	2.92
16 ก.พ. 46	23.32	0	4.68
17 ก.พ. 46	23.3	0	3.54
18 ก.พ. 46	23.28	0	5.32
19 ก.พ. 46	23.26	0	4.14
20 ก.พ. 46	23.24	0	5.08
21 ก.พ. 46	23.23	0	6.06
22 ก.พ. 46	23.22	0	4.5
23 ก.พ. 46	23.21	0	4.06
24 ก.พ. 46	23.2	0.1	4.46
25 ก.พ. 46	23.18	0	4.7
26 ก.พ. 46	23.14	0	4.26
27 ก.พ. 46	23.1	0	3.62
28 ก.พ. 46	23.08	0	5.4
1 มี.ค. 46	23.06	0	4.38
2 มี.ค. 46	23.04	0	5.98
3 มี.ค. 46	23	0	4.85
4 มี.ค. 46	22.99	0	5.65
5 มี.ค. 46	22.98	0	5.16
6 มี.ค. 46	22.98	0	5.28
7 มี.ค. 46	22.97	0	2.84
8 มี.ค. 46	22.97	0	6.88
9 มี.ค. 46	22.96	0	4.42
10 มี.ค. 46	22.96	0	4.26
11 มี.ค. 46	22.95	0	4.86
12 มี.ค. 46	22.95	1.5	3.61
13 มี.ค. 46	22.95	0	2.85
14 มี.ค. 46	22.94	0	2.88
15 มี.ค. 46	22.93	0	4.23
16 มี.ค. 46	22.92	0	5.6
17 มี.ค. 46	22.9	0	6.24
18 มี.ค. 46	22.9	0	6.66
19 มี.ค. 46	22.9	0	6.16

ตารางที่ 11 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด (ม.รทก.)	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)
20 มี.ค. 46	22.9	0.1	7.33
21 มี.ค. 46	22.89	0.2	4.94
22 มี.ค. 46	22.89	13.8	5.54
23 มี.ค. 46	22.89	0	4.41
24 มี.ค. 46	22.89	0	4.45
25 มี.ค. 46	22.88	0	5.85
26 มี.ค. 46	22.88	13.5	5.22
27 มี.ค. 46	22.88	6.5	3.28
28 มี.ค. 46	22.88	1.7	5.29
29 มี.ค. 46	22.89	0.5	3.51
30 มี.ค. 46	22.89	10.9	5.29
31 มี.ค. 46	22.89	0.1	2.84
1 เม.ย. 46	22.88	0	4.92
2 เม.ย. 46	22.88	0	5.29
3 เม.ย. 46	22.90	0	6.09
4 เม.ย. 46	22.90	0	5.74
5 เม.ย. 46	22.90	0	8.25
6 เม.ย. 46	22.90	0	7.11
7 เม.ย. 46	22.90	0	6.24
8 เม.ย. 46	22.90	0	5.04
9 เม.ย. 46	22.89	0	6.82
10 เม.ย. 46	22.89	0	6.46
11 เม.ย. 46	22.89	0	9.35
12 เม.ย. 46	22.89	0	6.31
13 เม.ย. 46	22.88	0	6.67
14 เม.ย. 46	22.88	0	6.25
15 เม.ย. 46	22.88	0	7.81
16 เม.ย. 46	22.87	0	6.79
17 เม.ย. 46	22.87	0	7.63
18 เม.ย. 46	22.86	0	7.46
19 เม.ย. 46	22.85	0	6.68
20 เม.ย. 46	22.84	0	7.34
21 เม.ย. 46	22.83	0	7.26

ตารางที่ 11 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด (ม.รทก.)	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)
22 เม.ย. 46	22.80	0	6.88
23 เม.ย. 46	22.80	0	6.60
24 เม.ย. 46	22.80	0	6.82
25 เม.ย. 46	22.78	0	5.49
26 เม.ย. 46	22.76	0	6.77
27 เม.ย. 46	22.74	0	6.58
28 เม.ย. 46	22.73	0	7.10
29 เม.ย. 46	22.72	35.4	6.75
30 เม.ย. 46	22.70	0	6.68

หมายเหตุ ข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดรวบรวมจากสถานีประมงบึงบอระเพ็ด
ข้อมูลปริมาณฝน และการระเหยรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นครสวรรค์

ตารางที่ 12 การรวบรวมข้อมูลความเร็วและทิศทางลม

วัน เดือน ปี	เวลา 01.00 น.		เวลา 04.00 น.		เวลา 07.00 น.		เวลา 10.00 น.		เวลา 13.00 น.		เวลา 16.00 น.		เวลา 19.00 น.		เวลา 22.00 น.	
	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)
1 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	2	40	0	0	0	0	0	0	0	0
3 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	2	200	2	350	0	0	0	0
4 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	2	320	1	10	2	30	0	0	0	0
5 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	360	2	30	0	0	0	0	0	0
6 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40	2	300	0	0	0	0
7 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	3	0	0	0	0
8 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	3	30	2	350	0	0	0	0
9 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	4	80	5	100	4	160	0	0	0	0
10 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	2	90	2	60	1	100	0	0	0	0
11 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	70	1	20	3	40	0	0	0	0
12 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	6	40	1	40	0	0	0	0
13 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	6	80	4	110	0	0	0	0	0	0
14 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	3	90	3	30	0	0	0	0	0	0
15 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	30	4	60	1	20	0	0	0	0
17 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	60	5	40	1	360	0	0	0	0
18 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	30	2	50	2	290	0	0	0	0
19 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	2	310	2	250	0	0	0	0
20 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	3	50	0	0	0	0	0	0
21 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0
22 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	3	330	4	350	0	0	0	0	0	0
23 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	360	1	80	3	20	0	0	0	0
24 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	70	3	50	1	40	0	0	0	0
25 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	3	20	4	30	3	270	0	0	0	0
26 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	3	100	5	240	4	220	0	0	0	0
27 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	6	70	2	90	2	50	0	0	0	0
28 ธ.ค. 45	4	90	0	0	0	0	2	70	3	50	3	80	2	90	0	0
29 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	2	90	2	80	0	0	0	0
31 ธ.ค. 45	0	0	0	0	0	0	1	20	2	40	1	80	0	0	0	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

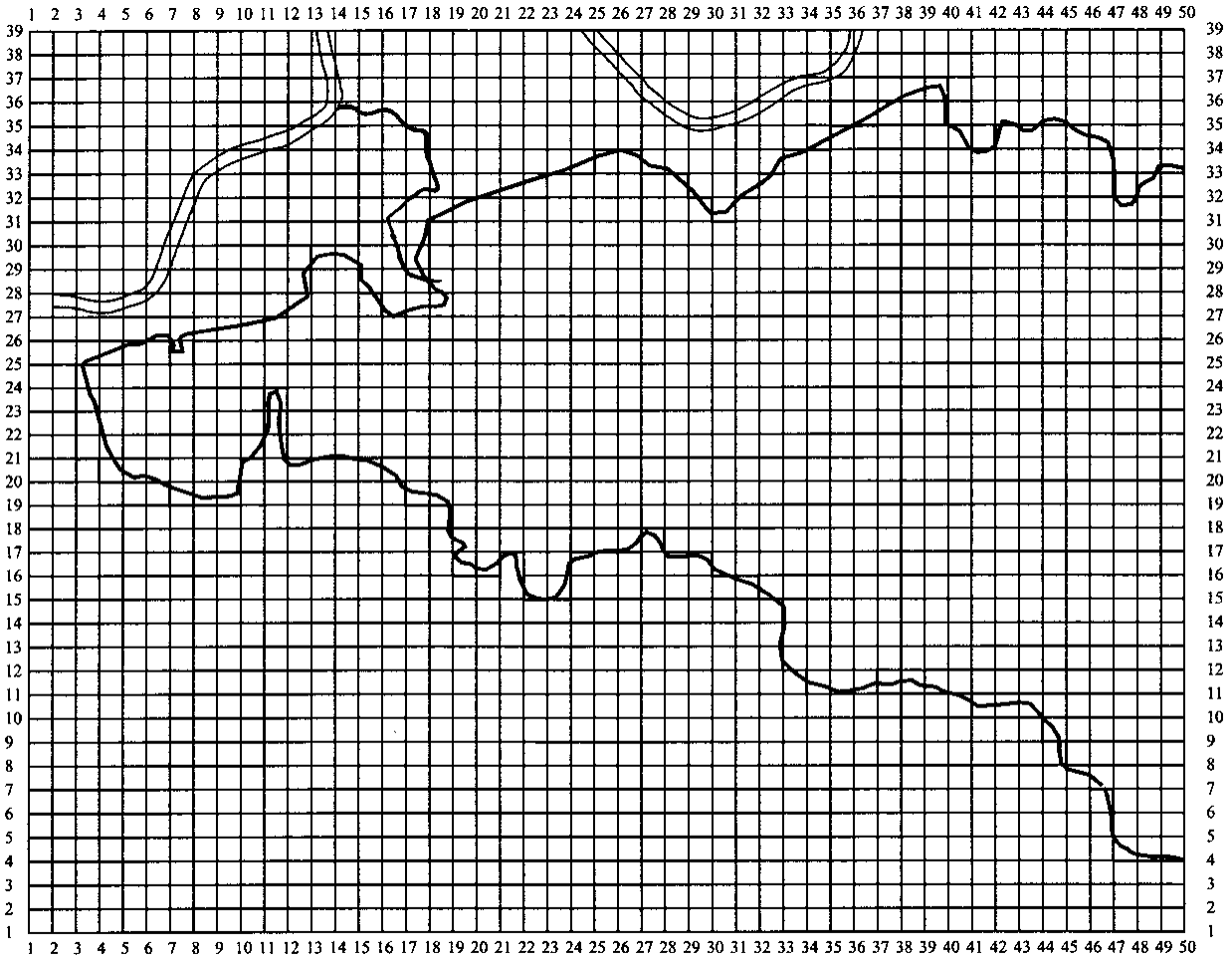
วัน เดือน ปี	เวลา 01.00 น.		เวลา 04.00 น.		เวลา 07.00 น.		เวลา 10.00 น.		เวลา 13.00 น.		เวลา 16.00 น.		เวลา 19.00 น.		เวลา 22.00 น.	
	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)
1 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	100	1	90	4	30	0	0	0	0
2 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	5	150	6	190	2	250	0	0	0	0
3 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	50	2	90	5	60	0	0	0	0
4 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	90	2	30	3	30	0	0	0	0
5 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0
6 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	140	2	150	1	200	0	0	0	0
7 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	4	80	2	60	2	90	0	0	0	0
8 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	90	5	50	5	20	0	0	0	0
9 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	160	1	160	0	0	0	0	0	0
10 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	6	90	4	120	3	40	0	0	0	0
11 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	90	5	80	4	80	0	0	0	0
12 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	160	2	90	2	90	0	0	0	0
13 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	4	90	4	50	2	350	0	0	0	0
14 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	20	4	30	2	340	0	0	0	0
15 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	40	6	30	2	340	0	0	0	0
16 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	6	90	8	50	1	30	0	0	0	0
17 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	6	90	3	30	4	30	0	0	0	0
18 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	20	3	40	4	30	0	0	0	0
19 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	90	3	90	2	40	0	0	0	0
20 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	5	40	0	0	0	0
21 ม.ค. 46	0	0	2	290	0	0	0	0	0	0	3	200	0	0	0	0
22 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	200	1	220	1	250	0	0	0	0
23 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	310	5	280	7	180	0	0	0	0
24 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	200	7	220	7	190	0	0	0	0
25 ม.ค. 46	5	220	0	0	0	0	0	0	4	210	2	230	0	0	0	0
26 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	240	1	210	8	190	0	0	0	0
27 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	3	50	2	320	0	0	0	0
28 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	4	90	1	80	5	30	0	0	2	120
29 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	5	30	3	40	1	10	0	0	0	0
30 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	30	2	80	2	30	0	0	0	0
31 ม.ค. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	5	360	5	360	0	0	0	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

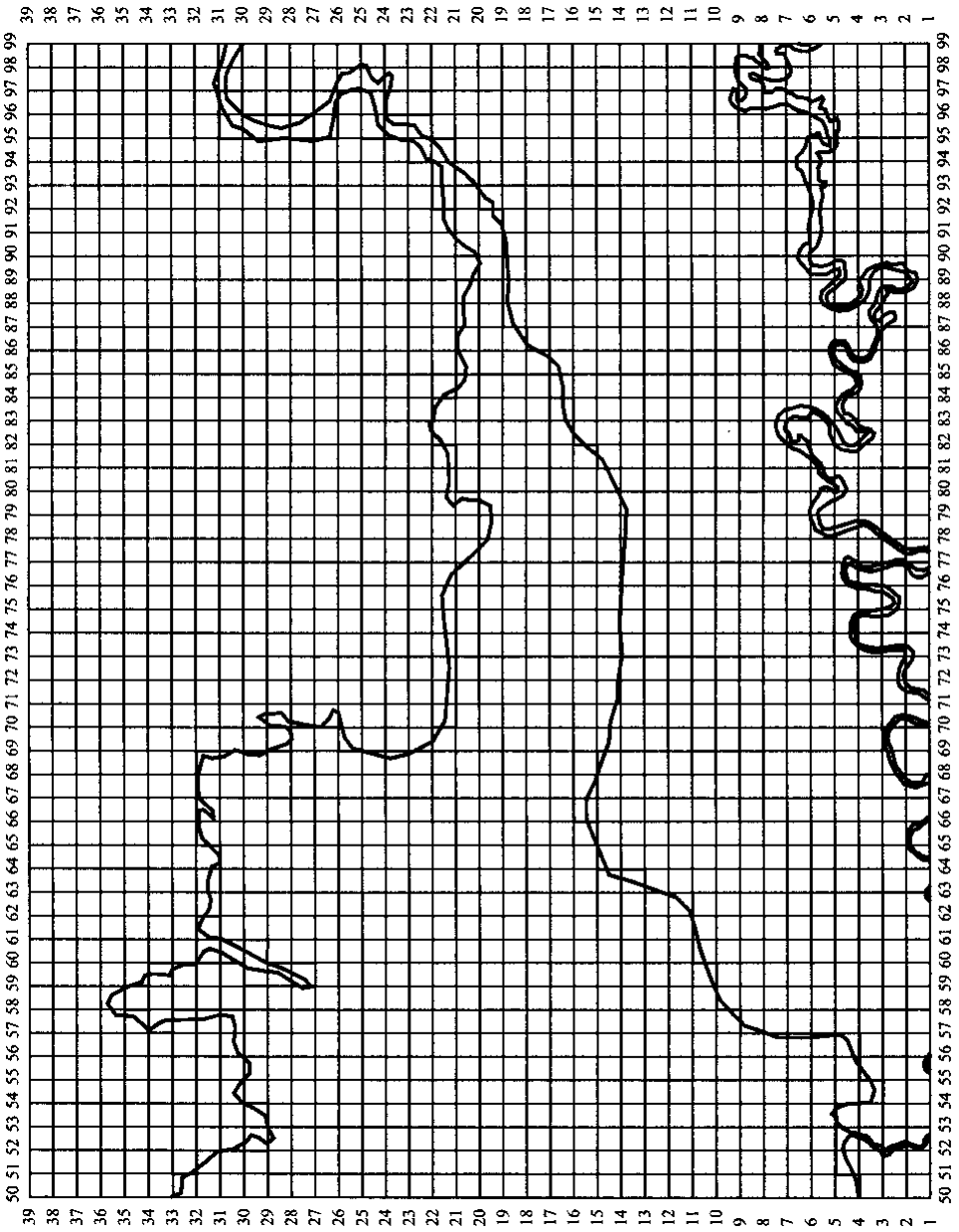
วัน เดือน ปี	เวลา 01.00 น.		เวลา 04.00 น.		เวลา 07.00 น.		เวลา 10.00 น.		เวลา 13.00 น.		เวลา 16.00 น.		เวลา 19.00 น.		เวลา 22.00 น.	
	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)
1 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	30	4	30	0	0	0	0
2 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20	0	0	0	0	0	0
3 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	6	100	6	70	2	90	0	0	0	0
4 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	7	70	8	70	5	100	0	0	0	0
5 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	8	90	7	40	5	60	0	0	0	0
6 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	10	90	7	40	5	40	0	0	0	0
7 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	4	50	4	60	3	30	0	0	0	0
8 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	360	2	40	0	0	0	0
9 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	1	30	5	40	2	30	0	0	0	0
10 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20	1	290	0	0	0	0
11 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	280	1	360	0	0	0	0
12 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	5	220	6	190	0	0	0	0
13 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	1	30	2	40	2	60	0	0	0	0
14 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	290	0	0	0	0
15 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	40	0	0	0	0
16 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	2	200	2	210	2	210	0	0	0	0
18 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	6	220	3	230	1	220	0	0	0	0
19 ก.พ. 46	10	190	5	160	5	180	6	180	5	220	3	220	0	0	0	0
20 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	6	190	4	220	2	220	0	0	0	0
21 ก.พ. 46	6	190	5	190	5	180	8	210	7	230	6	180	0	0	5	210
22 ก.พ. 46	7	200	5	180	5	190	5	180	3	210	2	320	0	0	0	0
23 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	5	170	2	200	2	40	0	0	0	0
24 ก.พ. 46	0	0	5	180	0	0	2	230	0	0	0	0	0	0	0	0
25 ก.พ. 46	3	210	0	0	0	0	3	170	4	300	3	240	0	0	0	0
26 ก.พ. 46	4	190	0	0	0	0	5	200	2	250	0	0	0	0	0	0
27 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	2	210	3	10	0	0	0	0	0	0
28 ก.พ. 46	0	0	0	0	0	0	5	160	2	250	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เวลา 01.00 น.		เวลา 04.00 น.		เวลา 07.00 น.		เวลา 10.00 น.		เวลา 13.00 น.		เวลา 16.00 น.		เวลา 19.00 น.		เวลา 22.00 น.	
	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)	ความเร็ว (น็อต)	ทิศทาง (องศา)
1 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	200	3	220	2	240	0	0	0	0
2 มี.ค. 46	3	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 มี.ค. 46	6	210	0	0	0	0	5	190	2	230	0	0	0	0	2	240
4 มี.ค. 46	4	190	0	0	0	0	5	210	2	230	4	190	0	0	0	0
5 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	210	2	360	4	70	0	0	2	140
6 มี.ค. 46	0	0	3	170	0	0	1	210	4	280	6	30	0	0	0	0
7 มี.ค. 46	5	30	0	0	0	0	4	190	4	240	5	190	0	0	6	210
8 มี.ค. 46	10	200	4	180	2	170	10	150	6	180	5	240	10	150	5	240
9 มี.ค. 46	5	120	0	0	5	90	3	100	2	200	0	0	2	220	0	0
10 มี.ค. 46	3	90	3	100	0	0	4	80	2	150	1	10	0	0	0	0
11 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	4	50	4	10	1	350	0	0	0	0
12 มี.ค. 46	0	0	3	160	0	0	5	10	5	20	2	260	0	0	0	0
13 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	220	1	110	1	20	5	320	6	90
14 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	3	70	6	70	5	70	0	0	0	0
15 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	90	2	60	3	60	0	0	0	0
16 มี.ค. 46	4	200	0	0	0	0	6	200	5	220	3	210	0	0	10	200
17 มี.ค. 46	6	190	0	0	0	0	6	200	6	210	7	220	3	180	0	0
18 มี.ค. 46	5	190	0	0	2	160	4	170	4	200	3	220	0	0	0	0
19 มี.ค. 46	5	190	5	190	0	0	2	220	5	10	3	270	0	0	3	280
20 มี.ค. 46	8	200	4	150	3	170	5	190	4	210	4	230	5	180	6	210
21 มี.ค. 46	12	190	3	180	5	90	3	180	3	120	5	160	3	190	3	190
22 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	90	0	0	0	0	6	50	2	80
23 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	30	2	30	2	50	0	0	0	0
24 มี.ค. 46	3	230	0	0	0	0	1	90	2	70	2	40	0	0	0	0
25 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	5	80	3	20	6	60	0	0	0	0
26 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	90	5	30	0	0	0	0	0	0
27 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	2	80	1	340	7	220	0	0	0	0
28 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	30	3	250	5	330	2	10	0	0
29 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	110	3	330	0	2	4	30
30 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	340	0	0
31 มี.ค. 46	0	0	0	0	0	0	1	50	1	30	5	200	0	0	0	0



ภาพที่ 13 การจำลองลักษณะทางกายภาพของบึงบอระเพ็ดสำหรับใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 13 (ต่อ)

3.1.3 ความเสียดทานของพื้นที่ของแต่ละก้อนปริมาตร (ในแต่ละกริด) จะถูกกำหนดโดยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่ง โดยกำหนดดังในตารางที่ 13 และจัดสร้างเป็นไฟล์ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองดังแสดงในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 6)

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนตามสภาพพื้นที่ของบึงบอระเพ็ด

สภาพพื้นที่	สัมประสิทธิ์แมนนิ่ง
1.บริเวณกลางบึง	0.025
2.บริเวณขอบบึงที่มีวัชพืช	0.035
3.บริเวณกลางบึงที่มีบัว	0.035

3.2 สร้าง inflow hydrograph ที่ใช้เป็น upstream boundary control และ outflow hydrograph ที่ใช้เป็น downstream boundary control เนื่องจากแบบจำลองต้องการข้อมูลด้านเข้าของ inflow hydrograph เป็นรายชั่วโมงต่อเนื่องตลอดช่วงที่มีการ simulate แบบจำลองคือตั้งแต่วันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง 28 เมษายน 2546 แต่ด้วยข้อจำกัดของการสำรวจภาคสนามซึ่งสามารถทำได้เพียง 5 ครั้งดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 8 จึงจำเป็นต้องสร้างข้อมูลให้มีความต่อเนื่องโดยการ interpolate ดังแสดงตัวอย่างของข้อมูลในช่วงวันที่ 10 - 20 ธันวาคม 2545 ในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 9)

โดยที่ ค่า 2 หมายถึง จำนวนกริดที่เป็น upstream boundary control
ค่า 1 หมายถึง จำนวนกริดที่เป็น downstream boundary control
NGLX1 1 หมายถึง ชื่อกริด และมีจำนวนกริด 1 กริด
ค่า 10 95 หมายถึง กริดหมายเลข 10 (ทางนอน) 95 (ทางตั้ง) ของ NGLX1
ค่า 3600 หมายถึง time interval มีหน่วยเป็น วินาที
ค่า 240 หมายถึง จำนวนของข้อมูล
ค่า 3.008 หมายถึง ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าบึงของ NGLX1 (คลองบอน) ซึ่งมีหมายเลขกริด 10 และ 95

3.3 สร้าง water quality pollutograph ของค่า BOD และ DO ของ upstream และ downstream boundary control จากผลการสำรวจภาคสนามซึ่งแสดงในตารางที่ 10 โดยค่าต่าง ๆ จะถูก input โดยตรงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.4 สร้างไฟล์ข้อมูลปริมาณการระเหยหักลบปริมาณฝน ซึ่งใช้ข้อมูลจากตารางที่ 11 สำหรับการระเหยได้ปรับแก้ค่าที่รวบรวมมาได้ซึ่งเป็นค่าการระเหยจากถาดให้เป็นค่าการระเหยจากพื้นที่บึงบอระเพ็ดโดยสัมประสิทธิ์ปรับลดเท่ากับ 0.7 ตัวอย่างของข้อมูลปริมาณการระเหยหักลบปริมาณฝนซึ่งใช้ข้อมูลเป็นรายวันดังแสดงในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 9)

3.5 สร้างไฟล์ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมราย 3 ชั่วโมงโดยอาศัยข้อมูลจากตารางที่ 12 ตัวอย่างของข้อมูลความเร็วและทิศทางลมราย 3 ชั่วโมงดังแสดงในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 10)

3.6 สร้างไฟล์ข้อมูลสภาพเริ่มต้นทั้งระดับน้ำ ความเร็วและทิศทางการไหล และสภาพคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ด โดยกำหนดจากการสำรวจภาคสนามที่จุดสำรวจต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ของบึงบอระเพ็ดดังนี้ จุดสำรวจที่ 7 เป็นตัวแทนของพื้นที่บึงบอระเพ็ดที่เป็นที่โล่งกลางบึงน้ำค่อนข้างลึก จุดสำรวจที่ 8 เป็นตัวแทนของพื้นที่บึงบอระเพ็ดที่น้ำเป็นสีดำเนื่องจากท้องน้ำมีวัชพืชเน่าเปื่อยปกคลุมอยู่ จุดสำรวจที่ 9 เป็นตัวแทนของพื้นที่บึงบอระเพ็ดที่มีบัวขึ้นปกคลุม และจุดสำรวจที่ 10 เป็นตัวแทนของพื้นที่บึงบอระเพ็ดที่มีน้ำสีขุ่น ดังแสดงในภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ 2-4 และ ภาพผนวกที่ 7-8)

3.7 ข้อมูลความเร็วและทิศทางการไหล และคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดเพื่อใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

4. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ

การสอบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์จะใช้ข้อมูลระดับน้ำ ความเร็ว และทิศทางการไหลซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนามโดยทำการปรับแก้สัมประสิทธิ์ความฝืดที่ก้นบึงบอระเพ็ด และค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณถ่วงน้ำหนัก (weight factor) ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 – 0.30 (Kuipers and Vreugdenhij (1973)) ด้วยวิธี trial and error สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลและสำรวจภาคสนามในช่วงระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง 28 เมษายน 2546 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สำรวจปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด 5 ครั้งในวันที่ 11 ธ.ค. 2545 10 ก.พ. 2546 4 มี.ค. 2546 27 มี.ค. 2546 และ 28 เม.ย. 2546 ดังรายละเอียดในตารางที่ 8

2. สำรวจข้อมูลคุณภาพน้ำในลำน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ด 3 ครั้งในวันที่ 11 ธ.ค. 2545 5 ก.พ. 2546 และ 10-11 มี.ค. 2546

3. สำรวจความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ด 2 ครั้งในช่วงวันที่ 10-13 ธ.ค. 2545 และ 10-11 ก.พ. 2546 ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

4. สำรวจข้อมูลคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ด 4 ครั้งในวันที่ 11 ธ.ค. 2545 5 ก.พ. 2546 10 – 11 ก.พ. 2546 และ 27 เม.ย. 2546

5. รวบรวมข้อมูลระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด ข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลการระเหย ตั้งแต่วันที่ 10 ธ.ค. 2545 ถึง 28 เมษายน 2546

ดังนั้นจึงได้กำหนดช่วงระยะเวลาในการ simulate แบบจำลองเพื่อการสอบเทียบตั้งแต่วันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง 4 มีนาคม 2546 โดยจะเปรียบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามของ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546 เพื่อปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแมนนิ่งและค่าสัมประสิทธิ์ตัวถ่วงน้ำหนัก วิธี trial and error

ภายหลังที่ได้มีการปรับแก้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มปรับแก้แบบจำลองคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาในการ simulate แบบจำลองเดียวกันกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจาย ในทิศทาง x และ y ด้วยวิธี trial and error เช่นกัน

และหลังจากมีการสอบเทียบทั้งแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองคุณภาพน้ำเรียบร้อยแล้วจึงได้ทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยการ simulate แบบจำลองเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 4 มีนาคม 2546 ถึง 28 เมษายน 2546 และเปรียบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามของ วันที่ 27 เมษายน 2546

ผลการศึกษา

ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแมนนิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์ตัวถ่วงน้ำหนัก สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง X สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง Y อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และอัตราการเติมอากาศที่ผิวน้ำ แล้วเปรียบเทียบค่าความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำ และการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลที่สำรวจได้จากสนามสามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองได้ดังแสดงในตารางที่ 14 (ตัวอย่างของข้อมูลด้านออกของแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ข)

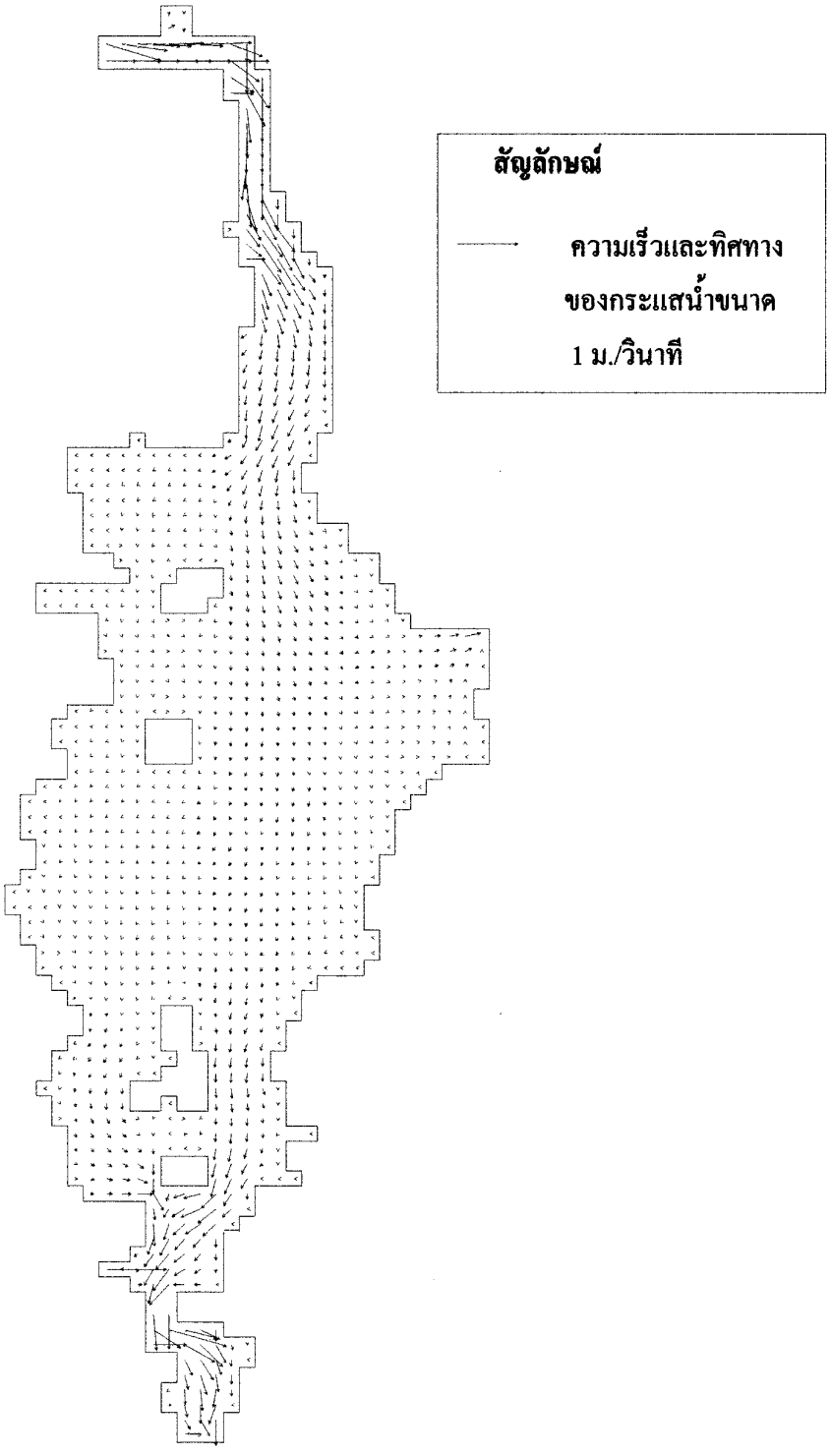
ตารางที่ 14 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่ได้จากการสอบเทียบ
1. จำนวนของกริด	39 * 99
2. ขนาดของกริดในทิศทาง X (ม.)	200
3. ขนาดของกริดในทิศทาง Y (ม.)	200
4. ช่วงเวลาในการคำนวณในแต่ละครั้ง (วินาที)	60
5. ค่าสัมประสิทธิ์ตัวถ่วงน้ำหนัก	0.250
6. ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแมนนิ่ง	0.025-0.035
7. ความหนาแน่นของน้ำ (กก./ลบ.ม.)	1,000
8. ความหนาแน่นของอากาศ (กก./ลบ.ม.)	1.2
9. wind drag coefficient	0.001
10. สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง X (ตร.ม./ว.)	90
11. สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทาง Y (ตร.ม./ว.)	90
12. อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ส่วนต่อวัน)	0.05
13. อัตราการเติมอากาศที่ผิวน้ำ (ส่วนต่อวัน)	0.017
14. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอิ่มตัว (มก./ล.)	6.6, 13.2

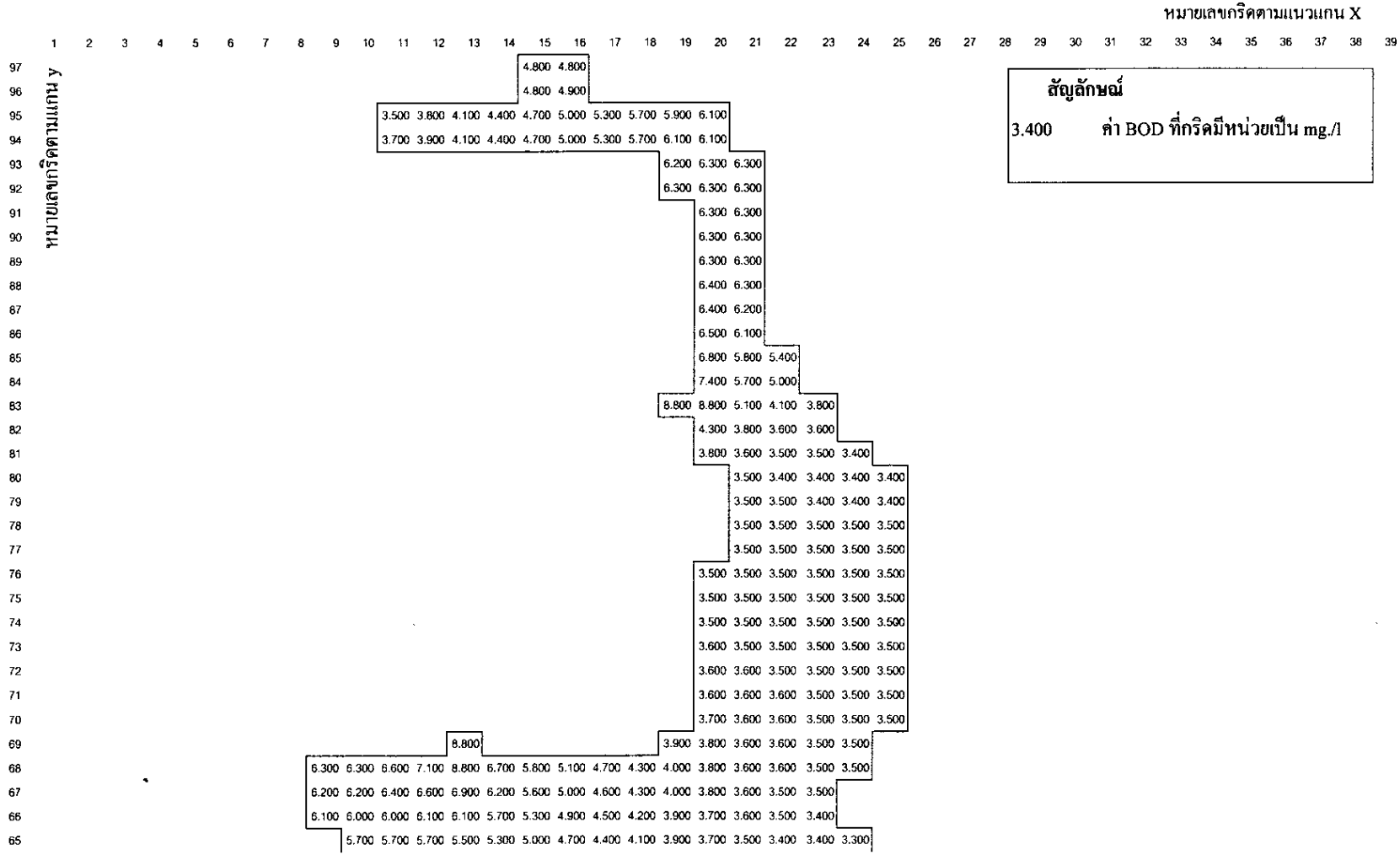
ผลการคำนวณความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545 ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำไหลออกจากบึงบอระเพ็ดผ่านฝายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาแสดงในภาพที่ 14 ถึง 16 และสรุปผลการคำนวณโดยแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545 ได้ดังตารางที่ 15

ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยการ simulate แบบจำลองตั้งแต่วันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง 4 มีนาคม 2546 และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามของวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546 สรุปได้ดังตารางที่ 16 และแสดงผลการคำนวณความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546 ในภาพที่ 17 ถึง 19

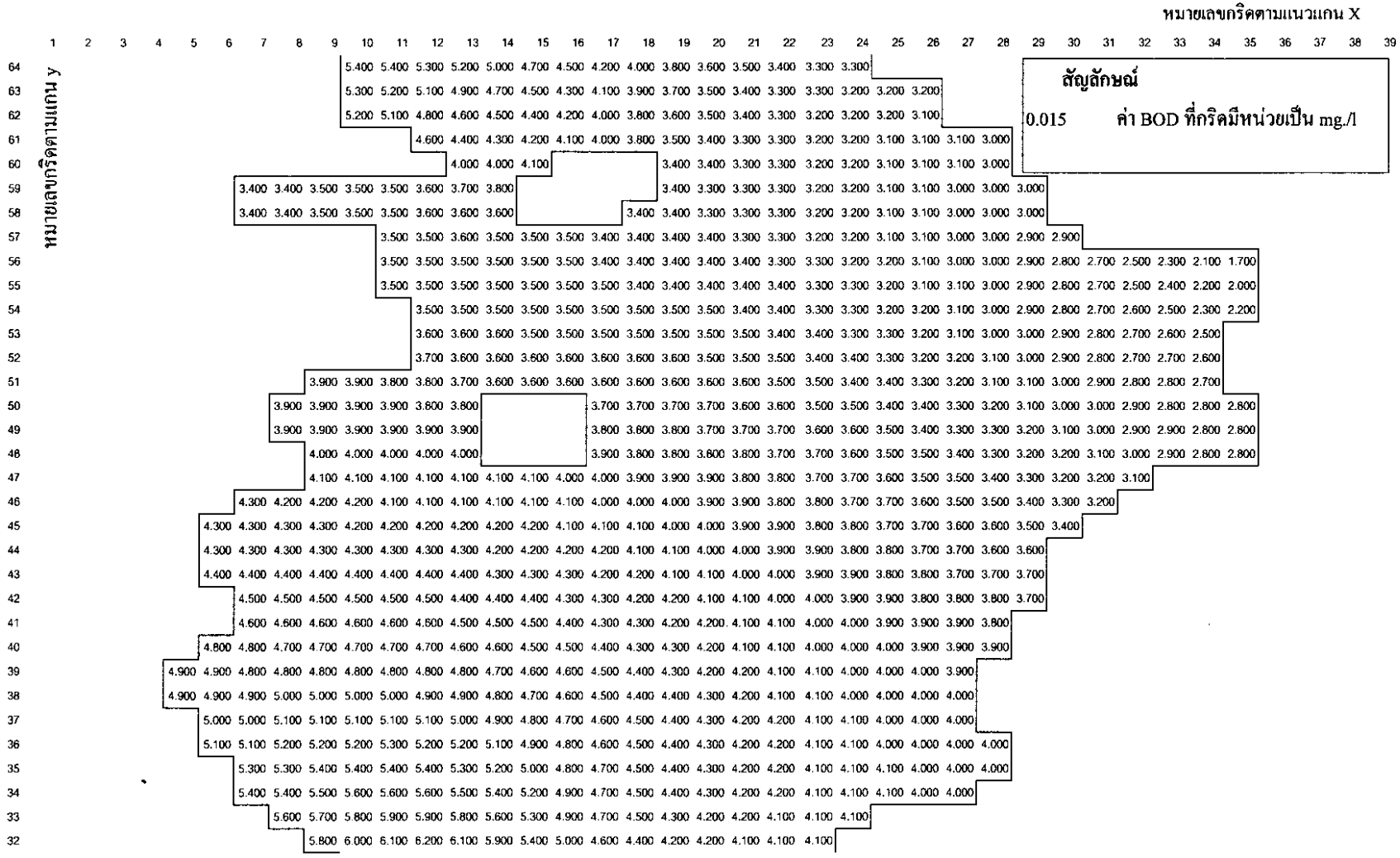
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยการ simulate แบบจำลองใช้เหตุการณ์ในช่วงวันที่ 4 มีนาคม 2546 ถึง 28 เมษายน 2546 และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามของวันที่ 27 เมษายน 2546 สรุปได้ดังตารางที่ 17 และแสดงผลการคำนวณความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับเหตุการณ์วันที่ 27 เมษายน 2546 ในภาพที่ 20 ถึง 21



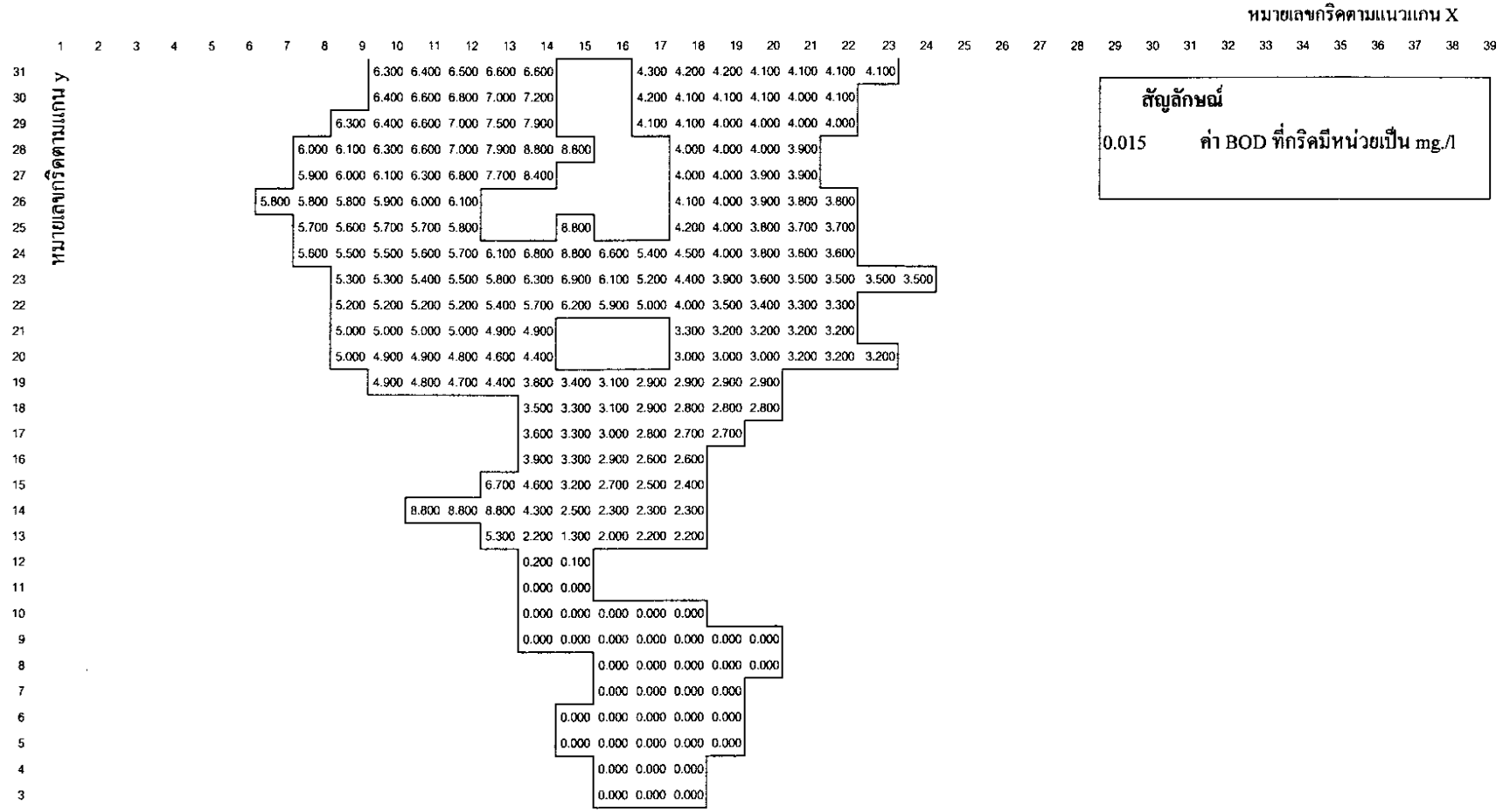
ภาพที่ 14 ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์
วันที่ 11 ธันวาคม 2545



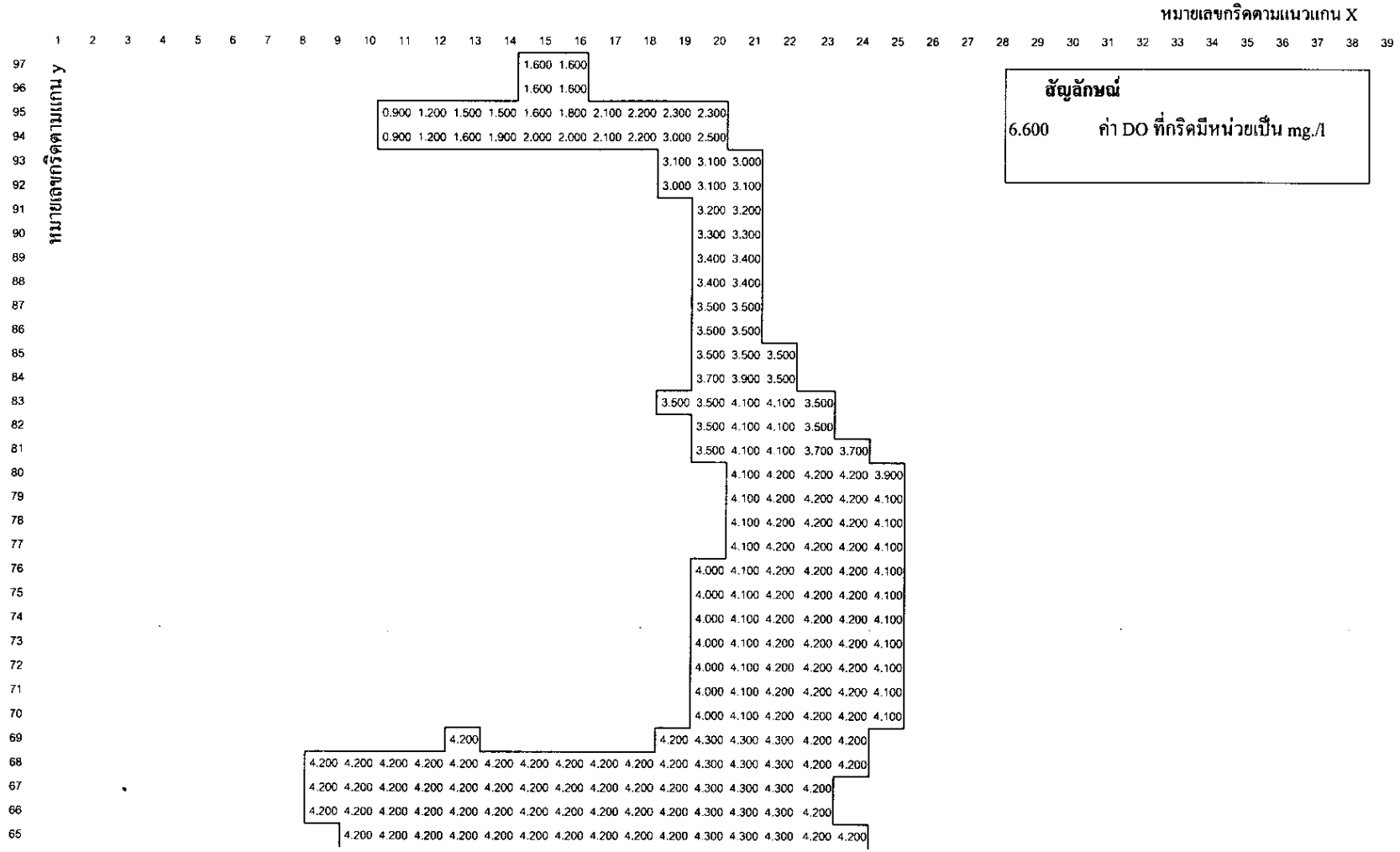
ภาพที่ 15 ค่า BOD ที่กริดต่างๆจากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

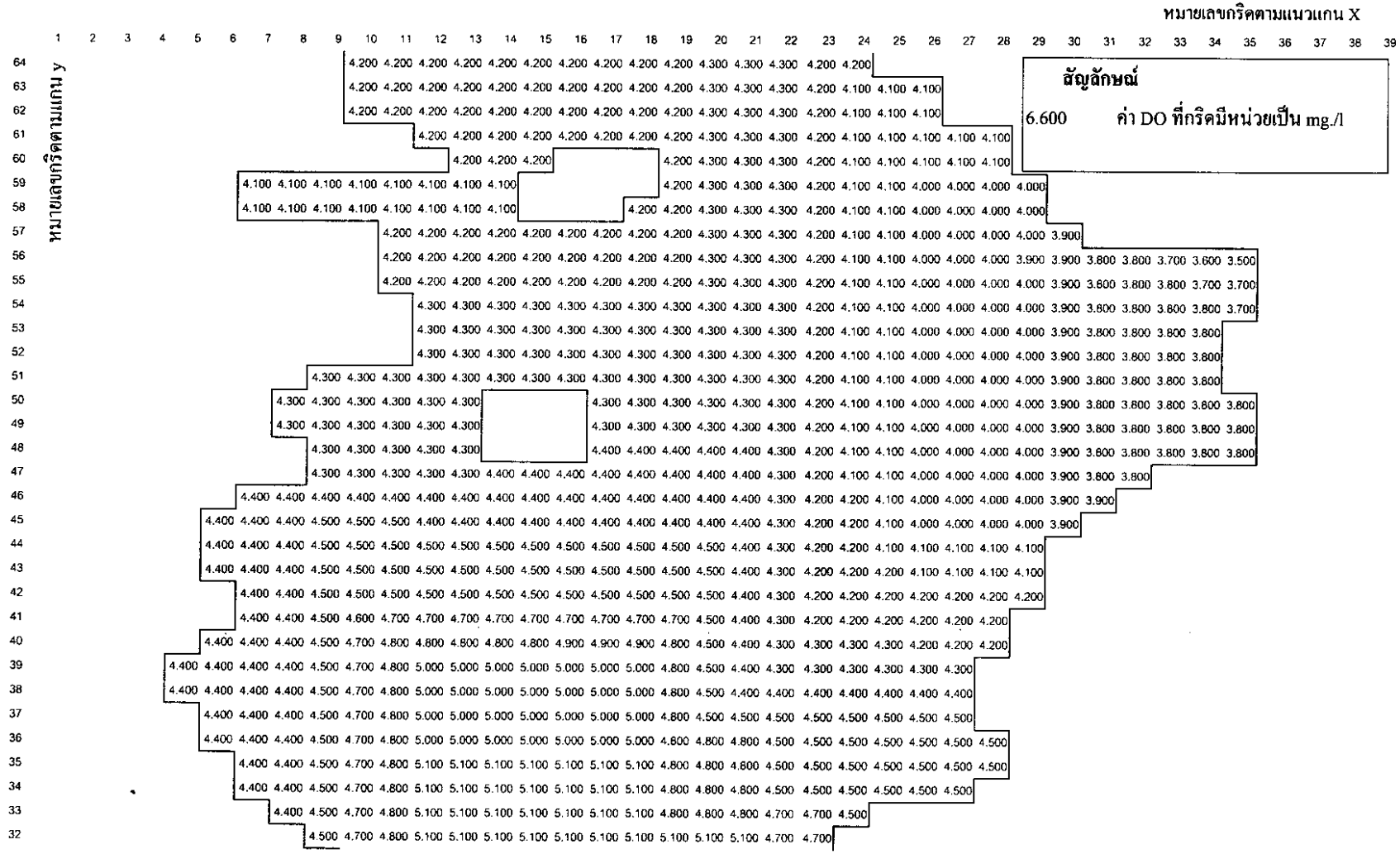
ภาพที่ 15 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

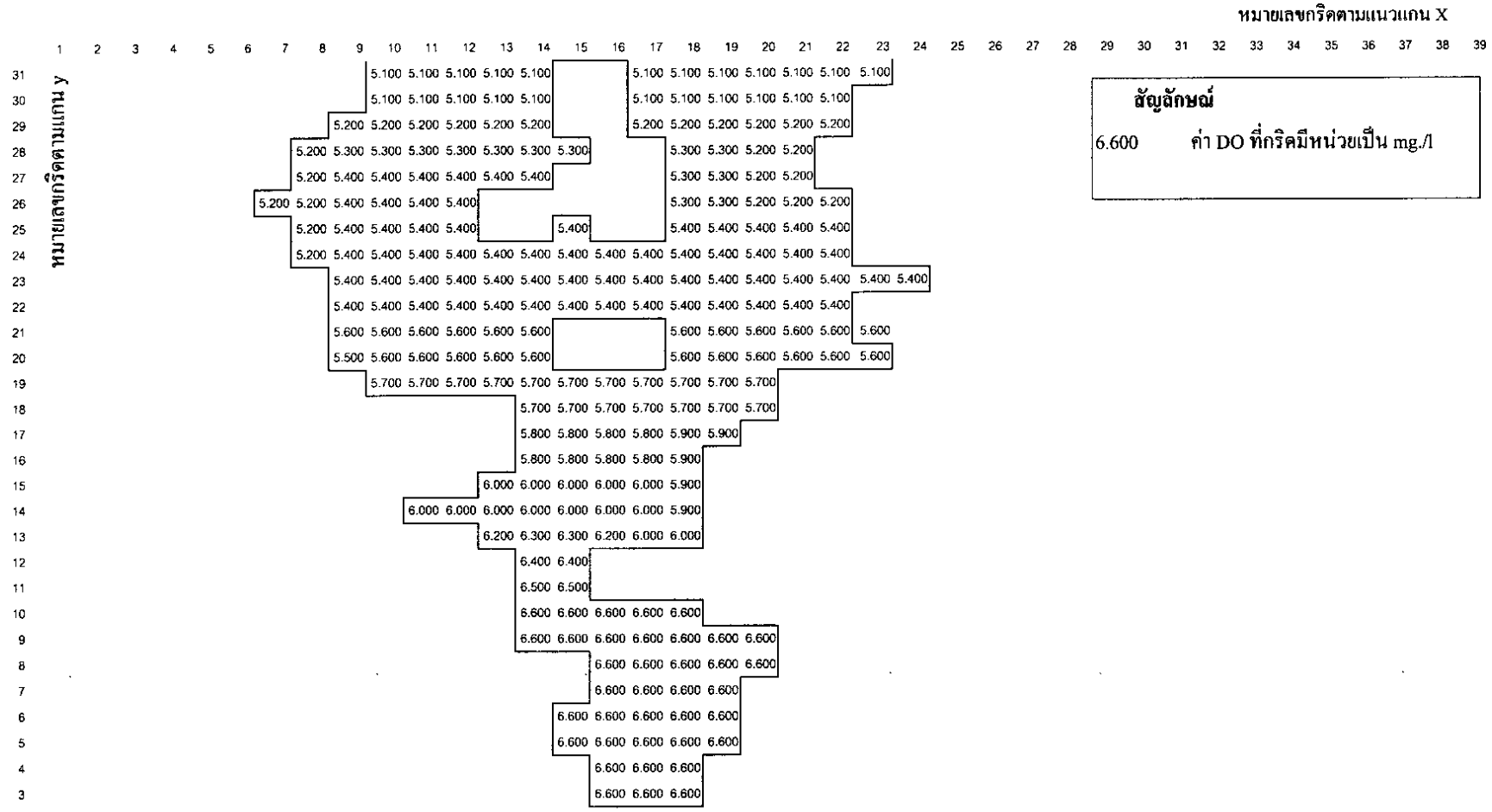
ภาพที่ 15 (ต่อ)



ภาพที่ 16 ค่า DO ที่กริดต่างๆจากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

ภาพที่ 16 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

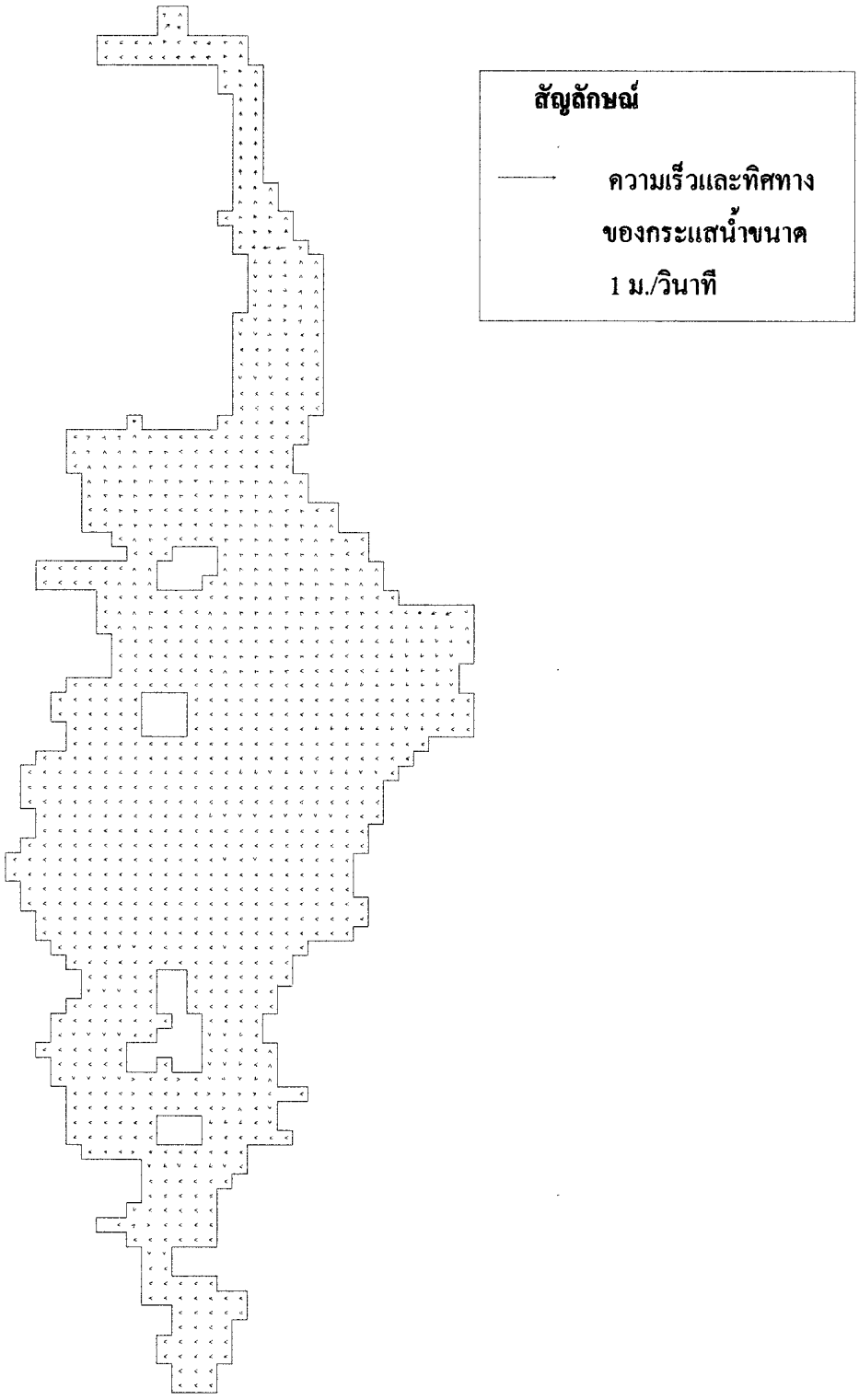
ภาพที่ 16 (ต่อ)

ตารางที่ 15 ผลที่ได้จากการคำนวณสำหรับเหตุการณ์วันที่ 11 ธันวาคม 2545

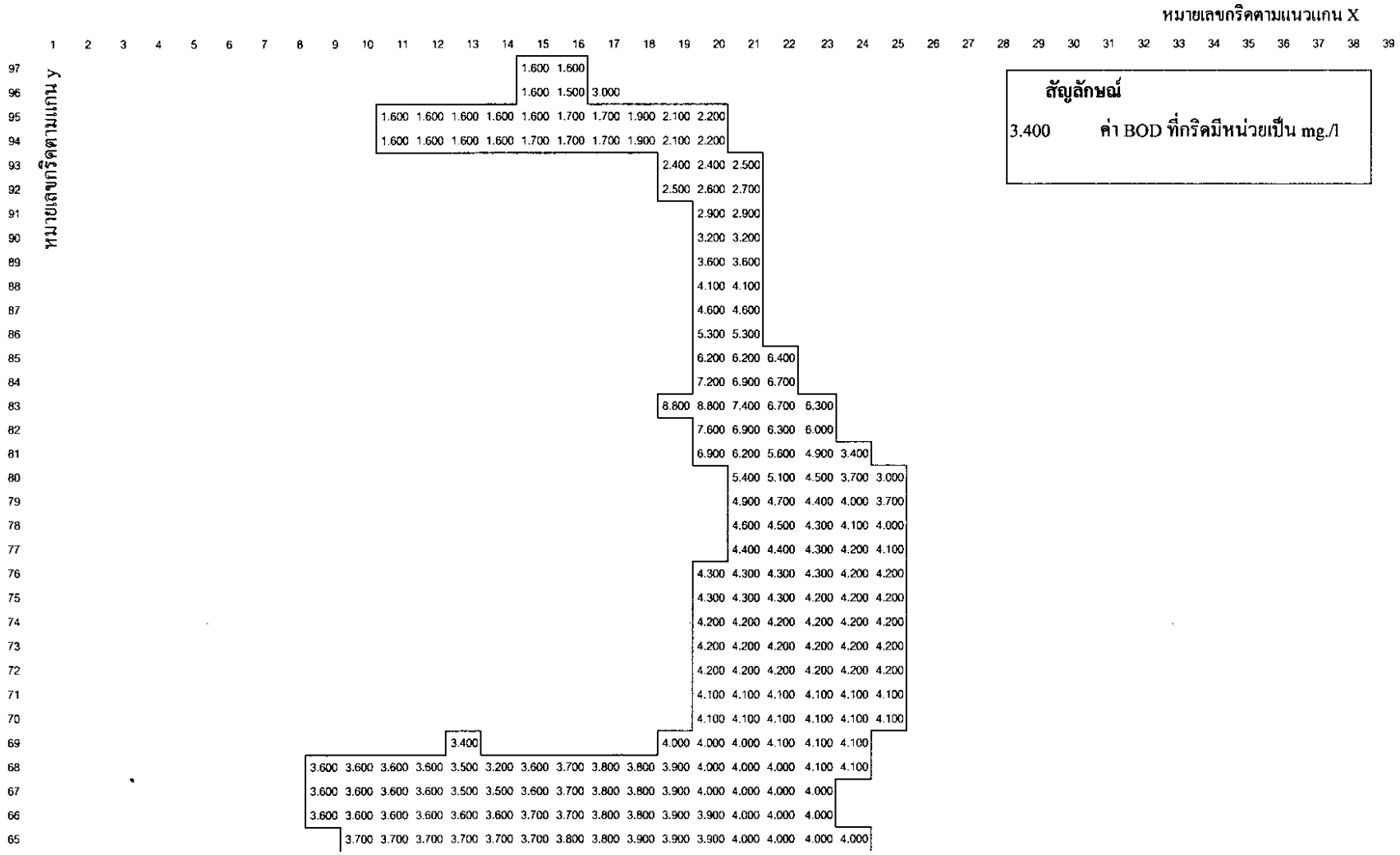
ข้อมูลที่ได้ จากการคำนวณ	ผลการคำนวณ
1. ความเร็วและทิศทางของ กระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 7	0.073 ม./ว., 107.0 องศา
2. ความเร็วและทิศทางของ กระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 8	0.019 ม./ว., 98.9 องศา
3. ความเร็วและทิศทางของ กระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 9	0.061 ม./ว., 19.9 องศา
4. ความเร็วและทิศทางของ กระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 10	0.180 ม./ว., 83.0 องศา
5. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 7 (มก./ล.)	3.5, 4.5
6. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 8 (มก./ล.)	4.0, 3.8
7. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 9 (มก./ล.)	4.1, 4.2
8. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 10 (มก./ล.)	3.5, 4.1

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการสำรวจในสนามสำหรับเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546

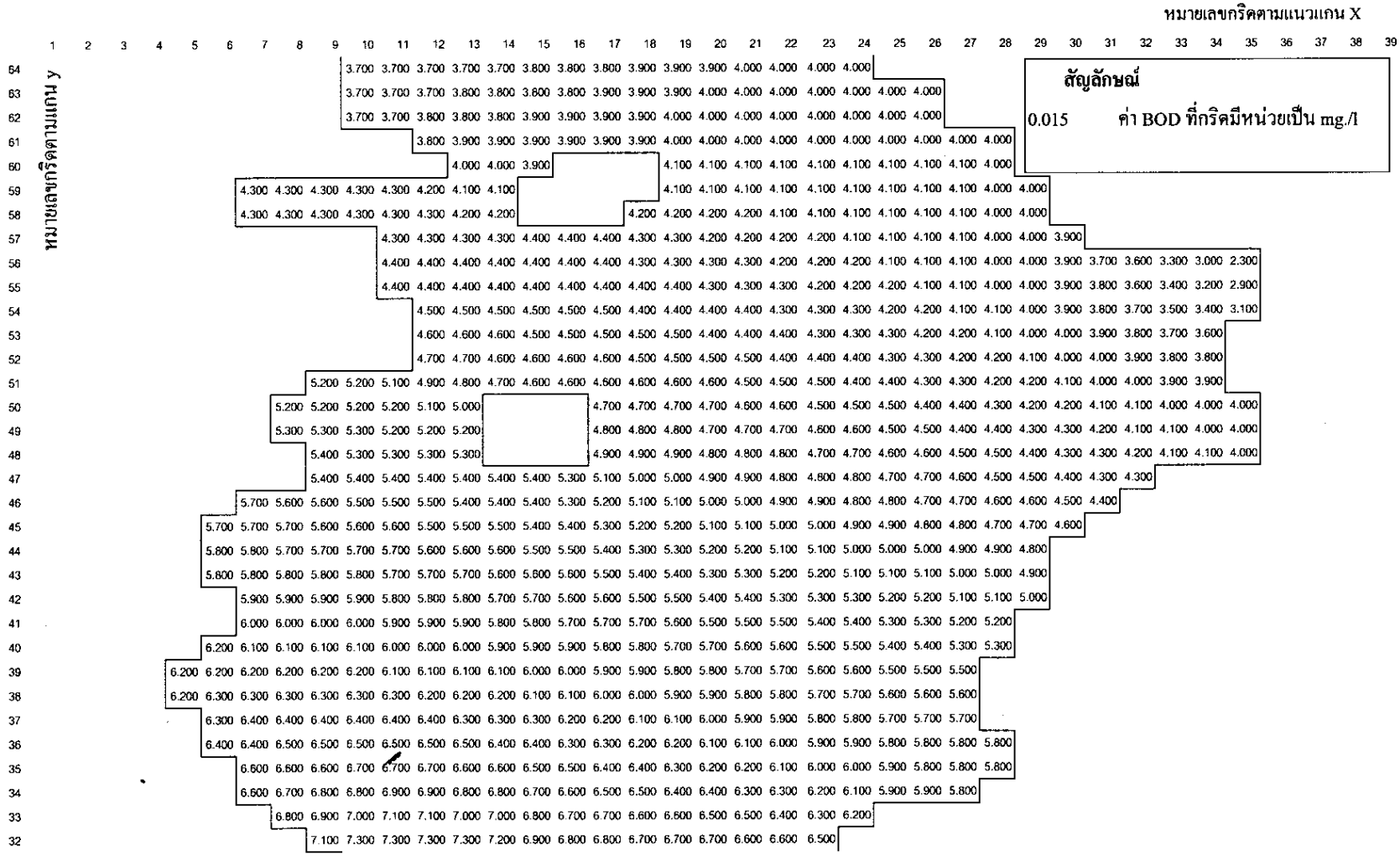
ข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง	ผลการคำนวณ	ข้อมูลจากการสำรวจ
1. ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 7	0.004 ม./ว., 123.71 องศา	0.044 ม./ว., 100.34 องศา
2. ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 8	0.003 ม./ว., 161.57 องศา	0.005 ม./ว., 153.45 องศา
3. ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 9	0.013 ม./ว., 355.60 องศา	0.020 ม./ว., 341.57 องศา
4. ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่จุดสำรวจที่ 10	0.015 ม./ว., 352.41 องศา	0.012 ม./ว., 0.00 องศา
5. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 7 (มก./ล.)	5.6, 6.1	4.42 – 5.82, 9.7 – 11.6
6. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 8 (มก./ล.)	5.4, 6.4	3.20 – 3.22, 2.8 – 4.7
7. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 9 (มก./ล.)	3.8, 6.0	4.07 – 5.32, 2.1 – 4.2
8. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 10 (มก./ล.)	4.1, 7.5	2.40 – 3.15, 3.2 – 7.5



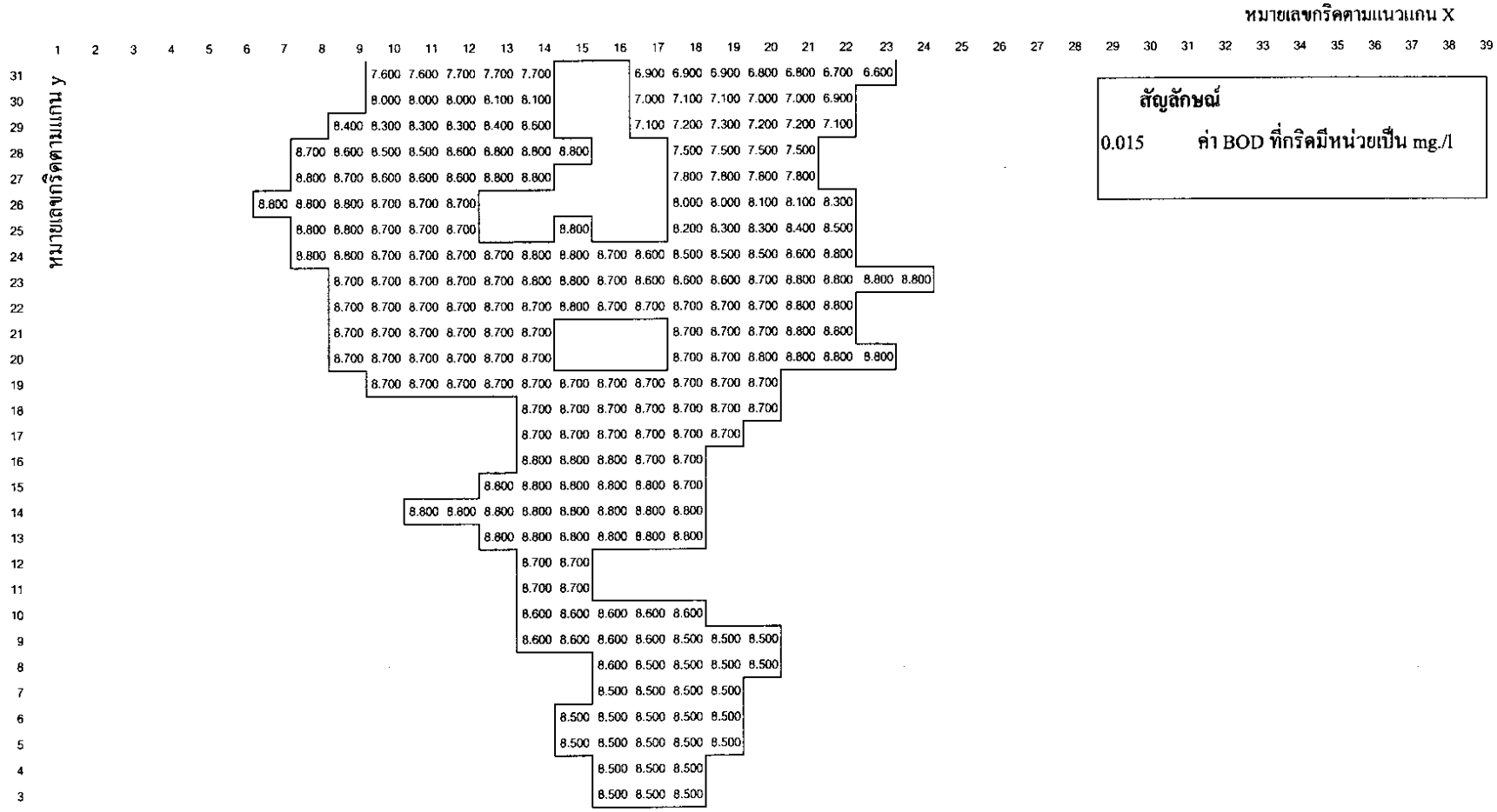
ภาพที่ 17 ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์
วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546



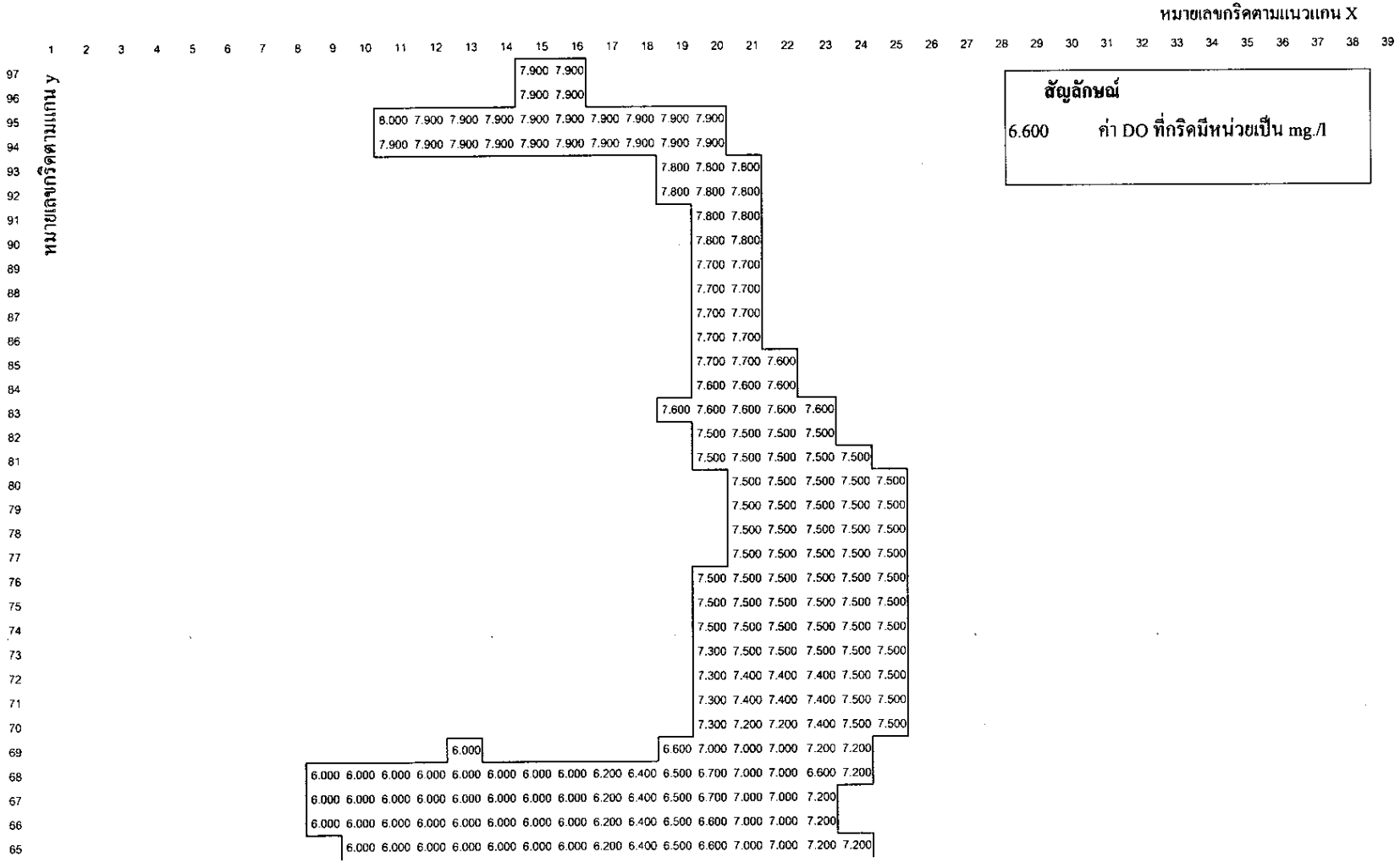
ภาพที่ 18 ค่า BOD ที่กริดต่างๆจากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

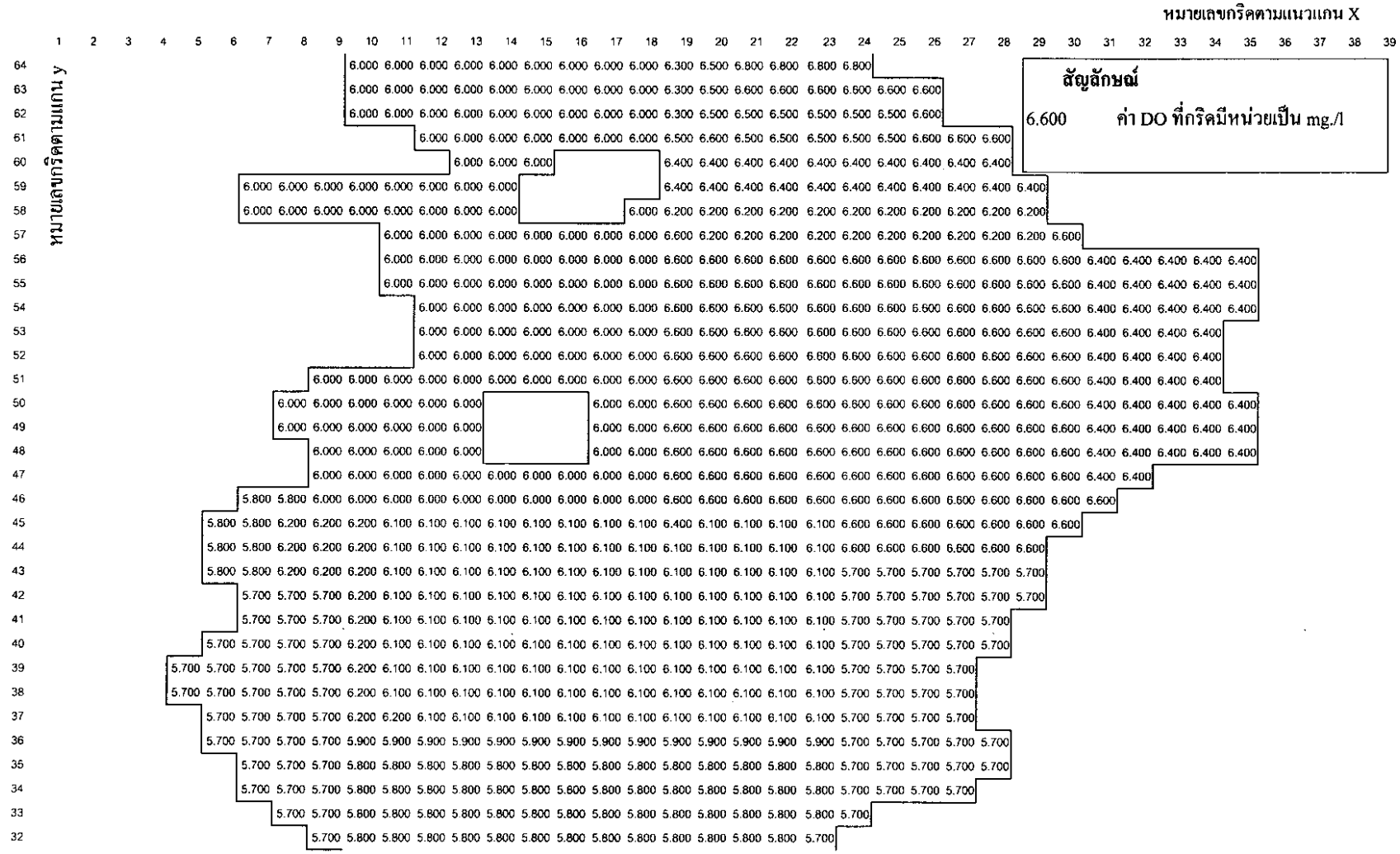
ภาพที่ 18 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

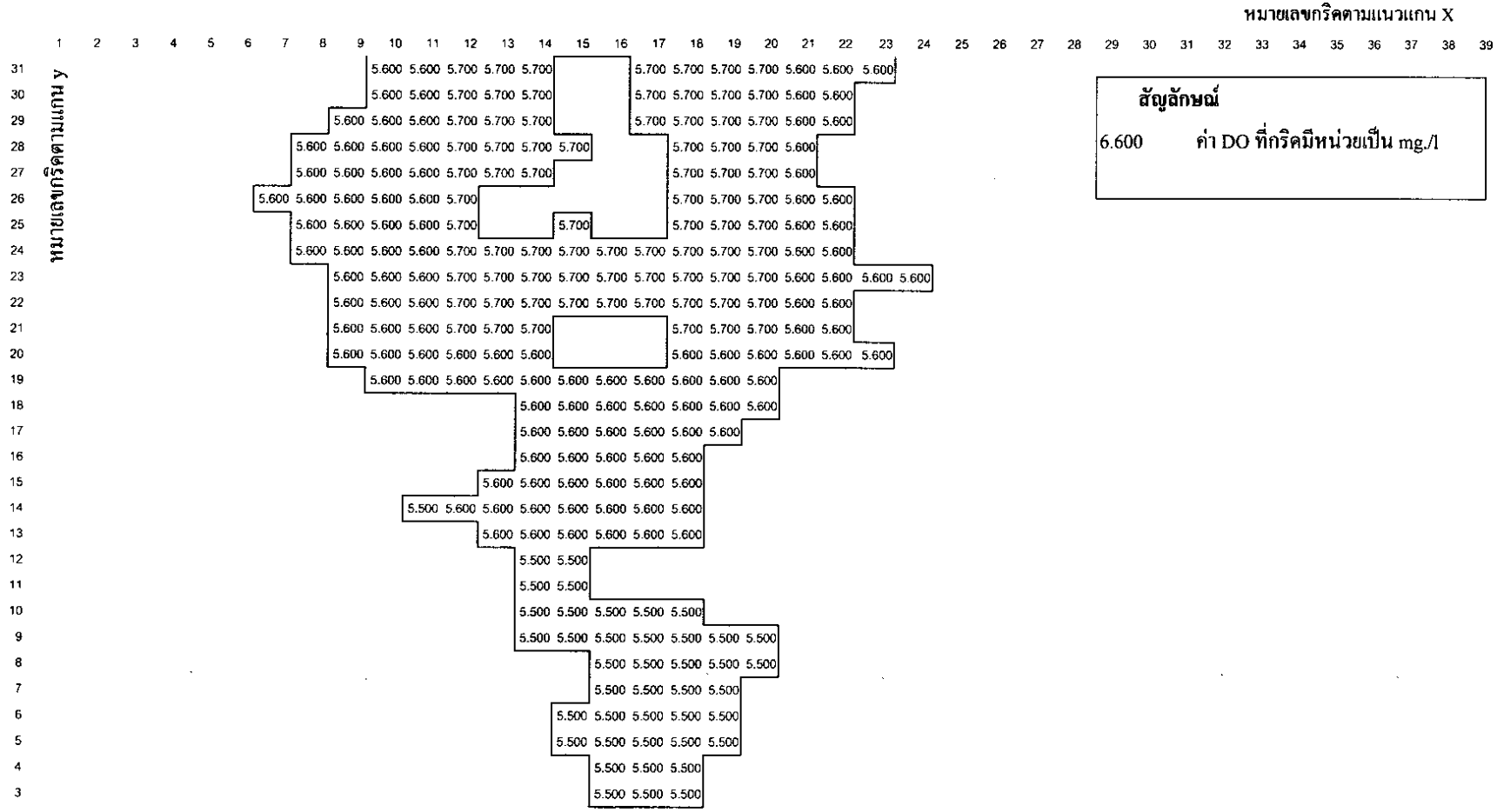
ภาพที่ 18 (ต่อ)



ภาพที่ 19 ค่า DO ที่กริดต่างๆจากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

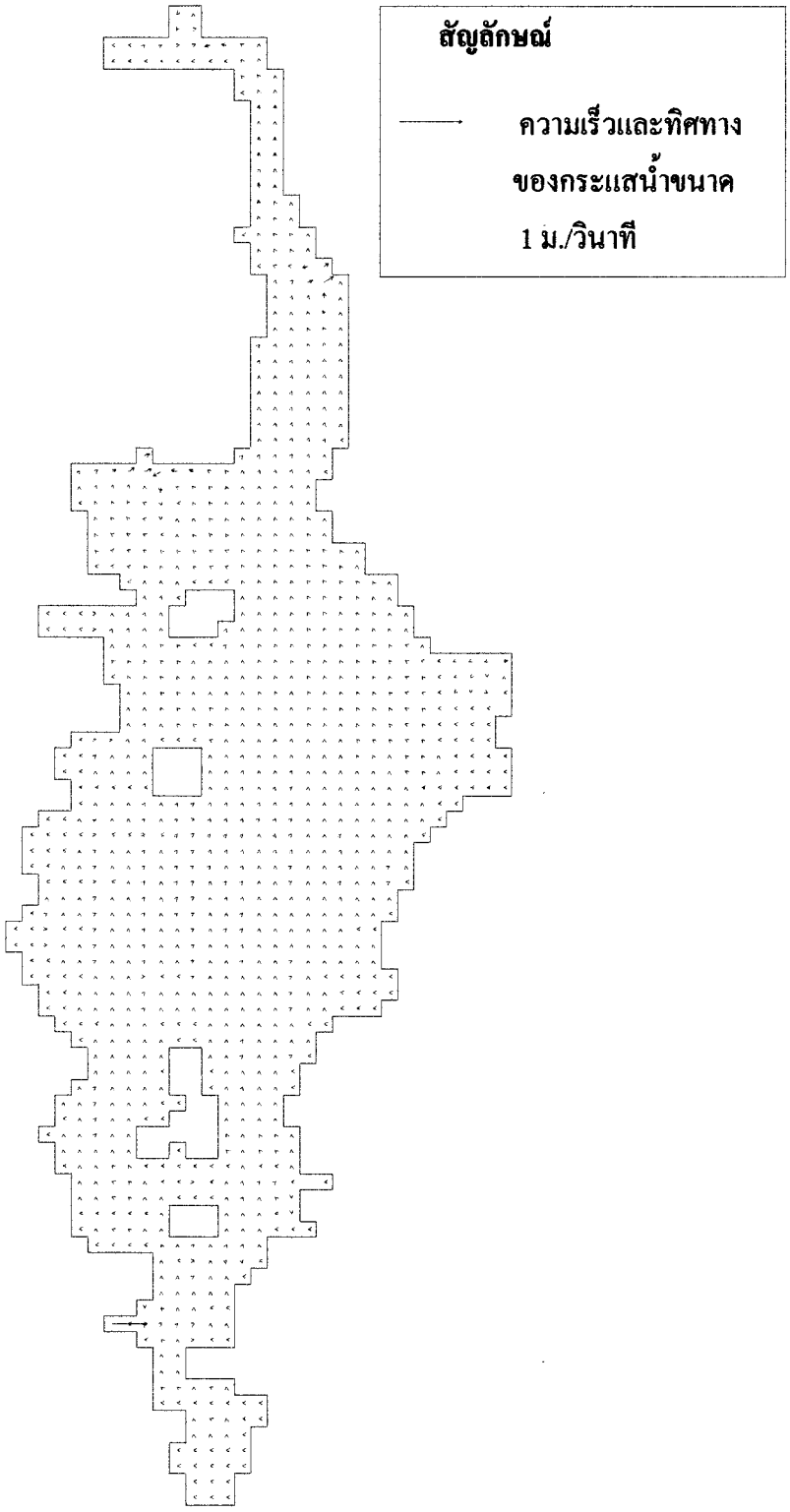
ภาพที่ 19 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

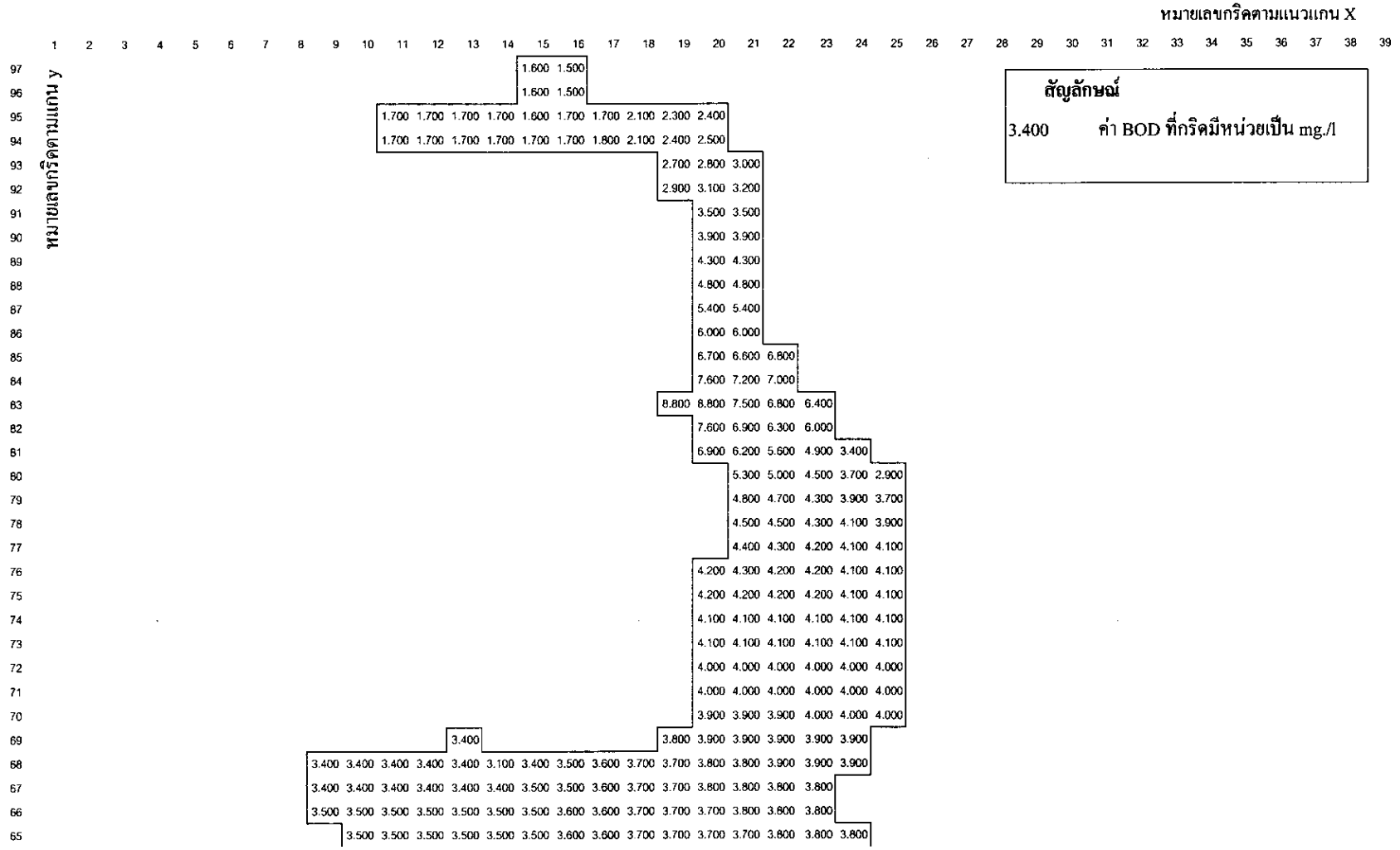
ภาพที่ 19 (ต่อ)

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการสำรวจในสนามสำหรับเหตุการณ์ในช่วงวันที่ 27 เมษายน 2546

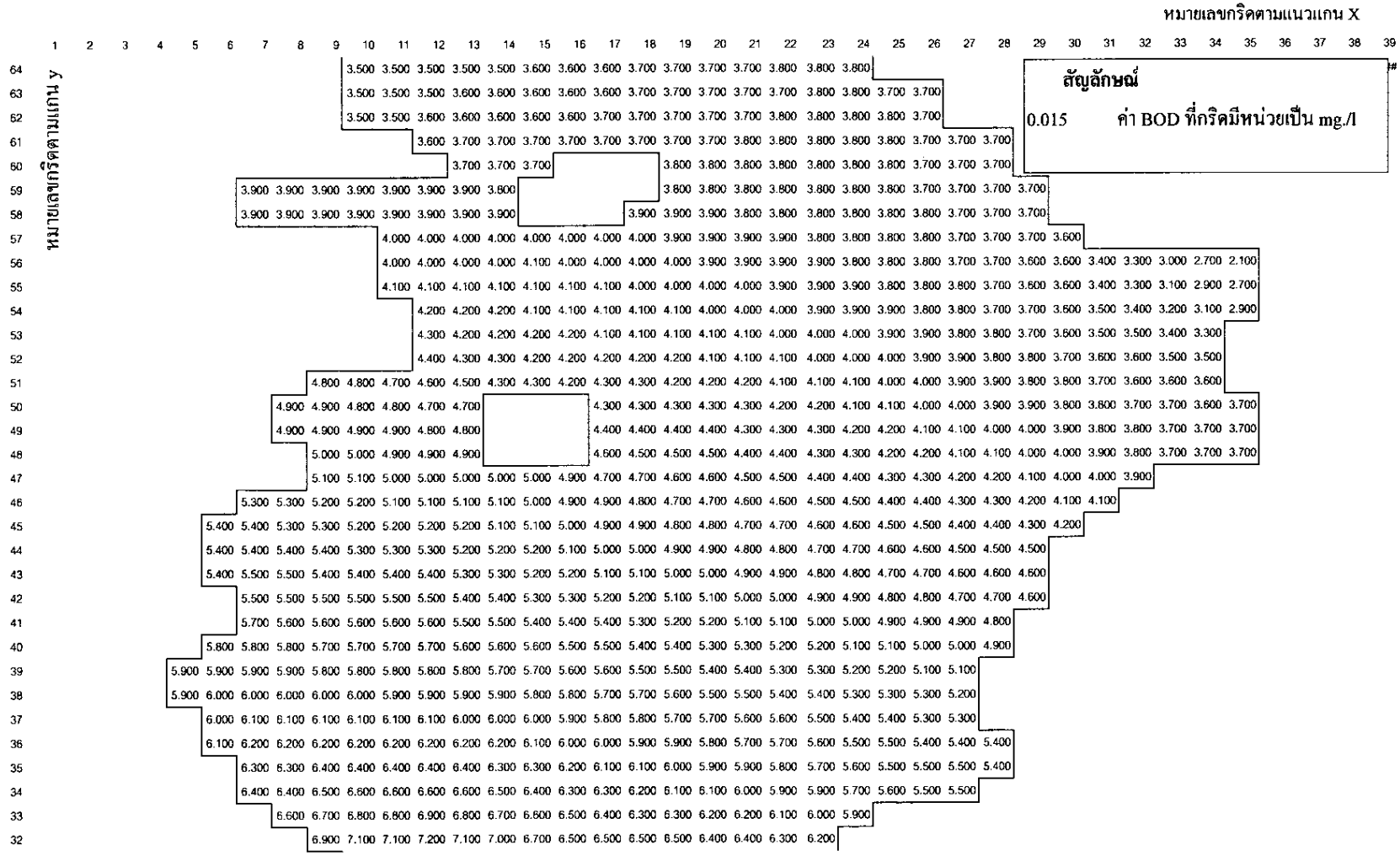
ข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง	ผลการคำนวณ	ข้อมูลจากการสำรวจ
1. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 7 (มก./ล.)	3.9, 6.1	4.0, 5.1
2. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 8 (มก./ล.)	3.8, 6.4	3.2, 2.8
3. ค่า BOD และ DO ที่จุดสำรวจที่ 9 (มก./ล.)	3.6, 6.0	6.0, 3.2



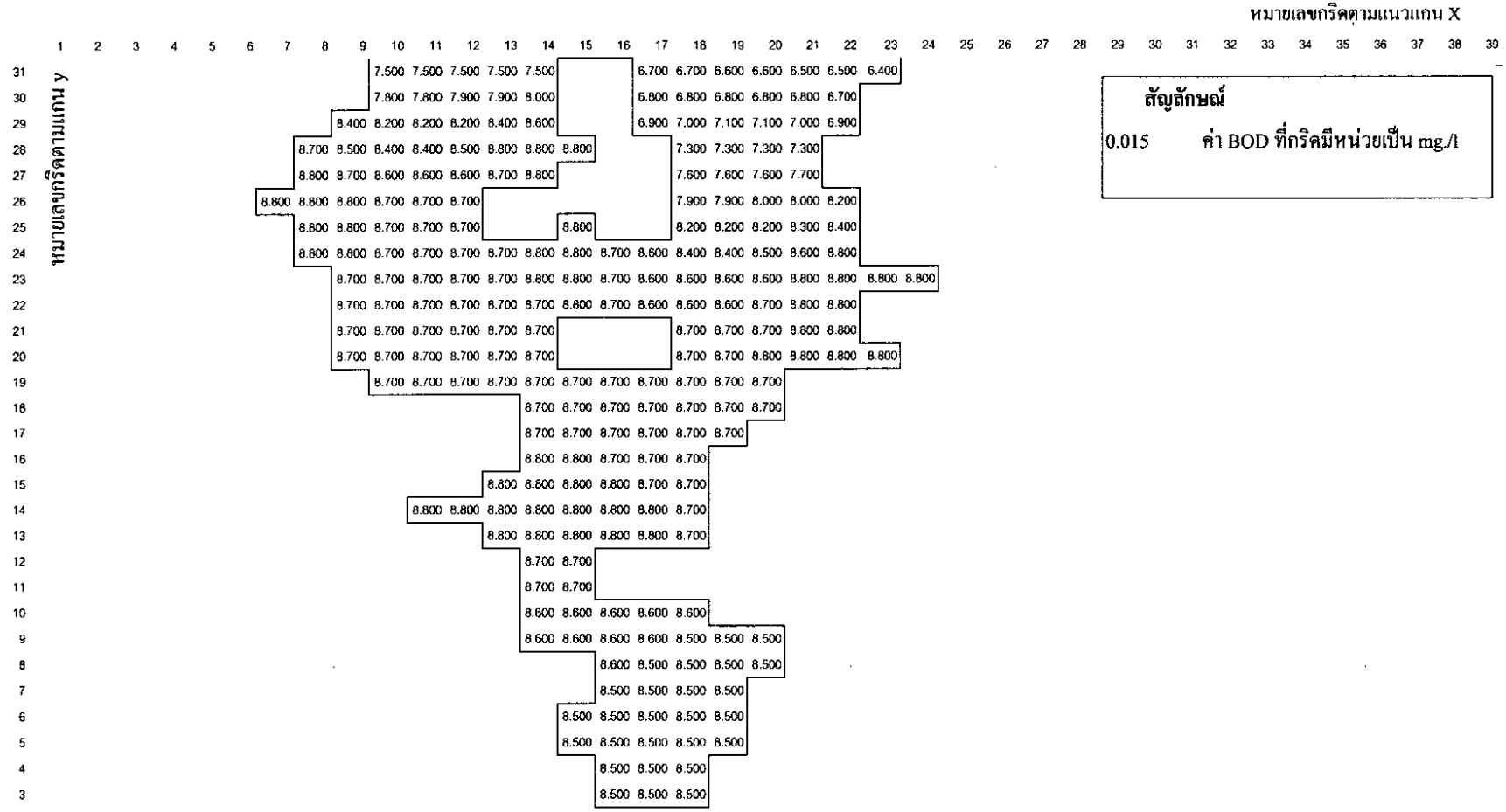
<u>ภาพที่ 20</u> ความเร็วและทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณเหตุการณ์
วันที่ 27 เมษายน 2546



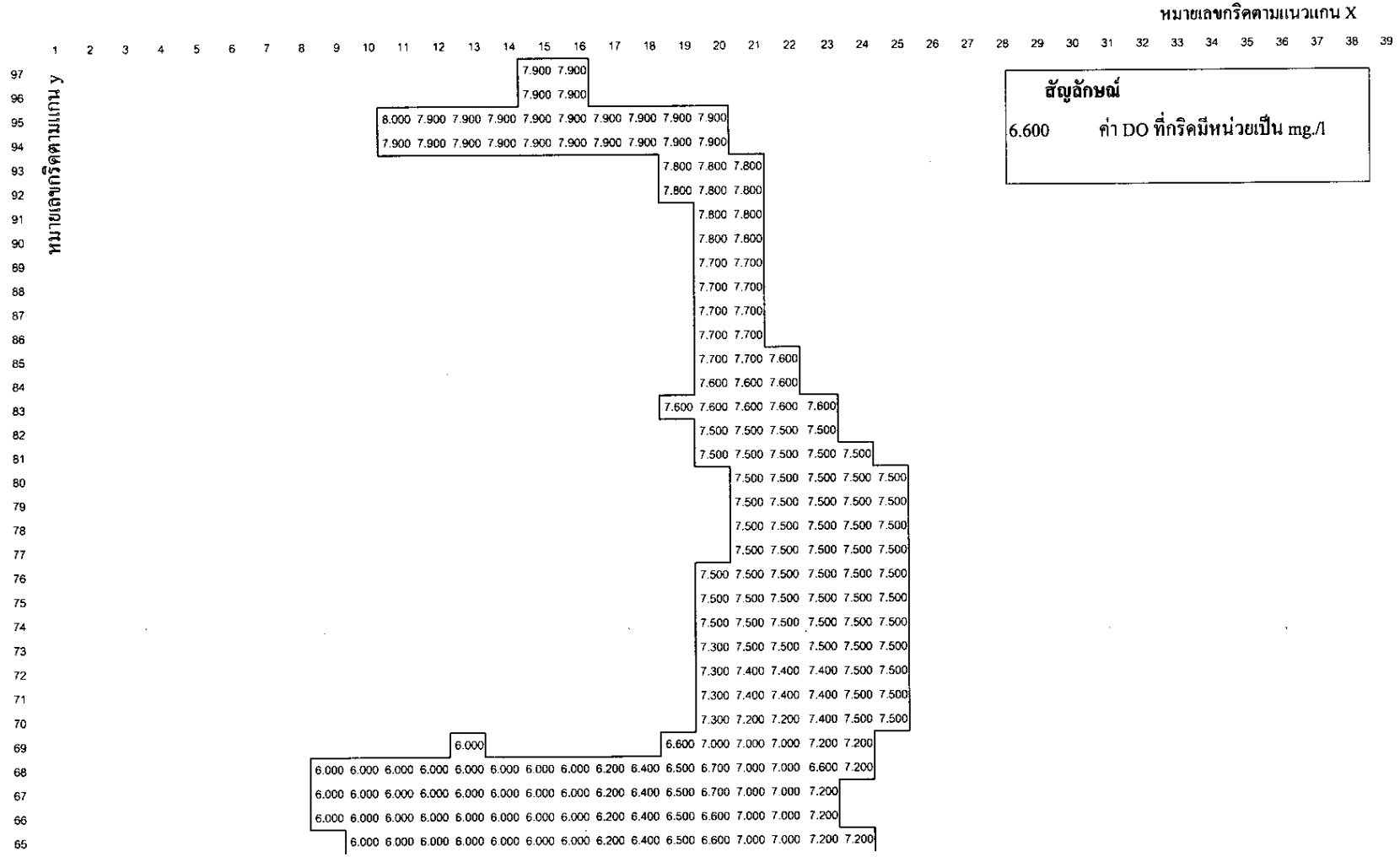
ภาพที่ 21 ค่า BOD ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 27 เมษายน 2546


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

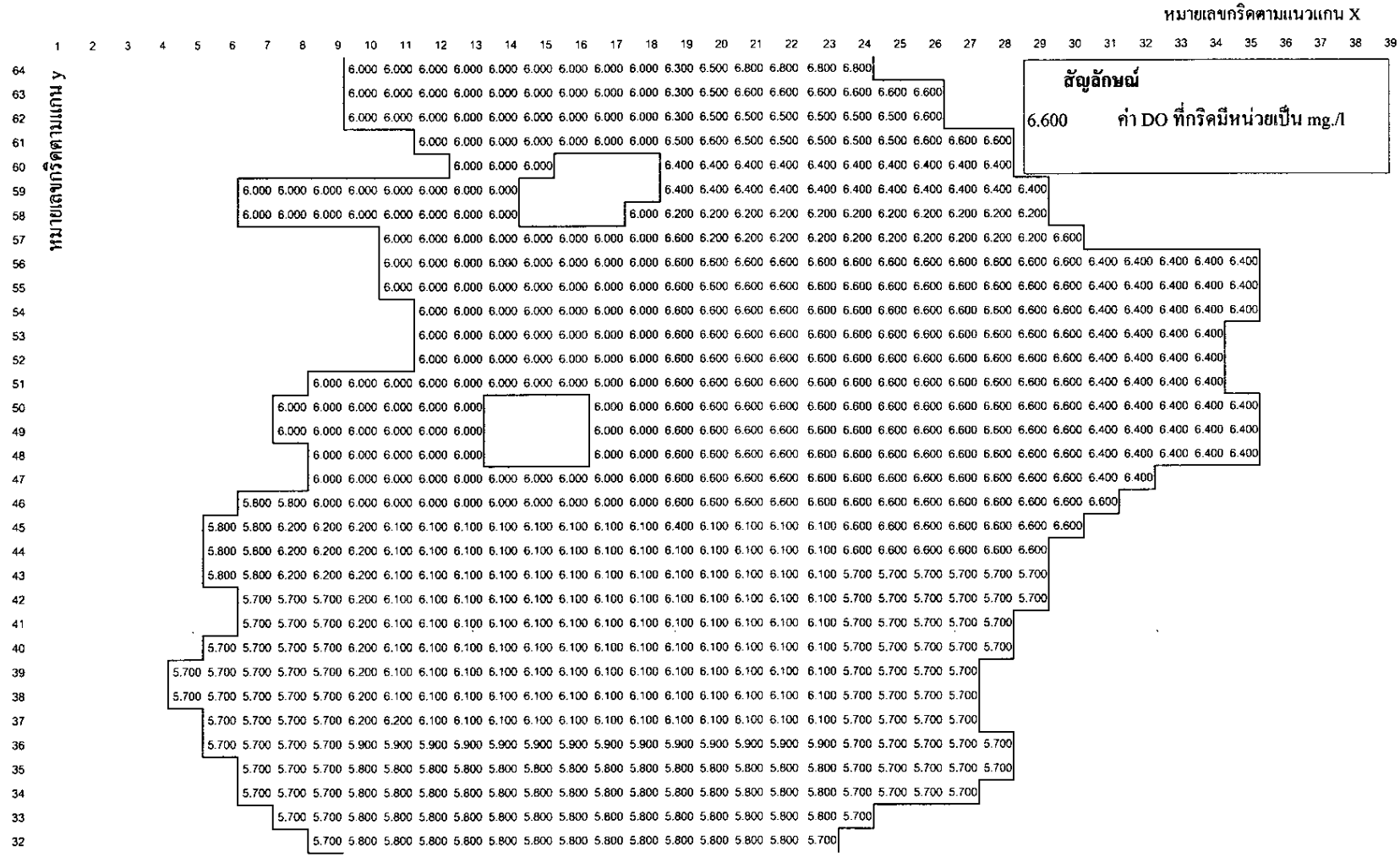
ภาพที่ 21 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแกน y
สัญลักษณ์
0.015 ค่า BOD ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

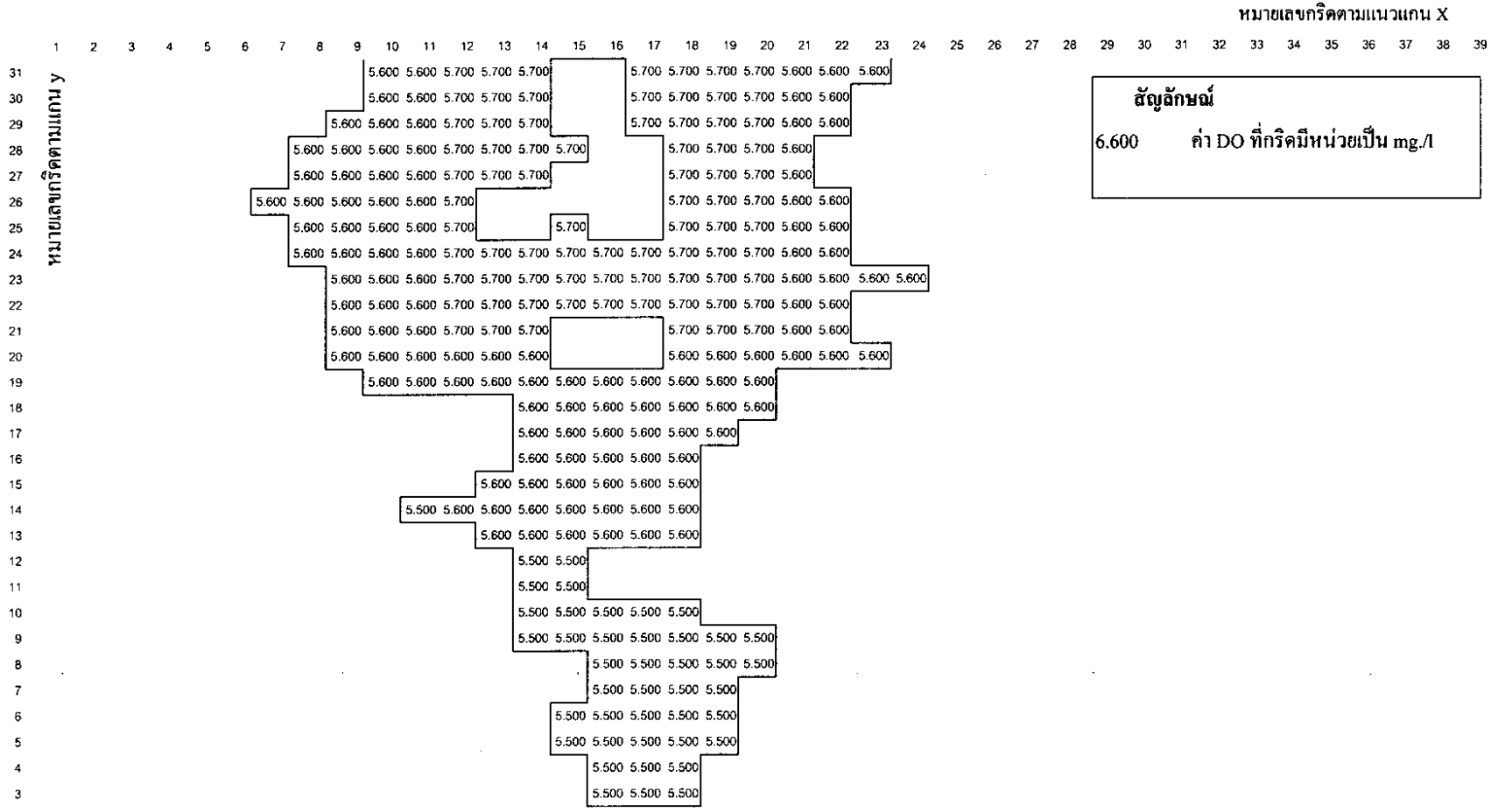
ภาพที่ 21 (ต่อ)



ภาพที่ 22 ค่า DO ที่กริดต่าง ๆ จากการคำนวณเหตุการณ์วันที่ 27 เมษายน 2546


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

ภาพที่ 22 (ต่อ)


หมายเลขกริดตามแนวแกน X
หมายเลขกริดตามแนวแกน y
สัญลักษณ์
6.600 ค่า DO ที่กริดมีหน่วยเป็น mg./l

ภาพที่ 22 (ต่อ)

วิจารณ์ผล

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำเพื่อจำลองสภาพการไหลและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำกับพื้นที่บึงบอระเพ็ดนั้น พบว่าทั้งแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองคุณภาพน้ำมีผลการคำนวณโดยแบบจำลองคลาดเคลื่อนกับค่าที่สำรวจได้จากสนามดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 16 และ 17 ด้วยสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกบึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่ศึกษา โดยบึงบอระเพ็ดนั้นมีลักษณะทั้งกายภาพและระบบนิเวศวิทยาที่หลากหลาย การกำหนดจุดสำรวจในบึงบอระเพ็ดเพียง 4 จุดซึ่งเกิดจากข้อจำกัดด้านงบประมาณและระยะเวลาในการสำรวจแล้วนำมาเป็นตัวแทนของบึงบอระเพ็ดไม่เพียงพอในการจำลองแบบ

2. ในช่วงที่ทำการศึกษาคือระหว่างเดือนธันวาคม 2545 ถึง เดือนเมษายน 2546 นั้นน้ำในบึงบอระเพ็ดค่อนข้างนิ่ง การตรวจวัดความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำทำได้ยากโดยต้องใช้ระยะการตรวจวัดนานและอาจเกิดความผิดพลาดจากอิทธิพลของการแล่นของเรือในบึง

3. แบบจำลองคุณภาพน้ำที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะขบวนการในการพัดพาและการฟุ้งกระจาย โดยไม่ได้พิจารณาขบวนการอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน ซึ่งประกอบด้วย ขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจของพืชน้ำและแพลงตอน ขบวนการย่อยสลายธาตุอาหาร และ ความต้องการออกซิเจนของตะกอนท้องบึง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำแบบ 2 มิติเฉลี่ยกับความลึกตามแนวทางของ Ponce and Yabusaki (1981) และ Leendertse (1970) ซึ่งอาศัยการอินติเกรตตามความลึกสมการ 3 มิติ และใช้วิธีระเบียบเชิงตัวเลขแบบ ADI (alternating direction implicit) ในการแก้สมการเป็นวิธีการศึกษาสภาพการไหลและการกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้เทคนิคไม่สูงมากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาที่มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่มีสภาพกว้างหรือยาวแต่มีความลึกเฉลี่ยไม่มากนักได้

การประยุกต์ใช้แบบจำลองได้คัดเลือกบึงบอระเพ็ดเป็นกรณีศึกษาและรวบรวมข้อมูลและสำรวจภาคสนามเพื่อนำมาใช้ทดสอบแบบจำลอง โดยได้กระทำใน 3 ช่วงเวลา คือ 1) ในระหว่างวันที่ 10-11 ธันวาคม 2545 2) วันที่ 10-13 กุมภาพันธ์ 2546 และ 3) วันที่ 28 เมษายน 2546 ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาดังกล่าวคือในระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม 2545 ถึง วันที่ 28 เมษายน 2546 โดยการใช้งานแบบจำลองนั้นได้จำลองรูปร่างของบึงบอระเพ็ดด้วย กริดจำนวน 39*99 กริด โดยแต่ละกริดมีความกว้าง 200 ม. และความยาว 200 ม. ผลสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่งของท้องบึงมีค่าระหว่าง 0.025 ถึง 0.035 และ สัมประสิทธิ์การฟุ้งกระจายในทิศทางแนวนอนและแนวตั้งมีค่าเท่ากันคือ 90 ตร.ม./ว.

ผลการดำเนินงานแบบจำลองโดยภาพรวมในการประเมินความเร็วและทิศทางในการไหลตลอดจนปริมาณ BOD และ DO นั้นยังมีความผิดพลาดอยู่พอสมควร เนื่องจากสาเหตุสำคัญดังนี้คือ 1) บึงบอระเพ็ดในช่วงที่มีการศึกษามีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 125 ตร. กม. และมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ในขณะที่มีการเก็บข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนในการจำลองแบบเพียง 4 จุด เท่านั้น 2) ความถูกต้องในการตรวจวัดความเร็วและทิศทางการไหลของกระแสน้ำในบึงบอระเพ็ดมีค่าไม่มากนัก เนื่องจากอิทธิพลของการแล่นของเรือ และ 3) แบบจำลองคุณภาพน้ำที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะขบวนการในการพัดพาและการฟุ้งกระจาย โดยไม่ได้พิจารณาขบวนการอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน ซึ่งประกอบด้วย ขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจของพืชน้ำและแพลงตอน ขบวนการย่อยสลายธาตุอาหาร และความต้องการออกซิเจนของตะกอนท้องบึง

ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองคุณภาพน้ำที่นำมาประยุกต์ใช้ไม่ได้พิจารณาอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน ซึ่งประกอบด้วย ขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจของพืชน้ำและแพลงตอน ขบวนการย่อยสลายธาตุอาหาร และ ความต้องการออกซิเจนของตะกอนท้องบึงจึงควรที่จะเพิ่มความสัมพันธ์ต่าง ๆ เหล่านี้ในสมการควบคุมปรากฏการณ์ของแบบจำลองคุณภาพน้ำ

2. ในการใช้งานแบบจำลองให้มีความถูกต้องสูงควรเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะทางกายภาพและระบบนิเวศที่ไม่แตกต่างกันมาก หรือในกรณีที่ควรเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะทางกายภาพและระบบนิเวศที่แตกต่างกันมากจำเป็นต้องทำการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาสำหรับเป็นตัวแทนลักษณะที่แตกต่างกันให้มาก

3. ในการศึกษาแบบจำลองด้านคุณภาพน้ำสำหรับพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจขบวนการต่าง ๆ ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำที่สนใจก่อนจะคัดเลือกแบบจำลอง

4. การกำหนดระยะเวลาในการ simulate แบบจำลองไม่ควรกำหนดระยะเวลานานเพื่อให้การสำรวจและรวบรวมข้อมูลมีความละเอียดเพียงพอเช่น ควรกำหนดระยะเวลาในการ simulate แบบจำลองเพียง 7 วันโดยมีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทุกวันหรือวันละหลายครั้ง

5. การสำรวจข้อมูลสำหรับกำหนดเป็นสภาพเริ่มต้นควรเก็บพร้อม ๆ กันในทุก ๆ จุดสำรวจโดยอาจจำเป็นต้องใช้คณะสำรวจหลายชุดเพื่อให้ได้ข้อมูลสภาพเริ่มต้นที่เป็นตัวแทนในเวลาเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน, การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์, รายงานความก้าวหน้าครั้งสุดท้าย, จัดทำโดยบริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท รีซอสส์ เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนทส์ จำกัด และบริษัท เอเชีย คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2545

เกษม ปิ่นทอง, 2541, การพัฒนารูปจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อใช้พยากรณ์การแพร่กระจายความเค็มและดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบน้ำตื้นที่มีทางติดต่อกับทะเล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พรทิพย์ ฐิติโศภณวณิช, 2540, การศึกษาโปรแกรม MIKE 21 และการใช้งานในการพยากรณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, รายงานการจัดทำแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์, 2537

Chirananont, B., 1983, Circulation of Depth-Average Flow in Open Channel, Master of Engineering Thesis, Civil Engineering Program, Asian Institute of Technology, pp.4-25.

Hansen, W.,1962, ”Hydrodynamic Methods Applied to Oceanographic Problems, ”Proceedings of the Symposium on Mathematical-Hydrodynamical Methods of Physical Oceanography, Institute fur McGroshunde der University Hamburg, Hamburg, West Germany, pp.25-34.

Leendertse, J.J., 1967, Aspects of a Computational Model for Long Period Water-Wave Propagation, California, The Rand Corporation, pp. 1-15.

Leendertse, J.J.,1970, A Water-Quality Simulation Model for Well-Mixed Estuarine and Coastal Seas, Califonia, The Rand Corporation, pp. 1-17.

Ponce, V.M. and Yabusaki, S.S.,1981, “Modeling Circulation in Depth-Average Flow,” Journal of the Hydraulics Division ASCE, Vol.107, No.HY11, pp. 1501-1507.

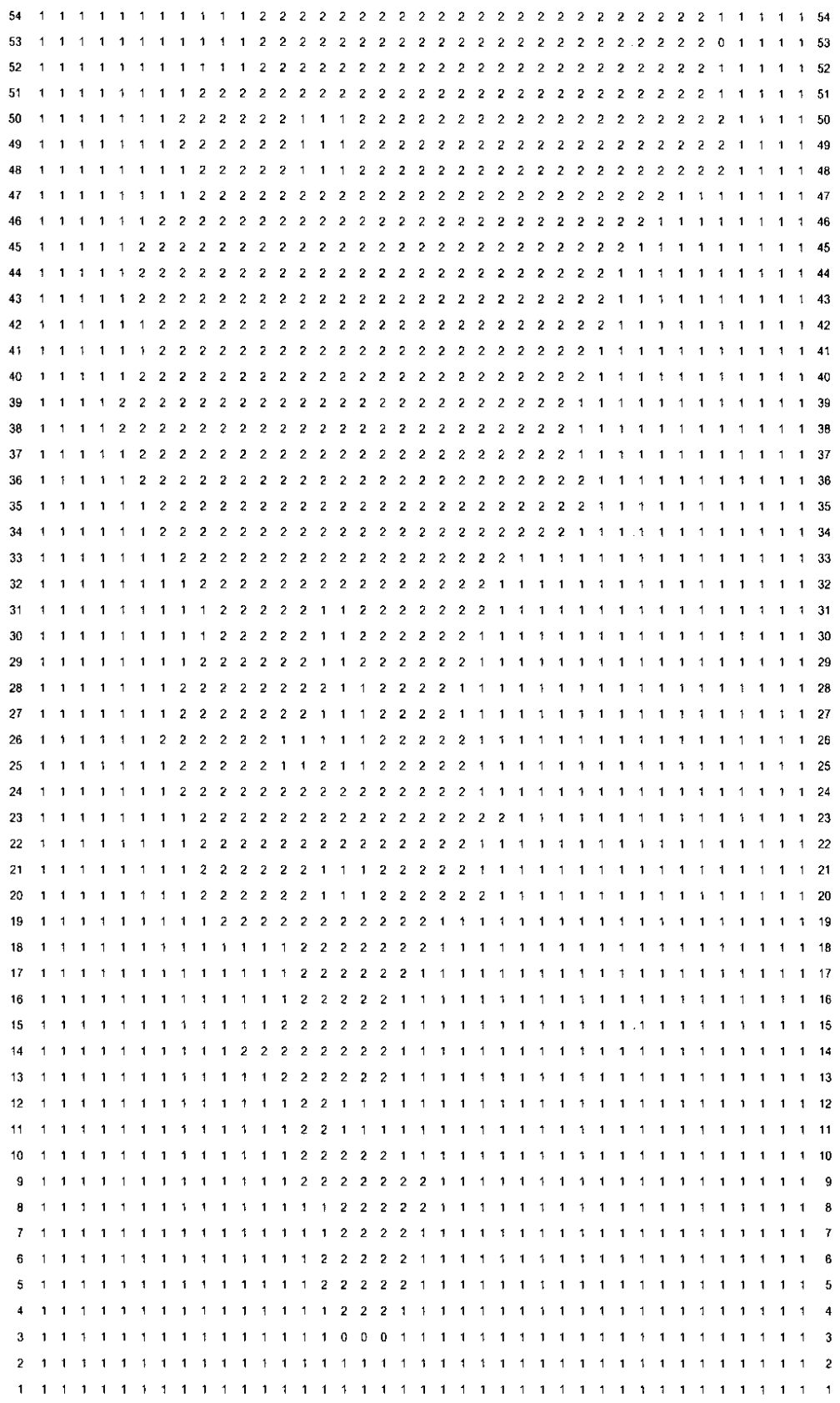
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง

```
 39  99 14400
 200      200   60 9.810  0.050  .0039
 10  11
Hyd
      1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
 99   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 99
 98   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 98
 97   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 97
 96   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 96
 95   1  1  1  1  1  1  1  1  1  0  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 95
 94   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 94
 93   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 93
 92   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 92
 91   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 91
 90   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 90
 89   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 89
 88   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 88
 87   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 87
 86   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 86
 85   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 85
 84   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 84
 83   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 83
 82   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 82
 81   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 81
 80   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 80
 79   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 79
 78   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 78
 77   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 77
 76   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 76
 75   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 75
 74   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 74
 73   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 73
 72   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 72
 71   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 71
 70   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 70
 69   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 69
 68   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 68
 67   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 67
 66   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 66
 65   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 65
 64   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 64
 63   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 63
 62   1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 62
 61   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 61
 60   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 60
 59   1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 59
 58   1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1 58
 57   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1 57
 56   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1 56
 55   1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  1  1  1  1 55
```

<u>ภาพผนวกที่ 1</u> ข้อมูลการแบ่งขอบเขตพื้นที่พื้นดินและพื้นน้ำของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ และแบบจำลองคุณภาพน้ำ



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

U

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	99
98	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	98
97	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	97
96	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	96
95	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	95
94	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	94
93	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	93
92	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	92
91	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	91
90	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	90
89	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	89
88	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	88
87	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	87
86	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	86
85	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	85
84	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	84
83	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	83
82	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	82
81	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	81
80	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	80
79	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	79
78	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	78
77	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	77
76	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	76
75	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	75
74	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	74
73	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	73
72	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	72
71	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	71
70	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	70
69	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	69
68	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	68
67	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	67
66	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	66
65	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	65

ภาพผนวกที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลการกำหนดความเร็วเริ่มต้นในทิศทาง X

V

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	99
98	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	98
97	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	97
96	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	96
95	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	95
94	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	94
93	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	93
92	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	92
91	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	91
90	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	90
89	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	89
88	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	88
87	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	87
86	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	86
85	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	85
84	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	84
83	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	83
82	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	82
81	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	81
80	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	80
79	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	79
78	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	78
77	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	77
76	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	76
75	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	75
74	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	74
73	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	73
72	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	72
71	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	71
70	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	70
69	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	69
68	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	68
67	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	67
66	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	66
65	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	65

<u>ภาพผนวกที่ 3</u> ตัวอย่างข้อมูลการกำหนดความเร็วเริ่มต้นในทิศทาง Y

H

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66
65	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	65

<u>ภาพผนวกที่ 4</u> ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้น

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	99
98	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	98
97	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.70	21.70	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	97
96	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.60	21.60	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	96
95	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.00	22.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	95
94	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.34	21.41	21.41	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	94
93	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.34	21.41	21.41	21.41	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	93
92	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.34	22.38	20.88	20.88	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	92
91	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.80	21.80	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	91
90	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	90
89	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	89
88	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	88
87	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	87
86	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.33	23.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	86
85	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.50	22.19	22.74	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	85
84	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.06	22.00	22.39	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	84
83	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.85	21.65	21.58	22.39	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	83
82	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.14	22.50	22.18	21.69	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	82
81	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.33	22.44	22.50	22.21	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	81
80	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.02	22.55	22.00	22.00	21.93	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	80
79	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.09	21.78	21.88	21.67	21.67	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	79
78	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.27	21.75	22.00	22.00	21.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	78
77	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.00	21.70	21.50	21.75	21.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	77
76	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.33	21.80	21.50	21.27	21.50	21.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	76
75	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.33	21.84	21.50	21.66	21.21	21.32	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	75
74	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.19	21.75	21.19	21.30	21.40	21.75	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	74
73	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.25	21.65	21.19	21.30	21.44	21.70	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	73
72	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.25	21.65	21.30	20.25	21.00	21.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	72
71	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.25	21.50	20.65	20.00	21.00	22.11	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	71
70	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.25	21.50	20.50	20.00	21.00	22.22	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	70
69	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.86	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.57	22.85	21.25	20.75	20.45	21.71	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	69
68	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.93	22.68	22.50	22.20	22.00	22.00	22.00	22.00	22.15	22.25	22.00	21.59	20.00	20.00	20.46	21.20	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	68
67	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.93	22.58	22.45	22.20	22.00	21.99	21.60	21.60	21.75	21.60	21.25	20.69	20.69	20.50	21.25	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	67
66	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.88	22.50	22.12	22.02	21.75	21.60	21.25	21.50	21.43	21.35	21.02	21.00	20.50	20.72	21.48	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	66
65	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.50	22.00	22.02	21.61	21.50	21.00	20.80	21.09	21.35	21.25	21.04	20.33	20.75	21.00	22.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	65

ภาพผนวกที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลระดับของพื้นดินท้องบึงบอระเพ็ด

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	99
98	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	98
97	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	97
96	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	96
95	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	95
94	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	94
93	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	93
92	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	92
91	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	91
90	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	90
89	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	89
88	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	88
87	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	87
86	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	86
85	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	85
84	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	84
83	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	83
82	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.250	0.250	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	82
81	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	81
80	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	80
79	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	79
78	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	78
77	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	77
76	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	76
75	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	75
74	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	74
73	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	73
72	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	72
71	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	71
70	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	70
69	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.250	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	69
68	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	68
67	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	67
66	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	66
65	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.035	0.035	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	65

<u>ภาพผนวกที่ 6</u> ตัวอย่างข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด

BOD

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99
98	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	98
97	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	97
96	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	96
95	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	95
94	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	94
93	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	93
92	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	92
91	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	91
90	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	90
89	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	89
88	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	88
87	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	87
86	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	86
85	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	85
84	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	84
83	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	83
82	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	82
81	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	81
80	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	80
79	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	79
78	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	78
77	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	77
76	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	76
75	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	75
74	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	74
73	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	73
72	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	72
71	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	71
70	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	70
69	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	69
68	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	68
67	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	67
66	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	66
65	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	65

<u>ภาพผนวกที่ 7</u> ตัวอย่างข้อมูลค่า BOD สภาพเริ่มต้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด

DO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99
98	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	98
97	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	97
96	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	96
95	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	95
94	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	94
93	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	93
92	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	92
91	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	91
90	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	90
89	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	89
88	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	88
87	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	87
86	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	86
85	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	85
84	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	84
83	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	83
82	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	82
81	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	81
80	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	80
79	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	79
78	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	78
77	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	77
76	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	76
75	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	75
74	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	74
73	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	73
72	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	72
71	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	71
70	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	70
69	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	69
68	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	68
67	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	67
66	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	66
65	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	65

<u>ภาพผนวกที่ 8</u> ตัวอย่างข้อมูลค่า DO สภาพเริ่มต้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบึงบอระเพ็ด

2 1
NGLX1 1
10 95
NGLX2 1
36 56
NGUX1 1
19 3
3600 240
in1

3.008	3.005	3.002	3.000	2.997	2.994	2.991	2.989	2.986	2.983	2.980	2.977
2.975	2.972	2.969	2.966	2.963	2.961	2.958	2.955	2.952	2.950	2.947	2.944
2.941	2.938	2.936	2.933	2.930	2.927	2.925	2.922	2.919	2.916	2.913	2.911
2.908	2.905	2.902	2.899	2.897	2.894	2.891	2.888	2.886	2.883	2.880	2.877
2.874	2.872	2.869	2.866	2.863	2.860	2.858	2.855	2.852	2.849	2.847	2.844
2.841	2.838	2.835	2.833	2.830	2.827	2.824	2.822	2.819	2.816	2.813	2.810
2.808	2.805	2.802	2.799	2.796	2.794	2.791	2.788	2.785	2.783	2.780	2.777
2.774	2.771	2.769	2.766	2.763	2.760	2.758	2.755	2.752	2.749	2.746	2.744
2.741	2.738	2.735	2.732	2.730	2.727	2.724	2.721	2.719	2.716	2.713	2.710
2.707	2.705	2.702	2.699	2.696	2.693	2.691	2.688	2.685	2.682	2.680	2.677
2.674	2.671	2.668	2.666	2.663	2.660	2.657	2.655	2.652	2.649	2.646	2.643
2.641	2.638	2.635	2.632	2.629	2.627	2.624	2.621	2.618	2.616	2.613	2.610
2.607	2.604	2.602	2.599	2.596	2.593	2.591	2.588	2.585	2.582	2.579	2.577
2.574	2.571	2.568	2.565	2.563	2.560	2.557	2.554	2.552	2.549	2.546	2.543
2.540	2.538	2.535	2.532	2.529	2.526	2.524	2.521	2.518	2.515	2.513	2.510
2.507	2.504	2.501	2.499	2.496	2.493	2.490	2.488	2.485	2.482	2.479	2.476
2.474	2.471	2.468	2.465	2.462	2.460	2.457	2.454	2.451	2.449	2.446	2.443
2.440	2.437	2.435	2.432	2.429	2.426	2.423	2.421	2.418	2.415	2.412	2.410
2.407	2.404	2.401	2.398	2.396	2.393	2.390	2.387	2.385	2.382	2.379	2.376
2.373	2.371	2.368	2.365	2.362	2.359	2.357	2.354	2.351	2.348	2.346	2.346

<u>ภาพผนวกที่ 9</u> ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากบึงบอระเพ็ดเหตุการณ์

วันที่ 10 - 20 ธันวาคม 2545

in2

-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001

ou1

12.72	12.66	12.61	12.56	12.50	12.45	12.40	12.35	12.29	12.24	12.19	12.13
12.08	12.03	11.97	11.92	11.87	11.82	11.76	11.71	11.66	11.60	11.55	11.50
11.44	11.39	11.34	11.29	11.23	11.18	11.13	11.07	11.02	10.97	10.92	10.86
10.81	10.76	10.70	10.65	10.60	10.54	10.49	10.44	10.39	10.33	10.28	10.23
10.17	10.12	10.07	10.01	9.96	9.91	9.86	9.80	9.75	9.70	9.64	9.59
9.54	9.48	9.43	9.38	9.33	9.27	9.22	9.17	9.11	9.06	9.01	8.95
8.90	8.85	8.80	8.74	8.69	8.64	8.58	8.53	8.48	8.42	8.37	8.32
8.27	8.21	8.16	8.11	8.05	8.00	7.95	7.90	7.84	7.79	7.74	7.68
7.63	7.58	7.52	7.47	7.42	7.37	7.31	7.26	7.21	7.15	7.10	7.05
6.99	6.94	6.89	6.84	6.78	6.73	6.68	6.62	6.57	6.52	6.46	6.41
6.36	6.31	6.25	6.20	6.15	6.09	6.04	5.99	5.93	5.88	5.83	5.78
5.72	5.67	5.62	5.56	5.51	5.46	5.40	5.35	5.30	5.25	5.19	5.14
5.09	5.03	4.98	4.93	4.87	4.82	4.77	4.72	4.66	4.61	4.56	4.50
4.45	4.40	4.35	4.29	4.24	4.19	4.13	4.08	4.03	3.97	3.92	3.87
3.82	3.76	3.71	3.66	3.60	3.55	3.50	3.44	3.39	3.34	3.29	3.23
3.18	3.13	3.07	3.02	2.97	2.91	2.86	2.81	2.76	2.70	2.65	2.60
2.54	2.49	2.44	2.38	2.33	2.28	2.23	2.17	2.12	2.07	2.01	1.96
1.91	1.85	1.80	1.75	1.70	1.64	1.59	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33
1.27	1.22	1.17	1.11	1.06	1.01	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74	0.69
0.64	0.58	0.53	0.48	0.42	0.37	0.32	0.27	0.21	0.16	0.11	0.05

ภาพผนวกที่ 9 (ต่อ)

2002/12/10	1:00	0	0
2002/12/10	4:00	0	0
2002/12/10	7:00	0	0
2002/12/10	10:00	2	90
2002/12/10	13:00	2	60
2002/12/10	16:00	1	100
2002/12/10	19:00	0	0
2002/12/10	22:00	0	0
2002/12/11	1:00	0	0
2002/12/11	4:00	0	0
2002/12/11	7:00	0	0
2002/12/11	10:00	1	70
2002/12/11	13:00	1	20
2002/12/11	16:00	3	40
2002/12/11	19:00	0	0
2002/12/11	22:00	0	0
2002/12/12	1:00	0	0
2002/12/12	4:00	0	0
2002/12/12	7:00	0	0
2002/12/12	10:00	0	0
2002/12/12	13:00	6	40
2002/12/12	16:00	1	40
2002/12/12	19:00	0	0
2002/12/12	22:00	0	0
2002/12/13	1:00	0	0
2002/12/13	4:00	0	0
2002/12/13	7:00	0	0
2002/12/13	10:00	6	80
2002/12/13	13:00	4	110
2002/12/13	16:00	0	0
2002/12/13	19:00	0	0

ภาพผนวกที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วและทิศทางลม

2002/12/11	3.90
2002/12/12	3.80
2002/12/13	2.20
2002/12/14	2.20
2002/12/15	2.30
2002/12/16	1.60
2002/12/17	2.90
2002/12/18	3.70
2002/12/19	4.90
2002/12/20	3.10
2002/12/21	2.80
2002/12/22	3.48
2002/12/23	3.22
2002/12/24	5.38
2002/12/25	4.47
2002/12/26	5.17
2002/12/27	2.70
2002/12/28	1.87
2002/12/29	2.92
2002/12/30	2.52
2002/12/31	2.48
2003/01/01	2.16
2003/01/02	3.44
2003/01/03	4.64
2003/01/04	2.94
2003/01/05	3.48
2003/01/06	3.63
2003/01/07	3.55
2003/01/08	4.10
2003/01/09	3.90
2003/01/10	3.80

ภาพผนวกที่ 11 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการระเหยหักลบปริมาณฝน

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของแบบจำลอง

KOUNT = 1440

U

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.09	0.08	-0.17	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05	0.04	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.10	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.06	0.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66

<u>ภาพผนวกที่ 12</u> ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของความเร็วในทิศทาง X โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

KOUNT = 1440

V

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.01	-0.02	0.03	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.02	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.02	0.05	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.02	0.04	-0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	-0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	-0.05	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66

<u>ภาพผนวกที่ 13</u> ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของความเร็วในทิศทาง Y โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

KOUNT = 1440

H

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.14	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.15	24.13	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.14	24.14	24.14	24.13	24.14	24.13	24.15	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.13	24.14	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.12	24.14	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.10	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.15	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.14	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	24.13	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66

<u>ภาพผนวกที่ 14</u> ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดโดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

KOUNT = 1440

BOD

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.80	4.80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.80	4.90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.80	4.10	4.40	4.70	5.00	5.30	5.70	5.90	6.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.70	3.90	4.10	4.40	4.70	5.00	5.30	5.70	6.10	6.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.20	6.30	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.30	6.30	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.30	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.30	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.30	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.40	6.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.40	6.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.50	6.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.80	5.80	5.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	7.40	5.70	5.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.80	8.80	5.10	4.10	3.80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.30	3.80	3.60	3.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.80	3.60	3.50	3.50	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.40	3.40	3.40	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.40	3.40	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.60	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.60	3.60	3.50	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.60	3.60	3.60	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.70	3.60	3.60	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.90	3.80	3.60	3.60	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.30	6.30	6.60	7.10	8.80	6.70	5.80	5.10	4.70	4.30	4.00	3.80	3.60	3.60	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.20	6.20	6.40	6.60	6.90	6.20	5.60	5.00	4.60	4.30	4.00	3.80	3.60	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.10	6.00	6.00	6.10	6.10	5.70	5.30	4.90	4.50	4.20	3.90	3.70	3.60	3.50	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66

<u>ภาพผนวกที่ 15</u> ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของค่า BOD โดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ

KOUNT = 1440

DO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
99	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	99
98	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	98
97	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.60	1.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	97
96	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.60	1.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	96
95	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.90	1.20	1.50	1.50	1.60	1.80	2.10	2.20	2.30	2.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	95
94	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.90	1.20	1.60	1.90	2.00	2.00	2.10	2.20	3.00	2.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	94
93	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.10	3.10	3.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	93
92	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00	3.10	3.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	92
91	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.20	3.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	91
90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.30	3.30	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	90
89	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.40	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	89
88	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.40	3.40	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	88
87	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	87
86	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	86
85	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	85
84	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.70	3.90	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	84
83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	3.50	4.10	4.10	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	83
82	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	4.10	4.10	3.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	82
81	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	3.50	4.10	4.10	3.70	3.70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	81
80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.10	4.20	4.20	4.20	3.90	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	80
79	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	79
78	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	78
77	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	77
76	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	76
75	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	75
74	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	74
73	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	73
72	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	72
71	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	71
70	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.00	4.10	4.20	4.20	4.20	4.10	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	70
69	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.20	4.30	4.30	4.30	4.20	4.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	69
68	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.30	4.30	4.30	4.20	4.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	68
67	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.30	4.30	4.30	4.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	67
66	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.30	4.30	4.30	4.20	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	66

<u>ภาพผนวกที่ 16</u> ตัวอย่างข้อมูลด้านออกของค่า DO โดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ