การจำลองน้ำใต้ดินและพัฒนาฐานข้อมูลในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

นางสาวมานิศา วีรวิกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5768-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GROUNDWATER SIMULATION AND DATABASE DEVELOPMENT IN CHANSUTR IRRIGATION PROJECT AREA

Miss Manisa Veeravigrom

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2003
ISBN 974-17-5768-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองน้ำใต้ดินและพัฒนาฐานข้อมูลในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร
โดย	นางสาวมานิศา วีรวิกรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มานิศา วีรวิกรม : การจำลองน้ำใต้ดินและพัฒนาฐานข้อมูลในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร. (GROUNDWATER SIMULATION AND DATABASE DEVELOPMENT IN CHANSUTR IRRIGATION PROJECT AREA) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุจริต คูนธนกุลวงศ์, 169 หน้า. ISBN 974-17-5768-9

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร อันเป็นโครงการหนึ่งในจำนวน 42 แห่งของโครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ชลประทาน 5 จังหวัด ได้แก่ ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี และพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มการใช้น้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ จากเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำในระยะยาว จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน โดยการใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server 2000 เป็นระบบฐานข้อมูล และพัฒนาโปรแกรม GWMMI_CU ขึ้น เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลกับแบบจำลองน้ำใต้ดิน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Foxpro V6.0 รวมทั้งได้นำโปรแกรม GWMMI_CU มาใช้ในการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูล ซึ่งมีหน้าที่ใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ การจัดการข้อมูลทางด้านทรัพยากรน้ำบาดาล และใช้ในการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดินและจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ซึ่งการพัฒนาระบบครั้งนี้ทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บมีรูปแบบและมีมาตรฐานเดียวกัน สามารถใช้งานร่วมกันได้ สำหรับการจัดเตรียมและจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW สามารถลดระยะเวลาในการจัดเตรียมและมีความยืดหยุ่นในการปรับตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

การจำลองสภาพการไหลน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร ได้ปรับเทียบแบบคงตัวในปี พ.ศ. 2542 ปรับเทียบแบบไม่คงตัวในปี พ.ศ. 2543-2545 และสอบทานในปี พ.ศ. 2532 -2545 เมื่อเทียบผลการคำนวณระดับน้ำและอัตราการสูบที่กำหนด ทำให้สามารถวิเคราะห์สมดุลของน้ำในพื้นที่ได้ นอกจากนี้ ผลการจำลองสามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างระดับน้ำใต้ดินและอัตราการสูบน้ำใต้ดิน ในแต่ละกลุ่มพื้นที่ชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรได้ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการน้ำร่วมในพื้นที่ได้ต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546

4370451221 : MAJOR WATER RESOURCE ENGINEERING
KEY WORD : GROUNDWATER / MODEL / DATABASE / CHANSUTR
MANISA VEERAVIGROM : GROUNDWATER SIMULATION AND DATABASE DEVELOPMENT IN CHANSUTR IRRIGATION PROJECT AREA. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUCHARIT KOONTHANAKULVONG,169 pp. ISBN 974-17-5768-9.

The Chansutr Irrigation Project is one of 42 irrigation projects of the Choa Phraya Yai Irrigation Project, covered Chainat Singburi Angthong Suphanburi and Ayutthaya. Groundwater usage in this area showed trend of increase especially in the drought period. For this reason,it is necessary to study groundwater simulation and database development for linking data and groundwater program by using Microsoft SQL Server 2000 program for database system and developing GWMMI_CU program by using Microsoft Foxpro V6.0 program.

For this study, database system development divided to 2 functions, for groundwater resources data managing to assessed groundwater use rate and GMS/MODFLOW program data preparing. This database developed made data system for groundwater to be standardized and reduced complexity in data preparation for groundwater simulation due to the groundwater pumpage estimation capability.

The groundwater simulation in the Chansutr Irrigation Project calibrated in steady state in year 1999, calibrated in unsteady state in year 2000-2002 and verified in year 1989-2002. When compared computed and actual water level, the water budget in the area could be analyzed. Besides, the simulation results can produce the relationship of groundwater table and groundwater pumpage in each irrigation block.These will be the fundamental data for water conjunctive use management in the area.

Department Water Resource Engineering Student's signature.....
Field of Study Water Resource Engineering Advisor's signature.....
Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำ ตลอดจนความคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้แก่ข้าพเจ้า ด้วยดีมาตลอด

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ คุณโชคชัย สุทธิธรรมจิต นักวิจัยประจำโครงการติดตามข้อมูลน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง และพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลของแบบจำลองน้ำบาดาล และเจ้าหน้าที่ของโครงการฯ ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง

รวมทั้ง ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของหน่วยราชการต่าง ๆ รวมทั้ง ชาวบ้านทุกท่าน ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และขอขอบคุณเพื่อนรุ่นพี่และรุ่นน้องในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านการเรียนตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดามารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ของข้าพเจ้า ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญรูป..... ญ

สารบัญตาราง..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 2

1.4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..... 4

1.5 การศึกษาที่ผ่านมา..... 7

1.6 แนวทางการศึกษา..... 11

บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่..... 14

2.1 สภาพภูมิประเทศ..... 14

2.2 สภาพภูมิอากาศ..... 15

2.3 สภาพอุทกวิทยา..... 24

2.4 สภาพอุทกธรณีวิทยา..... 28

2.5 ระดับน้ำใต้ดิน..... 32

2.6 สภาพดินและการใช้ที่ดิน..... 32

2.7 ประชากร..... 32

2.8 ลักษณะโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร..... 33

บทที่ 3 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา..... 41

3.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูล..... 41

3.1.1 นิยามของฐานข้อมูล..... 41

3.1.2 ศัพท์ที่เกี่ยวกับฐานข้อมูล..... 41

3.1.3 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล..... 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.4 ข้อดีของฐานข้อมูล..... 43
3.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน..... 44
3.2.1 นิยามของพารามิเตอร์ที่ใช้..... 44
3.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสมการการไหลของน้ำใต้ดิน..... 45
3.2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการจำลองของแบบจำลอง..... 46
3.2.4 หลักการที่ใช้ในการประเมินอัตราการสูบน้ำใต้ดิน..... 46
3.2.5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา..... 50
บทที่ 4 การพัฒนาฐานข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน..... 54
4.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูล..... 56
4.2 การออกแบบฐานข้อมูล..... 57
4.3 การประยุกต์ใช้และนำข้อมูลเข้า..... 62
4.4 การทดสอบระบบ..... 73
4.5 การนำระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมไปใช้งาน..... 74
4.6 การดูแลรักษาระบบฐานข้อมูล..... 74
บทที่ 5 การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา..... 76
5.1 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด..... 76
5.2 การออกแบบแบบจำลอง..... 77
5.3 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต..... 77
5.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์และข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง..... 80
5.5 การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง..... 85
บทที่ 6 ผลการศึกษา..... 88
6.1 ผลการใช้ระบบฐานข้อมูล..... 88
6.2 ผลการจำลองสภาพการไหล..... 89
6.3 การวิเคราะห์ระบบสมดุล..... 94
6.3 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำใต้ดินกับอัตราการสูบน้ำ..... 100
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 105
7.1 บทสรุป..... 105
7.1.1 การออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลเพื่อการจำลองการไหลน้ำใต้ดิน..... 105

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7.1.2 การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินสำหรับพื้นที่ศึกษา..... 105
7.1.3 การวิเคราะห์สมดุลน้ำ..... 106
7.1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับ
อัตราการสูบน้ำใต้ดิน..... 106
7.2 ข้อเสนอแนะ..... 107
รายการอ้างอิง..... 108
ภาคผนวก..... 110
ก ตารางข้อมูลในระบบฐานข้อมูล..... 111
ข รายละเอียดของฟอร์มในโปรแกรม GWMMI_CU..... 127
ค หน้าจอโปรแกรม GWMMI_CU..... 132
ง ตัวอย่าง source code ของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล..... 144
จ พารามิเตอร์ของชลศาสตร์ที่ใช้ในการจำลอง..... 149
ฉ ผลการคำนวณจากแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน..... 153
ช ผลลัพธ์ของโปรแกรม GWUSE..... 163
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 169

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	พื้นที่ศึกษา	3
1-3	ขั้นตอนการศึกษา	12
2-1	แหล่งน้ำบาดาลตะกอนหินร่วนของพื้นที่ศึกษา	17
2-2	รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	19
2-3	รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง	22
2-4	ตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาในช่วงที่ 1 พ.ศ. 2543 – พ.ศ. 2544	29
2-5	ตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาในช่วงที่ 2 พ.ศ. 2545 – พ.ศ. 2546	30
2-6	เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน ปี พ.ศ.2545 จากข้อมูลในสนาม	31
2-7	แผนที่คลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	38
2-8	การแบ่งกลุ่มพื้นที่ชลประทานสำหรับแบบจำลอง AISP	39
3-1	โครงสร้างฐานข้อมูลที่พัฒนา	41
3-2	การกำหนดขอบเขตของ Aquifer อยู่ในรูปของ Row, Column, Layer	50
3-3	โครงสร้างหลักของแบบจำลอง MODFLOW	52
3-4	โครงสร้างการทำงานระหว่าง MODFLOW และ GMS	52
3-5	หน้าจอโปรแกรม GMS	53
4-1	ขั้นตอนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล	56
4-2	แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล	58
4-3	ส่วนประกอบของระบบฐานข้อมูล	62
4-4	แผนผังโครงสร้างของโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลเพื่อการจำลองน้ำใต้ดิน	68
4-5	รายละเอียดการทำงานของโปรแกรม GWUSE	69
4-6	รายละเอียดการทำงานโปรแกรมใช้ประเมินอัตราการสูบน้ำในอดีต	70
4-7	รายละเอียดการทำงานโปรแกรมใช้ประเมินอัตราการสูบน้ำในอนาคต	70
5-1	ระบบบริดในพื้นที่	78
5-2	ขั้นตอนการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินสำหรับพื้นที่ศึกษา	79
5-3	ค่าระดับขอบเขตด้านบนของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น	81
5-4	ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีแยกตามกลุ่มพื้นที่ชลประทาน	84
5-5	ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีในพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร	84

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
6-1	ตารางในฐานข้อมูล	87
6-2	หน้าจอค้นหาข้อมูลบ่อบาดาล	88
6-3	หน้าจอสำหรับคำนวณอัตราการสูบน้ำ	88
6-4	ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2542	90
6-5	ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2545	91
6-6	ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำเดือนตุลาคมปี พ.ศ. 2545	92
6-7	ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 – 2545	93
6-8	แผนภาพสมดุลน้ำของระบบแหล่งน้ำใต้ดินในปี พ.ศ.2534	98
6-9	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีฤดูแล้งปี พ.ศ. 2532-2545	99
6-10	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีฤดูฝนปี พ.ศ. 2532-2545	99
6-9	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำกับอัตราการเติมน้ำ	101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดิน	6
2-1	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย พ.ศ. 2535-2546 ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอเมืองฯ จังหวัดลพบุรี	14
2-2	ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย พ.ศ. 2535-2546 ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอเมืองฯ จังหวัดสุพรรณบุรี	14
2-3	จำนวนบ่อน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2545 แยกตามหน่วยงาน	27
2-4	จำนวนบ่อน้ำบาดาลและบ่อน้ำตื้น (ความลึกน้อยกว่า 30 เมตร) ของประชาชน	27
2-5	ผลการดำเนินงานโครงการขุดเจาะบ่อน้ำตื้นของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปี 2536/2537	27
2-6	สภาพการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	32
2-7	จำนวนประชากรทั้งหมด แยกตามอำเภอและจังหวัด ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร	33
3-1	จำนวนบ่อน้ำใต้ดินที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม	76
3-2	การจำแนกสภาพการณ์น้ำในแต่ละปี	77
3-3	เกณฑ์การคำนวณอัตราการสูบน้ำสำหรับกรณีของสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ	77
3-4	อัตราการสูบน้ำและระยะเวลาการสูบน้ำของบ่อน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรในปี พ.ศ. 2542	77
3-5	รายละเอียดของชุดการคำนวณต่าง ๆ ในแบบจำลอง MODFLOW	46
4-1	รายละเอียดโปรแกรมย่อยของโปรแกรม GWUSE	71
6-1	ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัว	89
6-2	ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว	83
6-3	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำปกติ ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2532	95
6-4	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำปกติ ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2532	95
6-5	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2534	95
6-6	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2534	95
6-7	สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อยมาก ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2537	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

6-8 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อยมาก ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2537..... 96

6-9 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย พ.ศ. 2542..... 96

6-10 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำมาก ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2545..... 96

6-11 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำมาก ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2545..... 97

6-12 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีตัวอย่างสำหรับสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ..... 97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ความต้องการใช้น้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำที่จะใช้ในด้านเกษตรกรรม อุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม ซึ่งแหล่งน้ำที่ได้รับความสนใจคือแหล่งน้ำใต้ดิน ทำให้ในปัจจุบันมีการเจาะบ่อน้ำใต้ดินกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมามากย่อมก่อให้เกิดปัญหาตามมา เช่น การลดลงของระดับน้ำใต้ดิน การทรุดตัวของแผ่นดิน

ในส่วนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตรก็เช่นกัน มีปัญหาการขาดแคลนน้ำมาก ดังนั้นทางโครงการฯ จึงมีแนวทางในการให้เกษตรกรใช้น้ำใต้ดินเพื่อเสริมน้ำชลประทาน รวมทั้งประชาชนสามารถใช้น้ำใต้ดินเสริมในช่วงที่ขาดแคลนน้ำ

จากเหตุการณ์ดังกล่าวเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาระยะยาวอย่างเช่นในกรุงเทพมหานคร จึงได้มีการศึกษาและวางแผน เพื่อหาแนวทางในการจัดการแหล่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่ของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน แต่สำหรับการวางแผนและการจัดการแหล่งน้ำใต้ดินเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและมีข้อจำกัดมากมาย เพราะฉะนั้นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดินจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่ง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานได้สะดวกมากมาย แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีความยุ่งยากในเรื่องการรวบรวมจัดการข้อมูล เช่น ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินทั้งในปัจจุบันและอดีต ค่าระดับน้ำ ตำแหน่งและจำนวนของบ่อสูบน้ำ ฯลฯ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลายาวนานมากในขั้นตอนนี้

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ มุ่งเน้นทำการศึกษาการสร้างฐานข้อมูลเพื่อนำไปสร้างและเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน และการจำลองการไหลของชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

1.2 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลเพื่อการจำลองและจัดการน้ำใต้ดิน
2. จำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3. ศึกษาสมดุลของระบบน้ำใต้ดิน
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำใต้ดินกับอัตราการสูบน้ำใต้ดิน

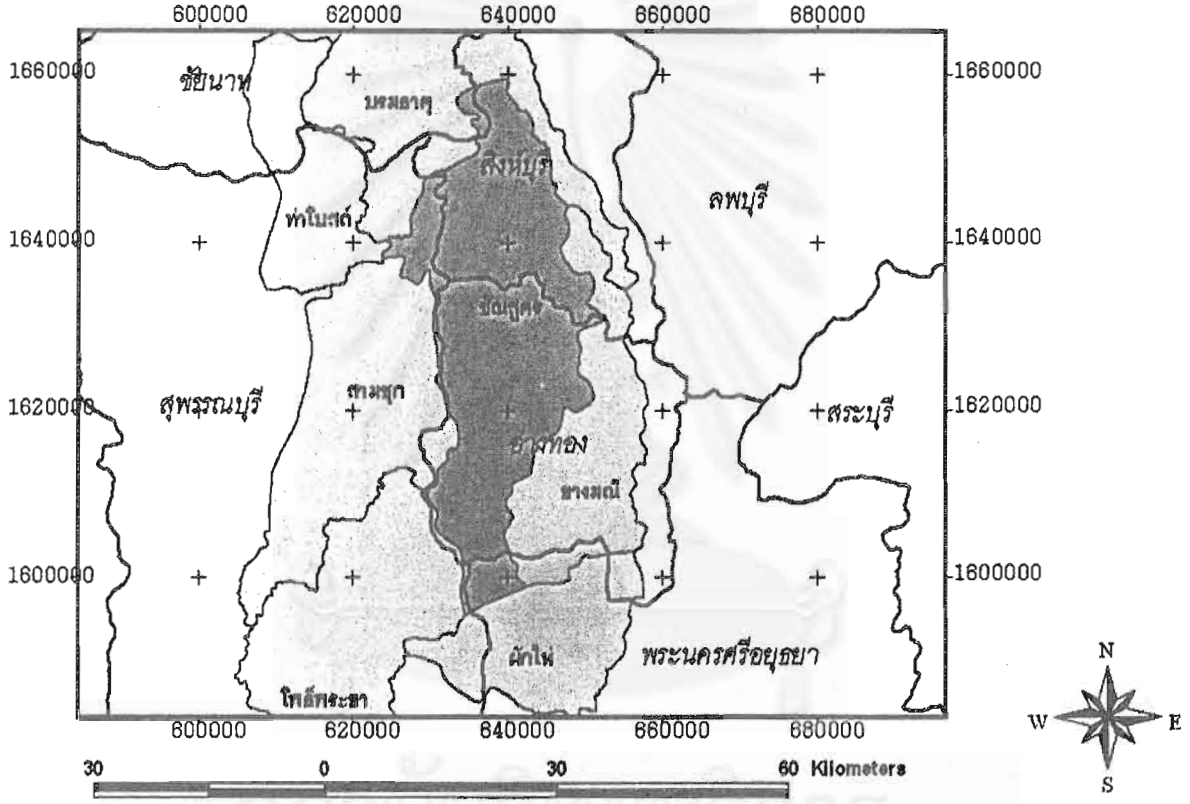
1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การออกแบบระบบฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server 2000 เพื่อติดต่อกับข้อมูลภายในฐานข้อมูล และโปรแกรม Microsoft Visual Foxpro V6.0 เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผล โดยที่ระบบฐานข้อมูลจะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับการจำลองน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

2. แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ GMS–MODFLOW V3.1 จำลองตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2532-2545 ใช้วิเคราะห์สมดุลน้ำและความสัมพันธ์ของระดับน้ำใต้ดินกับการสูบน้ำ

3. พื้นที่ศึกษา คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (รูปที่ 1-1) ครอบคลุม 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดชัยนาท จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโครงการชลประทานโครงการหนึ่งในจำนวน 42 แห่งของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำลุ่มเจ้าพระยาใหญ่ ซึ่งเป็นโครงการประเภททดน้ำและส่งน้ำ ที่ได้รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับน้ำจากการทดน้ำของเขื่อนเจ้าพระยาเข้าทางแม่น้ำน้อย โดยสร้างประตูระบายบางระจัน ที่ กม.42+000 ของแม่น้ำน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ได้จัดสร้างฐานข้อมูลขึ้น เพื่อใช้ในการรวบรวม จัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพน้ำใต้ดิน ดังนั้นข้อมูลจึงเป็นส่วนที่มีความสำคัญและมีปริมาณมาก ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บรวบรวมได้มาจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมชลประทาน เป็นต้น รวมถึงการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยสอบถามจากหน่วยงานและประชากรในพื้นที่ ทั้งนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยข้อมูล (ตารางที่ 1-1)

1) ข้อมูลด้านภูมิประเทศและการปกครอง

2) ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดิน

3) ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

4) ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน

1.4.1 ข้อมูลด้านภูมิประเทศและการปกครอง

ข้อมูลด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลประชากร และขอบเขตการปกครอง ซึ่งได้ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร กรมพัฒนาชุมชน (พ.ศ. 2529-2546) และกรมการปกครอง (พ.ศ. 2537-2546)

1.4.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดิน

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ได้แก่ ปริมาณฝน (พ.ศ. 2504-2545) อัตราการระเหย (พ.ศ. 2504-พ.ศ. 2545) คุณสมบัติหน้าตัดและระดับของแม่น้ำ ซึ่งรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน (พ.ศ. 2494-พ.ศ. 2545) และกรมพัฒนาที่ดิน (พ.ศ. 2542)

สำหรับข้อมูลทางน้ำที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ประกอบไปด้วย หน้าตัดระดับน้ำ และพารามิเตอร์ของการซึม

1.4.3 ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลการทดสอบทางอุทกธรณีวิทยา ค่าระดับน้ำใต้ดินในอดีตถึงปัจจุบัน และคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นน้ำใต้ดิน

สำหรับข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล การประปาภูมิภาค และกรมชลประทาน

1.4.4 ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน

การประเมินการใช้น้ำ แบ่งเป็นการใช้น้ำ 3 ประเภท คือ การใช้น้ำเพื่อการเกษตร การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อาศัยข้อมูลจำนวนบ่อน้ำใต้ดินของประชาชนที่รวบรวมได้ เช่น กชช.2ค. ข้อมูลจากโครงการฯ ชัณสูตร การสำรวจภาคสนาม เป็นต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค อาศัยข้อมูลที่รวบรวมจาก การประปาส่วนภูมิภาค ประปาเทศบาล และประปาเอกชนที่ได้รับสัมปทานในกรณีที่อยู่นอกเขตบริการประปา อาศัยข้อมูลจากระบบประปาหมู่บ้าน ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการใช้น้ำใต้ดินจากบ่อส่วนตัวประชาชน ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ จะเน้นที่ กำลังการผลิต จำนวนผู้ใช้บริการ ขนาดของบ่อ จำนวนของบ่อ และที่ตั้ง

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม ได้รวบรวมข้อมูลจากการขออนุญาตขอใช้น้ำใต้ดิน และการบันทึกมาตรการใช้น้ำของผู้ที่ขออนุญาตจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล รวมทั้งการสำรวจภาคสนาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1-1 ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดิน

ลำดับ	รายการข้อมูล	ที่มา	ปี
1	ข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่		
1.1	แผนที่ภูมิประเทศ	กรมแผนที่ทหาร	2542
1.2	แผนที่เขตการปกครอง	กรมการปกครอง	2542
1.3	ข้อมูลประชากร	กรมพัฒนาชุมชน กรมการปกครอง	2529-2546 2537-2542
2	ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา - อุทกวิทยาผิวดิน		
2.1	ข้อมูลฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2504-2545
2.2	ข้อมูลการระเหยรายเดือน	กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน	2524-2545
2.3	ข้อมูลชนิดดิน และแผนที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2538
2.4	หน้าตัดแม่น้ำสายหลัก 4 สาย	กรมเจ้าท่า	-
2.5	หน้าตัดแม่น้ำสายหลัก 5 สาย	กรมชลประทาน	2494-2545
3	ข้อมูลด้านธรณีวิทยา - อุทกวิทยาน้ำใต้ดิน		
3.1	ระดับและประเภทของชั้นน้ำ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
3.2	ระดับชั้นทราย และแหล่งทราย	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	2542
3.3	พารามิเตอร์ของชั้นน้ำใต้ดิน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การประปาภูมิภาค กรมทรัพยากรธรณี	2543 - -
3.4	ระเบียนบ่อบาดาล	กรมทรัพยากรธรณี กรมโยธาธิการ กรมอนามัย รพช. การประปาภูมิภาค กรมชลประทาน	2504-2546 2509-2546 2520-2546 2500-2546 2529-2545 2510-2546
3.5	ระดับน้ำใต้ดินบ่อสังเกตการณ์ของโครงการ	โครงการติดตามข้อมูลน้ำบาดาลฯ	2545-2546
3.6	แผนที่ดิน และคุณสมบัติของดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2536
4	ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ - ความต้องการใช้น้ำ		
4.1	แผนที่การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2536
4.2	การใช้น้ำด้านการเกษตร	การสำรวจภาคสนาม	2545
4.3	การใช้น้ำของประปาหมู่บ้าน	กรมโยธาธิการ กรมอนามัย	2526-2542
4.4	การใช้น้ำของประปาเทศบาล	กรมโยธาธิการ	2542
4.5	การใช้น้ำของประปาภูมิภาค	สำนักงานแต่ละจังหวัด	2537-2543
4.6	การใช้น้ำของภาคเอกชน	กรมโยธาธิการ กรมทรัพยากรธรณี	2545
4.7	ข้อมูลโครงการบ่อน้ำตื้น 50000 บ่อ	กรมส่งเสริมการเกษตร	2536/2537

1.5 การศึกษาที่ผ่านมา

1.5.1 การศึกษาในประเทศ

กรมโยธาธิการ (2538) : ใช้แบบจำลอง MODFLOW ในการจำลองสภาพน้ำใต้ดินในจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อหาความเหมาะสมในการเติมน้ำลงในชั้นหินอุ้มน้ำ พร้อมทำการทดลองเติมน้ำด้วยสระภาคสนาม สรุปได้ว่า ชั้นหินอุ้มน้ำมีความเหมาะสมและน้ำดิบที่มี อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้แต่มีตะกอนปะปนอยู่เพียงเล็กน้อย

สนฑ์ จินดาสงวน (2541) : ทำการจำลองสภาพการไหลน้ำใต้ดินในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้แบบจำลอง MODFLOW และ GMS ซึ่งมีความสามารถในการใช้จำลองสภาพของน้ำใต้ดินจังหวัดกำแพงเพชรได้ดี เนื่องจากในแบบจำลอง GMS มีประโยชน์ในด้านการเตรียมข้อมูล (Input Data) อีกทั้งยังใช้แสดงผลทางอุทกธรณี และระดับน้ำใต้ดินในรูปกราฟฟิค ส่วนแบบจำลอง MODFLOW มีความสามารถในการจำลองสภาพได้ทั้งสภาวะคงที่และไม่คงที่ รวมทั้งใช้สำหรับจำลองสภาพที่มีลักษณะของชั้นน้ำใต้ดินหลาย ๆ ชั้น ได้อีกด้วย จากผลการจำลองสรุปผลการศึกษาได้ว่า ถ้าหากลดปริมาณการสูบน้ำใต้ดินให้ลดลงปีละ 5% ทุก ๆ ปี ภายในเวลา 3-4 ปี จะทำให้ระดับน้ำใต้ดินฟื้นตัวขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกับปี 2540 ภายใต้สภาวะการสูบเฉลี่ยในช่วงปี 2538-2540

วินัย เชาวน์วิวัฒน์ (2542) : ทำการจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี โดยใช้แบบจำลอง MODFLOW, MT3D และ GMS ผลการศึกษาพบว่าอัตราการสูบน้ำในปี พ.ศ. 2526-2540 มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องปีละ 5.1% และผลการจำลองสภาพยังแสดงให้เห็นว่า ในปี พ.ศ. 2540 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของการรุกล้ำของน้ำเค็มเท่ากับ 1,844 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมปริมาณ 1%

Tirtha Raj Gautam (2541) : ทำการเชื่อมต่อระหว่างการจำลอง–MCDM–GIS เพื่อใช้ในการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร จากผลการศึกษาพบว่า การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมกับ GIS เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์แสดงผลของการจำลองโมเดลในแต่ละหัวข้อที่เกิดในเวลาเดียวกัน

Ohmar Thwin (2538) : ทำการประยุกต์ GIS เพื่อวางแผนและจัดการน้ำใต้ดินในจังหวัดสุโขทัย โดยใช้ผลการศึกษาว่าการประยุกต์ GIS ในการจำลองน้ำใต้ดิน ซึ่งใช้เวลาน้อยมีประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และง่ายต่อการเข้าใจ

วิภารัตน์ สฤษฎีชัยกุล (2542) : ศึกษาการต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks กับสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arcview ซึ่งมีรูปแบบการต่อเชื่อมแบบหลวมโดยผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้ส่งข้อมูลและดำเนินต่อเชื่อมทุกขั้นตอน โดยจำลองพื้นที่ศึกษาคือพื้นที่สุขุมวิท ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 24 ตารางกิโลเมตร จากการศึกษานี้ได้เลือกรูปแบบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Hydroworks ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลรูปภาพ *.hyd ได้เป็นแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือ *.txt หลังจากนั้น Arcview GIS จะนำแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือที่ได้นี้ มาสร้างพื้นผิวของค่าระดับน้ำ

อุทิศา กมโล (2542) : ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการดำเนินงานองค์กรบริหารส่วนตำบลดงละครโดยใช้ซอฟต์แวร์ ArcInfo, MapInfo, Map Basic, Visual Basic และ Microsoft Access จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การนำสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ ทำให้ อบต. มีข้อมูลเชิงเลข และโปรแกรมประยุกต์ใช้ในระบบจัดทำแผนที่ภาษีและการวางแผนพัฒนา อบต.ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2543) : ศึกษาการพัฒนาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสร้างแบบจำลองที่สามารถจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ตัวแทนสภาพสิ่งแวดล้อมทั้งผิวดินและใต้ดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในโครงการมีการเชื่อมโยงของระบบข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมทั้งระบบสามารถเชื่อมต่อกับแบบจำลองน้ำใต้ดิน 2 แบบ คือ วิธีเชื่อมแบบปกติ และเชื่อมแบบแลกเปลี่ยน เนื่องจากระบบข้อมูลที่ใช้ศึกษามีจำนวนไม่มากนัก

ปณต ศิริพุทธิชัยกุล (2545) : ทำการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง โดยใช้แบบจำลอง MODFLOW และ GMS ผลการศึกษาพบว่า มีการประมาณการใช้น้ำใต้ดินที่เพิ่มสูงขึ้นจาก 300 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในปี พ.ศ. 2532 มาเป็น 800 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยเฉพาะในชั้นแรกของชั้นน้ำ ในปี พ.ศ. 2542 ส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินชั้นบนสุดมีแนวโน้มลดลง 2-10 เมตร โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือจังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดอ่างทอง

สุจริตและคณะ (2545) : ศึกษาสภาพธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง พบว่า ในบริเวณพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยแหล่งน้ำบาดาลที่เกิดอยู่ในชั้นหินร่อนของตะกอนลำน้ำ (Flood Plain, Qcp) วางตัวอยู่ในพื้นที่กลางแอ่งขนานไปกับทั้ง 2 ฝั่งของลำน้ำเจ้าพระยาและในบริเวณที่ตะกอนตะพักลุ่มน้ำต่ำ (Young Terrace, Qcr) ซึ่งปรากฏให้เห็นอยู่ในบริเวณขอบแอ่งทั้งสองข้าง จากผลการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 40-60 เมตร ชั้นที่ 2 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 80-90 เมตร ชั้นที่ 3 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 100-120 เมตร และชั้นที่ 4 มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินมากกว่า 120 เมตร

อรนุช หล่อเพ็ญศรี (2542) : ศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลจังหวัดชัยนาท โดยหาความสัมพันธ์ของค่า Hydraulic Conductivity และค่า Specific Conductivity ทำให้ทราบสมการความสัมพันธ์และสามารถนำสมการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการหาค่า Hydraulic Conductivity ในบริเวณที่ไม่ได้ทำการสูบทดสอบได้

วิจารณ์ ศรีรัตนาลัย (2542) : ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล ซึ่งประกอบด้วยระบบงานย่อย 4 ระบบ ได้แก่ ระบบงานทะเบียนประวัติอุปกรณ์ ระบบยืมคืนอุปกรณ์ ระบบงานรับแจ้งปัญหาอุปกรณ์ และระบบงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์

โฆษิต กลับเจริญ (2543) : ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการจราจรเพื่อใช้ในการจัดการจราจรของสถานีตำรวจนครบาล ให้สามารถจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการจราจร ในการวางแผนกำลังคน ตามทางแยกหรือจุดควบคุม โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก รุ่น 6.0 โปรแกรมคริสตอลรีพอร์ต รุ่น 7.0 โปรแกรมไมโครซอฟแอ๊คเซส รุ่น 7.0 และโปรแกรมอาร์ควิว รุ่น 3.2

1.5.2 การศึกษาในต่างประเทศ

Rudolph D. L., Sudicky E. A. (2533) : ได้จำลองการไหลของน้ำใต้ดินของชั้นน้ำหลายชั้น โดยการจำลองการไหลแบบคงที่ กึ่งสามมิติ (Quasi three-dimensional) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณ Finite Element จะมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูง

Fook-Hou Lee, Thiam-Soon Tan Karunaratne G. P., Seng-Lip Lee (2533) : จัดทำระบบการจัดการข้อมูลเทคนิคธรณี (Geotechnical) โดยใช้ระบบฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์และใช้ DbaseIII Plus ประโยชน์ที่ได้รับคือ สามารถเก็บข้อมูลของโครงการที่แตกต่างกันไว้ภายใต้ระบบเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มเติมข้อมูล

Oloufa Amr A., Papacostas C. S., Reynaldo Espino (1992) : ศึกษาการประยุกต์ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของหลุมเจาะ ซึ่งเป็นข้อมูลสามมิติที่ซับซ้อน ใน GIS

Watkins D. W., McKinney D. C., Maidment D. R. (1996) : ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชื่อมต่อกับแบบจำลองน้ำใต้ดิน โดยการเชื่อมต่อมี 3 วิธี ได้แก่

1) Linked GIS–Ground Water Models คือ ARCMOD ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ใช้หน่วยความจำ และเวลาในการคำนวณมาก

2) Integrated GIS–Ground Water Models คือ MODFLOWARC การต่อเชื่อมแบบนี้ต้องอาศัยการเขียนโปรแกรมชั้นสูง และทำการดัดแปลงการคำนวณใน MODFLOW แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณและรูปแบบการเก็บข้อมูล ดีกว่าวิธีแรก

3) Ground Water Models Embedded in GIS: using intrinsic modeling capabilities in GIS วิธีนี้ไม่เพียงอาศัยความเชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรม หากต้องใช้ฟังก์ชั่นภายใน GIS อย่างมาก เพื่อสร้างแบบจำลอง แต่ผลที่ได้นั้นจะสะดวกมากในการนำเข้าข้อมูลในเชิง Vector แล้วแปลงเป็นแบบ Raster ซึ่งสามารถทำการคำนวณและแสดงผลได้ง่าย โดยฟังก์ชั่นของ GIS นั้นมีอยู่มากมาย แต่มีข้อจำกัดที่ GIS ไม่สามารถสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนมาก ๆ ได้ และขนาดของกริดของแบบจำลองต้องมีขนาดเท่ากันทั้งหมด

Charles V. Camp , Michael Clay Brown (1990) : ศึกษาการพัฒนา GIS-based เพื่อสร้างรูปด้านข้างสามมิติของชั้นใต้ดิน รวมทั้งคุณสมบัติทางธรณีและชลศาสตร์จากข้อมูล Borehole ในบริเวณการกระจายของบ่อที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ จะได้จาก Geophysical Logs ใส่เข้าไปใน GIS Well Database และสร้างโมเดลสามมิติของชั้นใต้ดิน

รายละเอียดแสดงรูปหน้าตัดเป็นลักษณะเชิงเรขาคณิตและใช้พื้นผิวแสดงการกระจายค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ต่าง ๆ โดยจะได้จาก GIS Well Database ผลลัพธ์จะอยู่ในรูปแบบของโมเดลน้ำใต้ดิน (MODFLOW)

ประโยชน์จากการรวมตัวกับโปรแกรม GIS ทำให้เพิ่มศักยภาพและเป็นเครื่องมือในการเก็บและวิเคราะห์และจัดการข้อมูลทางธรณีวิทยา และทางชลศาสตร์ จาก Well–logs โดยที่งานวิจัยต่าง ๆ จำนวนมากจะมีการพัฒนา GIS Database เพื่อประยุกต์ใช้กับโมเดลน้ำใต้ดิน

Ming-Shu Tsou , Donald O. Whittemore (2001) : ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่าง Arcview กับ MODFLOW และ MT3D โดยเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมโดยใช้ AVENUE ซึ่งเป็นภาษาสำหรับ Arcview จากผลการศึกษาพบว่า GIS ช่วยในการจัดการ วิเคราะห์และแสดงภาพของมูลต่าง ๆ และสามารถรวบรวมข้อมูล Model Calibration และแสดงค่าของพารามิเตอร์ของโมเดลและผลลัพธ์ นอกจากนี้ GIS ยังสร้างข้อมูลสำหรับช่วยในการตัดสินรวมถึง Spatial Overlay และขบวนการหาคำตอบของโมเดล

Richard H. Johnson and Peter W. Bush (2545) : ศึกษาด้านอุทกวิทยาและระบบชั้นหินอุ้มน้ำใน Florida, South Carolina และ Alabama ผลการศึกษาในด้านการประมาณการใช้ค่าพารามิเตอร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient, s) ที่ได้จากการทดสอบชั้นหินอุ้มน้ำ จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $1 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-2}$

1.6 แนวทางการศึกษา

ในการศึกษาในครั้งนี้ มีขั้นตอนการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 1-3

1. ศึกษาทฤษฎีแบบจำลอง โปรแกรม และการศึกษาที่ผ่านมา ในด้านการออกแบบฐานข้อมูล การจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ระเบียบ วิธีการจัดการแหล่งน้ำใต้ดิน และศึกษาข้อมูลการใช้น้ำของพื้นที่ศึกษา

2. ศึกษาสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะทางอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา และสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม

3. ศึกษาข้อมูลภาคสนาม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามชาวบ้าน เกษตรกร และผู้ใช้น้ำแยกรายกลุ่มพื้นที่ชลประทาน เพื่อใช้ในการประเมินอัตราการใช้น้ำ รวมถึงการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพของน้ำใต้ดิน เช่น ระดับน้ำใต้ดิน ผลการสูบทดสอบ

4. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน ประกอบด้วย

4.1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ประชากร กลุ่มดิน และการใช้ที่ดิน

4.2 อุทกวิทยาน้ำบาดาล ประกอบด้วย Well Log การเจาะบ่อสังเกตการณ์ การสูบทดสอบ ข้อมูลบ่อบาดาล ระดับน้ำบาดาล และการใช้น้ำ

4.3 อุทกวิทยาน้ำผิวดิน ประกอบด้วย ข้อมูลหน้าตัดแม่น้ำ ระดับน้ำในแม่น้ำ และข้อมูลฝน

4.4 คุณภาพน้ำ ประกอบด้วย คุณภาพน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน

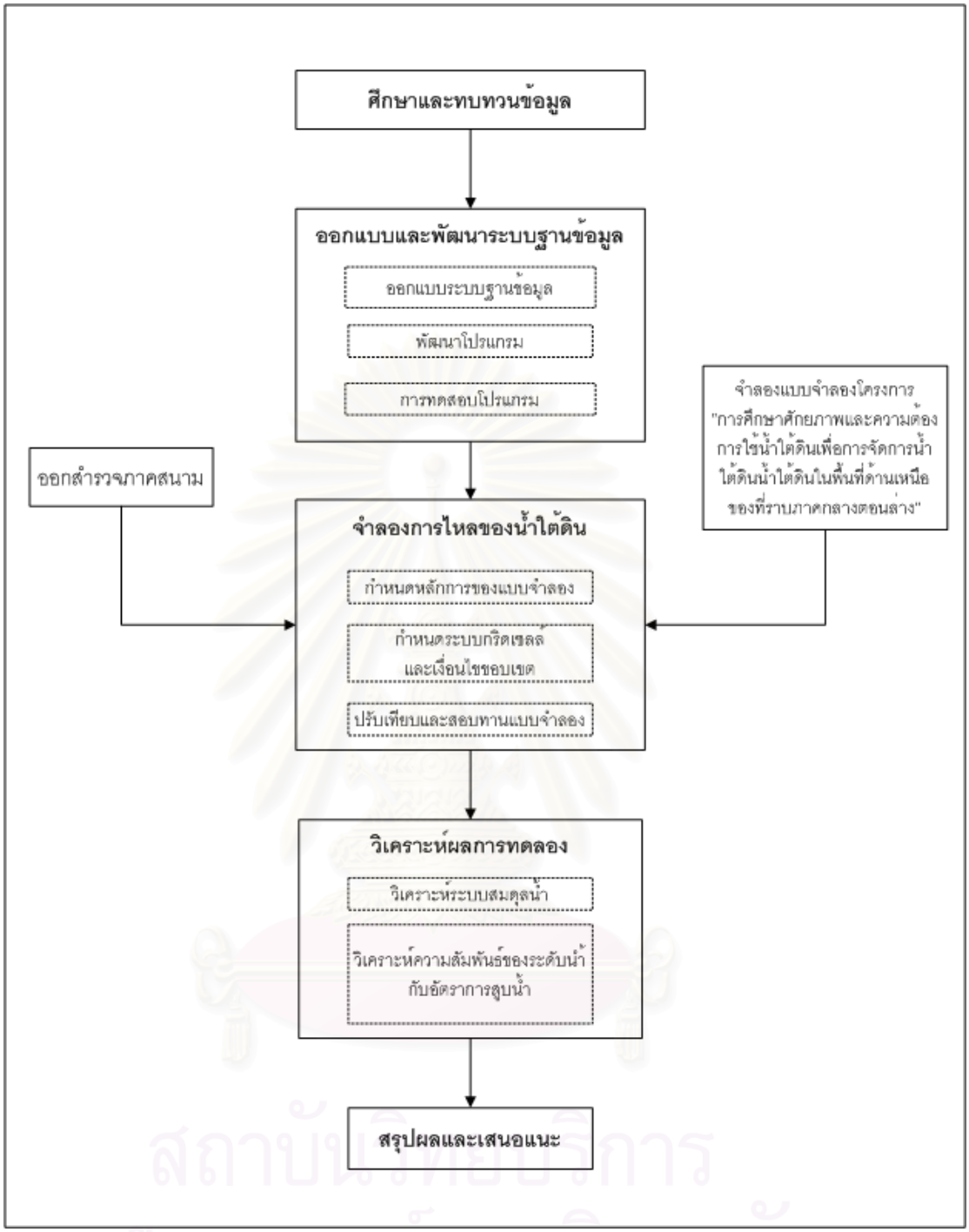
4.5 ความต้องการใช้น้ำ ประกอบด้วย การสำรวจภาคสนามและข้อมูลผลการทำนายความต้องการใช้น้ำ

5. การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล เป็นการออกแบบฐานข้อมูลโดยการจัดสร้างโครงสร้างฐานข้อมูล และพัฒนาโปรแกรมเพื่อจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล รวมทั้งจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อใช้ในการจำลองสภาพการไหลน้ำใต้ดิน

6. การจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

7. การวิเคราะห์สภาพการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำต่อผลการสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

8. การสรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและการพัฒนาระบบฐานข้อมูลแยกรายกลุ่มพื้นที่ชลประทาน



รูปที่ 1-3 ขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2
สภาพทั่วไปของพื้นที่

2.1 สภาพภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (โครงการฯ ชัณสูตร) อยู่ในท้องที่ทุ่งราบภาคกลาง ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มมีแม่น้ำไหลผ่านพื้นที่ตอนบนของโครงการฯ ชัณสูตร คือ จากเขตอำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท ผ่านที่ทำการโครงการฯ ชัณสูตร ผ่านอำเภอบางระจัน ผ่านท้องที่บางส่วนของอำเภอค่ายบางระจัน ผ่านอำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี และเข้าเขตโครงการฯ ยางมณี ซึ่งตั้งอยู่ตอนล่างของโครงการฯ ชัณสูตร รวมระยะทางประมาณ 40 กิโลเมตร สำหรับลักษณะความลาดเทของพื้นที่ มีทิศทางจากด้านเหนือ ในเขตอำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท ลงไปสู่เขตอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีระดับ พื้นที่ดินบริเวณหัวงาน โครงการฯ ชัณสูตร +12.800 ร.ท.ก. สูงที่สุด และที่ตำบลหนองน้ำใหญ่ อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีระดับ +1.500 ร.ท.ก. ต่ำที่สุด

2.2 สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ยตลอดปีคือ 28.2 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด 30.5 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด 25.9 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีคือ 72.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการระเหยจากถาด การระเหยจากถาดเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่า 1,803.7 มม. ฤดูกาลมีทั้งหมด 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาว ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่า 1,088.1 มม. และมีปริมาณฝนเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนกันยายน คือ 237.6 มม. ส่วนปริมาณฝนเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ คือ 7.0 มม.

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย พ.ศ. 2535-2546 ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอเมืองฯ จังหวัดลพบุรี

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(มิลลิบาร์) เฉลี่ย	1,012.3	1,011.2	1,009.4	1,008.0	1,006.8	1,006.2	1,006.0	1,006.5	1,007.7	1,010.0	1,011.7	1,013.2	1,009.1
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) เฉลี่ย	26.7	28.0	29.5	30.4	29.6	29.2	28.7	28.4	28.0	27.8	27.1	26.2	28.3
ความชื้นสัมพัทธ์ (%) เฉลี่ย	62.3	63.0	66.5	68.9	74.2	75.4	76.3	78.2	81.3	77.2	66.5	59.8	70.8
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส) เฉลี่ย	18.1	19.5	21.9	23.5	24.1	24.0	23.7	23.9	24.2	23.1	19.8	17.3	21.9
น้ำระเหย (มม.) เฉลี่ย-ถาด	145.2	147.7	179.6	187.2	178.2	163.8	153.8	139.6	128.4	126.2	139.7	154.0	1,843.3
ความครึ้มเมฆ (0-10) เฉลี่ย	2.6	2.8	3.8	4.4	6.5	7.8	8.1	8.7	8.5	6.6	3.8	2.9	5.5
ชั่วโมงที่มีแสงแดด เฉลี่ย	ไม่มีการบันทึกข้อมูล												
ทัศนวิสัย (กม.) เฉลี่ย	7.4	6.7	7.1	8.2	10.1	10.6	10.6	10.4	10.2	9.8	9.8	9.7	9.2
ความเร็วลม (น็อต) ความเร็วลมเฉลี่ย	1.1	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.5	0.7	1.5	1.6	1.0
ฝน (มม.) เฉลี่ย	9.7	3.1	50.3	72.7	142.1	93.2	120.2	164.4	249.8	155.7	32.0	10.3	1,103.4

หมายเหตุ ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 10 เมตร

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย พ.ศ. 2535-2546 ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอเมืองฯ จังหวัดสุพรรณบุรี

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(มิลลิบาร์) เฉลี่ย	1012.6	1011.5	1009.7	1008.2	1007.1	1006.5	1006.3	1006.9	1008.0	1010.3	1012.0	1013.5	1009.4
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) เฉลี่ย	26.1	27.3	29.0	30.5	29.9	29.3	28.8	28.5	28.2	28.0	26.8	25.6	28.2
ความชื้นสัมพัทธ์ (%) เฉลี่ย	70.6	71.6	72.3	70.7	73.5	74.0	75.5	76.8	79.8	79.7	73.3	68.4	73.8
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส) เฉลี่ย	19.8	21.1	22.8	23.9	24.2	23.9	23.8	23.8	24.2	23.9	21.2	18.9	22.6
น้ำระเหย (มม.) เฉลี่ย-ถาด	121.6	130.7	166.1	186.1	179.0	164.6	152.3	147.0	133.4	126.9	126.0	130.4	1764.1
ความครึ้มเมฆ (0-10) เฉลี่ย	4.0	3.8	4.7	5.4	7.2	8.2	8.4	8.8	8.5	7.2	5.0	4.0	6.3
ชั่วโมงที่มีแสงแดด เฉลี่ย	ไม่มีการบันทึกข้อมูล												
ทัศนวิสัย (กม.) เฉลี่ย	6.1	6.3	6.8	7.9	9.5	10.4	10.4	10.4	10.0	9.1	8.2	7.6	8.5
ความเร็วลม (น็อต) ความเร็วลมเฉลี่ย	1.6	2.2	2.9	2.9	2.7	3.0	3.0	2.7	1.9	1.9	2.6	2.6	2.5
ฝน (มม.) เฉลี่ย	4.8	11.0	37.9	71.6	128.8	106.9	101.2	108.8	225.3	221.3	48.4	6.9	1072.8

หมายเหตุ ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 7 เมตร

ตั้งแต่บริเวณทุ่งราบภาคกลางตอนบน มีลักษณะลมฟ้าอากาศที่แตกต่างกันภายในของแต่ละปี จนสามารถแยกออกเป็นฤดูในช่วงระยะเวลาที่ค่อนข้างแน่นอน เพราะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมประจำฤดู 2 แหล่ง คือ

1. ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดจากประเทศจีนผืนแผ่นดินใหญ่สู่มหาสมุทรอินเดีย โดยจะพาความแห้งแล้ง และความหนาวเย็นผ่านประเทศไทย ทำให้เกิดฤดูหนาวในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนที่หนาวจัดที่สุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ กับเป็นฤดูที่มีความกดอากาศสูงสุด

2. ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดจากมหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแปซิฟิกใต้ขึ้นสู่ทวีปเอเชีย โดยจะพาความชุ่มชื้นและความอุ่นผ่านประเทศไทย ทำให้เกิดฤดูฝนในช่วงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นระยะที่มีฝนตกชุกที่สุด

นอกจากนี้ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จะมีลมอีกกระแสหนึ่งซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้เข้าสู่อ่าวไทย และประเทศไทยทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ หรือทางใต้ ทำให้เกิดความร้อนและแห้งแล้ง จัดเป็นฤดูร้อน ประกอบกับประเทศไทยจะถูกปกคลุมด้วยบริเวณความกดอากาศสูง ที่มีศูนย์กลางอยู่ในทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก อันเป็นแหล่งกำเนิดของกระแสลมดังกล่าวข้างต้น โดยความกดอากาศสูงเป็นลักษณะของอากาศเบื้องบนเคลื่อนลงสู่เบื้องล่าง ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.3 **สภาพอุทกวิทยา**

แหล่งน้ำผิวดินที่เป็นแหล่งน้ำหลักของพื้นที่ศึกษา คือ แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำน้อย

- แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญและสายใหญ่ที่สุดของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 379 กิโลเมตร ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลของลำน้ำในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ถึงจังหวัดชัยนาท (เหนือเขื่อนเจ้าพระยา) สามารถรองรับอัตราการไหลของน้ำได้สูงสุดประมาณ 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที บริเวณจังหวัดสิงห์บุรีรองรับอัตราการไหลได้ 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และบริเวณจังหวัดอ่างทองรองรับอัตราการไหลได้ประมาณ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็นต้น อย่างไรก็ตาม บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาได้มีการสร้างคันกั้นน้ำ เพื่อป้องกันน้ำล้นตลิ่งเข้าไปท่วมพื้นที่เพาะปลูก

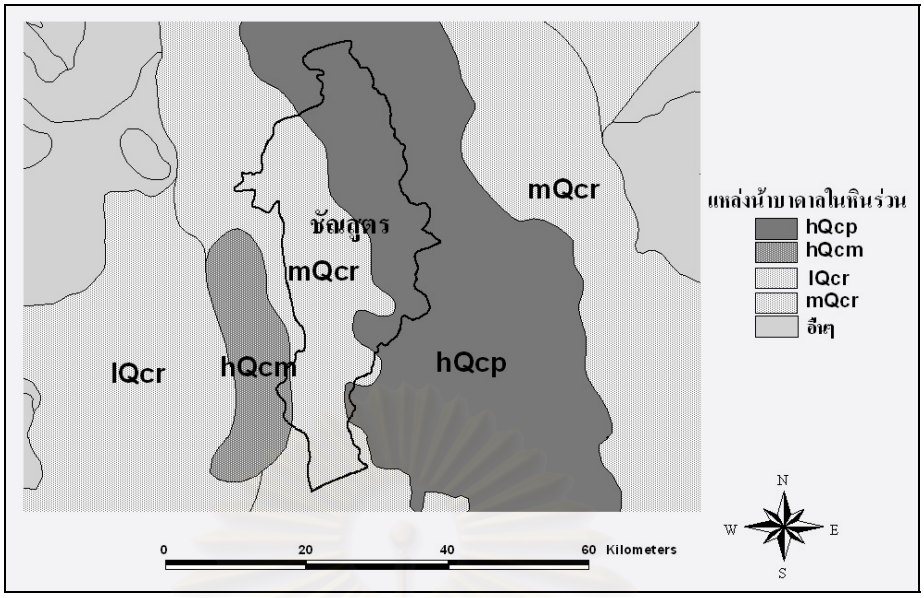
- แม่น้ำน้อยเป็นแม่น้ำสาขาที่แยกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความยาวประมาณ 135 กิโลเมตร ซึ่งกรมชลประทานได้ใช้แม่น้ำสายนี้เป็นคลองส่งน้ำชลประทาน โดยก่อสร้างอาคารประตูระบายน้ำจำนวน 4 แห่งด้วยกันคือ ประตูระบายน้ำบรมธาตุ ชัณสูตร ยางมณี และผักไห่ โดยมีปริมาณน้ำสูงสุดที่รับเข้าประตูระบายน้ำบรมธาตุได้ประมาณ 260 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

โครงการฯ ชัณสูตร มีลำน้ำธรรมชาติหลายสาย ซึ่งในการออกแบบก่อสร้างโครงการวิศวกรได้ออกแบบดัดแปลงลำน้ำธรรมชาติส่วนต่าง ๆ ให้เป็นคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เมื่อเริ่มการส่งน้ำในระยะแรก คลองส่งน้ำที่แต่เดิมเป็นคลองธรรมชาตินั้นมีปัญหาคือน้ำไหลไปถึงปลายคลองได้ช้า สัมประสิทธิ์ของความขรุขระตามลำคลองนั้นมีมาก ทำให้การส่งน้ำภายในโครงการมีปัญหาขาดประสิทธิภาพ ซึ่งต่อมาคลองธรรมชาติเหล่านี้บางช่วงในปัจจุบันได้ทำการปรับปรุงแก้ไข โดยการบีบคลองให้เล็กลงเท่ากับหน้าตัดที่คำนวณเอาไว้ เสริมคันคลอง และขุดลอกคลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งน้ำให้สูงขึ้น ในจำนวนคลองธรรมชาติเหล่านี้มีคลองสีบัวทองซึ่งมีความยาวประมาณ 48+370 กิโลเมตร โดยเริ่มที่ตำบลสระแจง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี ผ่านตำบลสีบัวทอง ตำบลวังน้ำเย็น อำเภอแสวงหา ตำบลรำมะสัก ตำบลยางซ้าย อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง มีความกว้างประมาณ 60 เมตร น้ำลึกประมาณ 2-3 เมตร ได้ออกแบบเป็นคันคลองส่งน้ำสายใหญ่ (1 ขวา) ของโครงการ โดยขุดคลองรับน้ำจากลำแม่น้ำน้อยที่กิโลเมตร 41+500 ฝั่งขวาไปเชื่อมกับคลองธรรมชาติเดิมชื่อสีบัวทอง ที่กิโลเมตรที่ 6+120 และขุดคลองต่อจากคลองธรรมชาติสีบัวทองที่กิโลเมตรที่ 54+600 ไปจนถึงกิโลเมตรที่ 79+592 สุดปลายคลองสาย 1 ขวา รวมความยาวคลอง 1 ขวา ชัณสูตร 79+592 กิโลเมตร ส่วนแม่น้ำน้อยมีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 145 กิโลเมตร ไหลผ่าน 4 จังหวัด เริ่มตั้งแต่แยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลปากแพรก อำเภอเมืองชัยนาท จังหวัดชัยนาท ผ่านเขตจังหวัดสิงห์บุรีที่ตำบลเชิงกลัด อำเภอบางระจัน อำเภอค่ายบางระจัน อำเภอท่าช้าง ผ่านเขตจังหวัดอ่างทองที่ตำบลองค์รักษ์ อำเภอโพธิ์ทอง ผ่านเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ตำบลอมฤต อำเภอผักไห่ เรียกว่า “แควผักไห่” ผ่านอำเภอเสนา ชาวบ้านเรียกว่า “แควสีกุก” ไปบรรจบกับแม่น้ำสายแม่ คือแม่น้ำเจ้าพระยาอีกครั้งหนึ่งที่เขตอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

แหล่งน้ำใต้ดิน ชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษา ในพื้นที่ภาคกลาง คือชั้นน้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Aquifer) เป็นชั้นน้ำที่มีศักยภาพการให้น้ำสูง ประมาณ 20–100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.4 **สภาพอุทกธรณีวิทยา**

จากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 2-1) สามารถจำแนกแหล่งน้ำบาดาลออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers) และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Aquifers) รายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2-1 แหล่งน้ำบาดาลตะกอนหินร่วนของพื้นที่ศึกษา

1. แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน หมายถึง น้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่ในรูพรุน หรือช่องว่างของชั้นตะกอน กรวด ทราย และดินเหนียวที่ทับถมเป็นชั้น ๆ ในบริเวณที่ราบลุ่มฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา รวมทั้งบางส่วนของพื้นที่ราบลุ่มบริเวณแม่น้ำน้อยและแม่น้ำสุพรรณบุรี ซึ่งแหล่งน้ำในกลุ่มนี้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด

1.1 แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนลุ่มน้ำ (Flood Plain Aquifer; Qcp) เป็นชั้นน้ำในตะกอนหินร่วนที่เกิดจากการทับถมของแม่น้ำเจ้าพระยา อยู่บริเวณสองฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยาตามแนวเหนือ ใต้ ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นชั้นกรวดทรายหนา โดยมีชั้นดินเหนียวแทรกสลับอยู่เป็นช่วง ๆ ตั้งแต่ความลึก 10–250 เมตร แหล่งน้ำบาดาลชนิดนี้มีศักยภาพการให้น้ำบาดาลสูง ในเกณฑ์ 60–150 ลบ.ม./ ชม. จากการทดสอบในภาคสนาม พบว่า อัตราการให้น้ำผ่านระบบการสูบน้ำและระบบส่งน้ำของประชาชนอยู่ในช่วง 35-62 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี และเป็นน้ำจืด

1.2 แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนตะพักลุ่มน้ำใหม่ (Younger Terrace Aquifer; Qcr) อยู่ในบริเวณที่ราบที่ถัดจากบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลในตะกอนลุ่มน้ำ มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นชั้นดินเหนียวหนา โดยมีดินดานที่เกิดจากการผุพังของหินปูน มีชั้นกรวดทราย ซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลมีความหนาไม่มากนัก อัตราการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2–50 ลบ.ม./ชม. ที่ระดับความลึกประมาณ 50 เมตร แต่ในบริเวณอำเภอเมือง อำเภอสามชุก และอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งอยู่ตามแนวแม่น้ำสุพรรณบุรี อาจให้น้ำสูงถึง 50–100 ลบ.ม./ชม. ที่ระดับความลึก

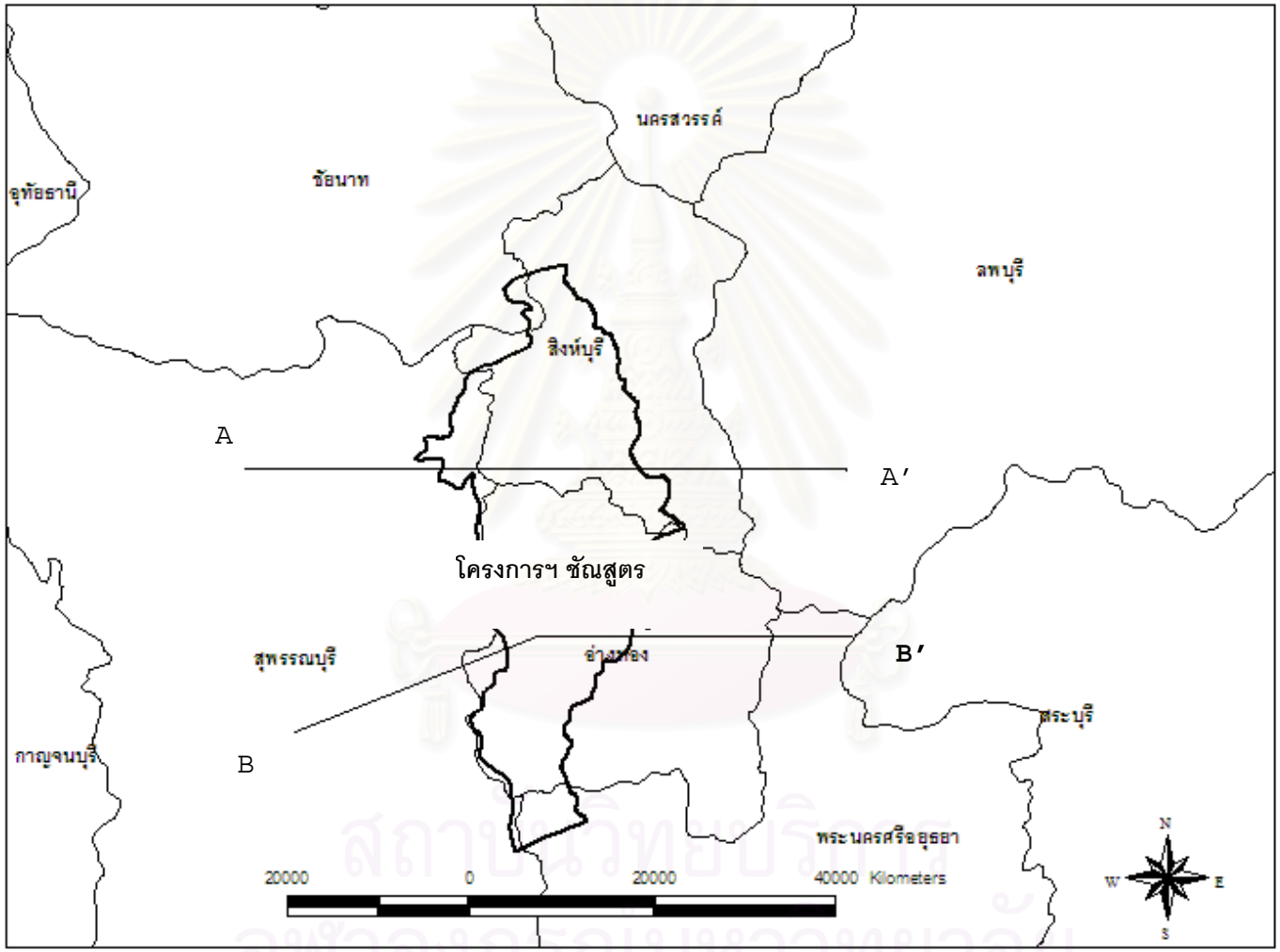
50–200 เมตร จากการทดสอบในภาคสนาม พบว่า อัตราการให้น้ำผ่านระบบการสูบ และส่งน้ำของประชาชนอยู่ในช่วง 22–50 ลบ.ม./ชม.

1.3 แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนเชิงเขา (Colluvial Aquifer ; Qcl) เป็นแหล่งน้ำบาดาลในชั้นตะกอนเศษหินปนกับดินเหนียว ศักยภาพการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ประมาณ 2–5 ลบ.ม./ชม. ที่ระดับความลึก 20–50 เมตร

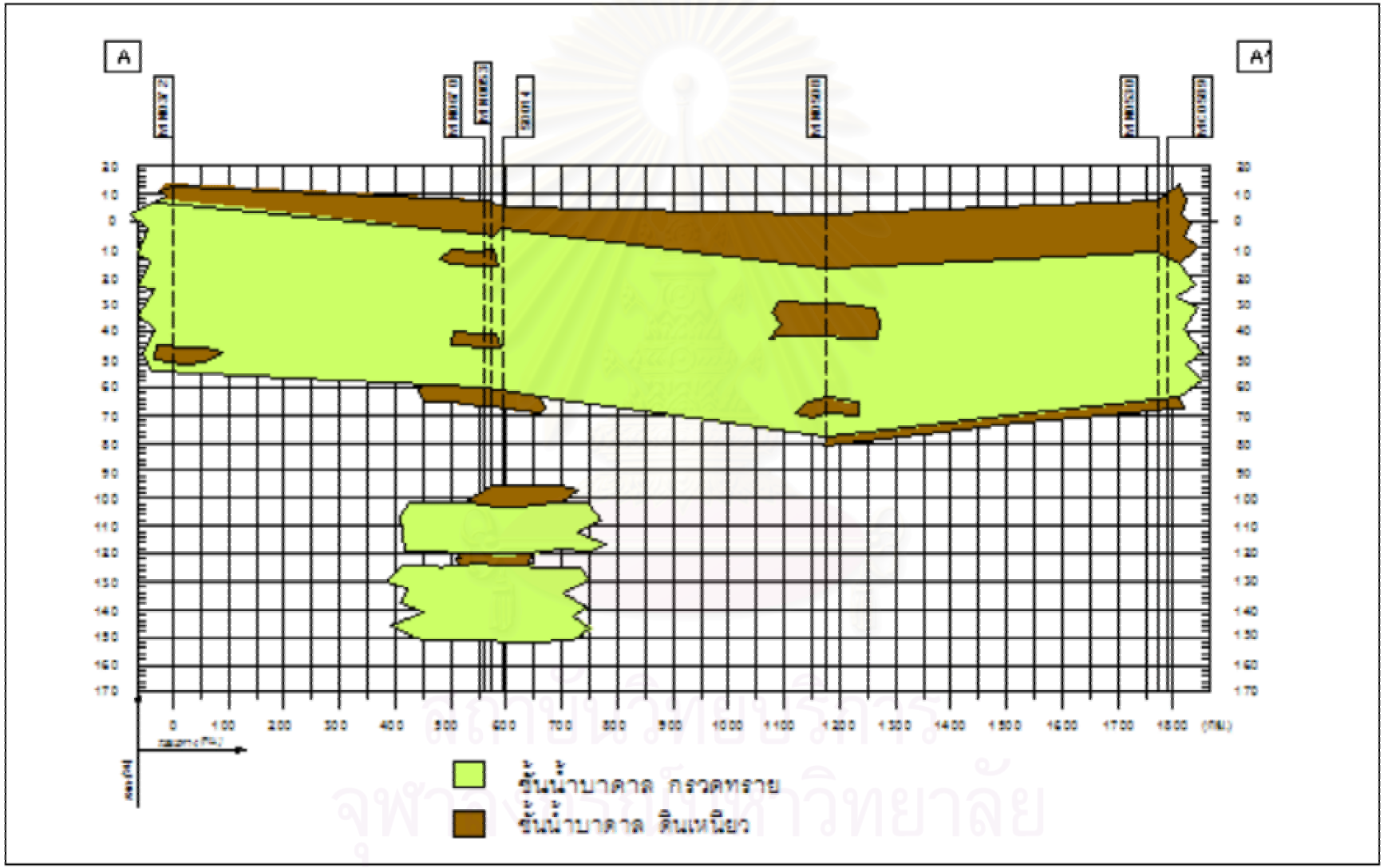
2. แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง ประกอบด้วยหินแกรนิต หินภูเขาไฟ ซึ่งให้น้ำบาดาลน้อยมาก ยกเว้นบริเวณอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี อาจได้น้ำจากโพรงของชั้นหินปูน ซึ่งอัตราการให้น้ำอาจสูงถึง 50 ลบ.ม./ชม. แต่คุณภาพน้ำมีความกระด้างสูง จากการทดสอบในภาคสนาม พบว่า อัตราการให้น้ำผ่านระบบการสูบน้ำและระบบส่งน้ำของประชาชนมีค่าประมาณ 12 ลบ.ม./ชม. จากสภาพแหล่งน้ำบาดาลที่มีศักยภาพการให้น้ำสูง ประกอบกับคุณภาพน้ำบาดาลยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี จึงมีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากการนำข้อมูลข้อมูลการสำรวจบ่อน้ำใต้ดิน (Bore Logs) ที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ มาจัดกลุ่มชั้นน้ำที่มีความลึกใกล้เคียงกันและมีความต่อเนื่องกัน รวมทั้งมีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาเหมือนกันเข้าด้วยกัน แสดงในพื้นที่ศึกษา โดยจัดทำรูปตัดขวางในแนวตะวันออก – ตะวันตก (A-A ‘ ; B-B’) ดังรูปที่ 2-2 ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของสุจริตและคณะ (2545) รูปที่ 1-2

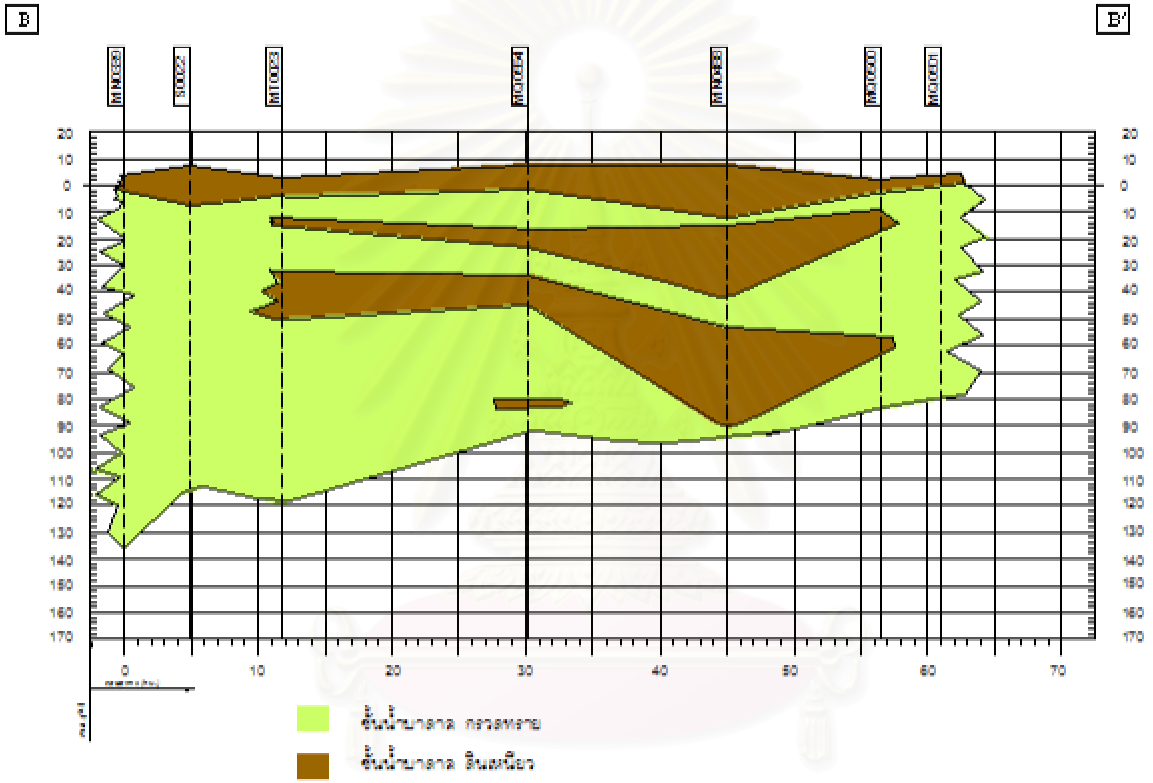
ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษารวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ขุดเจาะพัฒนาบ่อน้ำบาดาลเพื่อจุดประสงค์เฉพาะของแต่ละหน่วยงาน ได้แก่ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กองพัฒนาบ่อน้ำบาดาล กรมโยธาธิการ และกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท เป็นต้น) การประปาส่วนภูมิภาค และกรมชลประทาน เป็นต้น ซึ่งผลจากการรวบรวมมีจำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ก่อสร้างโดยหน่วยงานดังกล่าวในปี พ.ศ.2545 รวมทั้งสิ้นประมาณ 13,000 บ่อ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-3) ข้อมูลของบ่อเหล่านี้ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้ง วันที่ก่อสร้าง ความลึก ระยะช่วงสกรีน ระดับน้ำ อัตราการให้น้ำ ระดับน้ำลด และคุณภาพน้ำ เป็นต้น ผลสรุปจำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา จำแนกตามรายจังหวัด และหน่วยงานต่าง ๆ ดังตารางที่ 2-2 บ่อน้ำบาดาลของหน่วยราชการทั้งหมดประมาณ 13,000 บ่อ โดยมีปริมาณบ่อกระจายตัวหนาแน่นในจังหวัดลพบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ



รูปที่ 2-2 รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

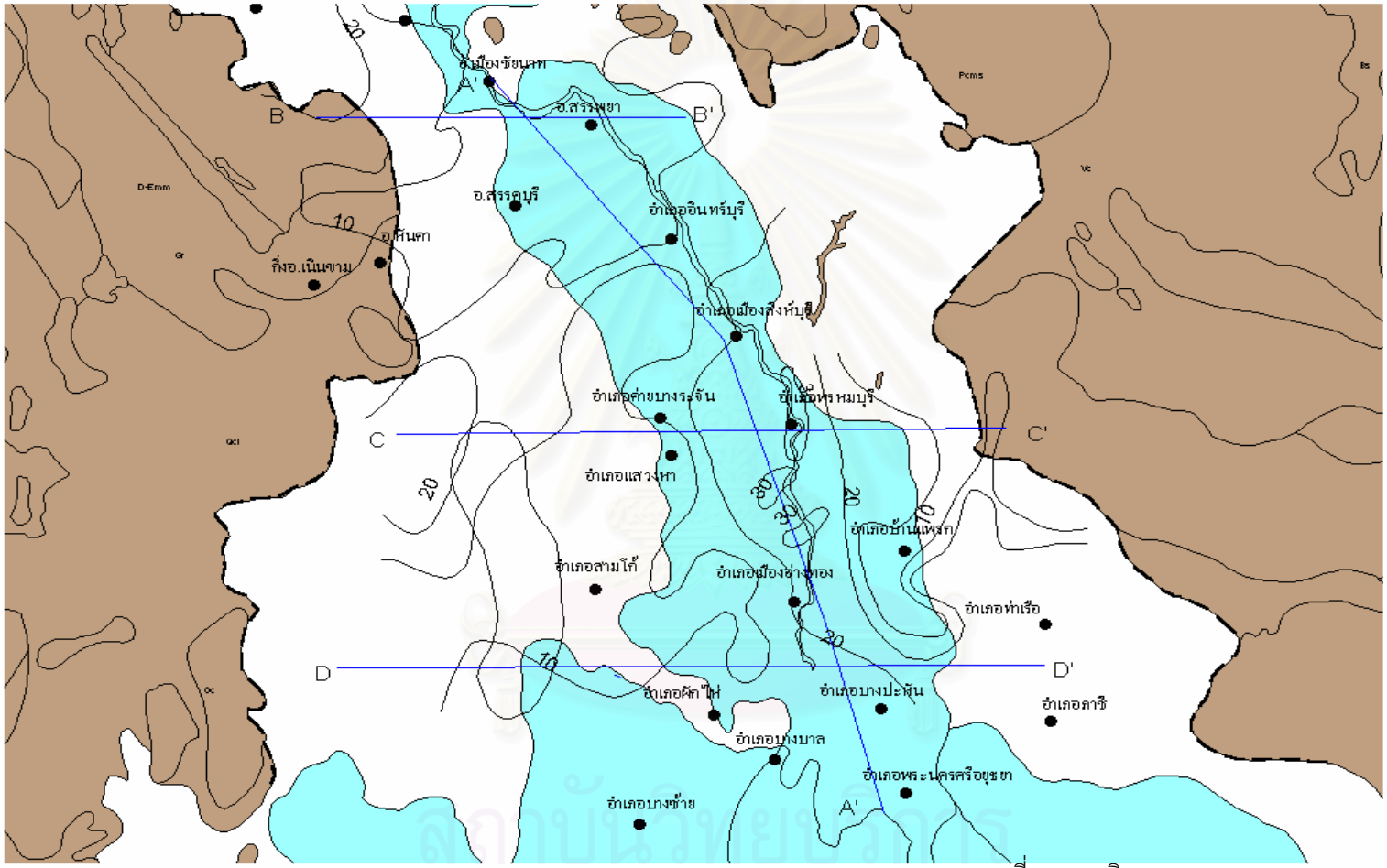


รูปที่ 2-2 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (ก) ภาพตัดขวางแนว A–A'



รูปที่ 2-2 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร (ข) ภาพตัดขวางแนว B–B'

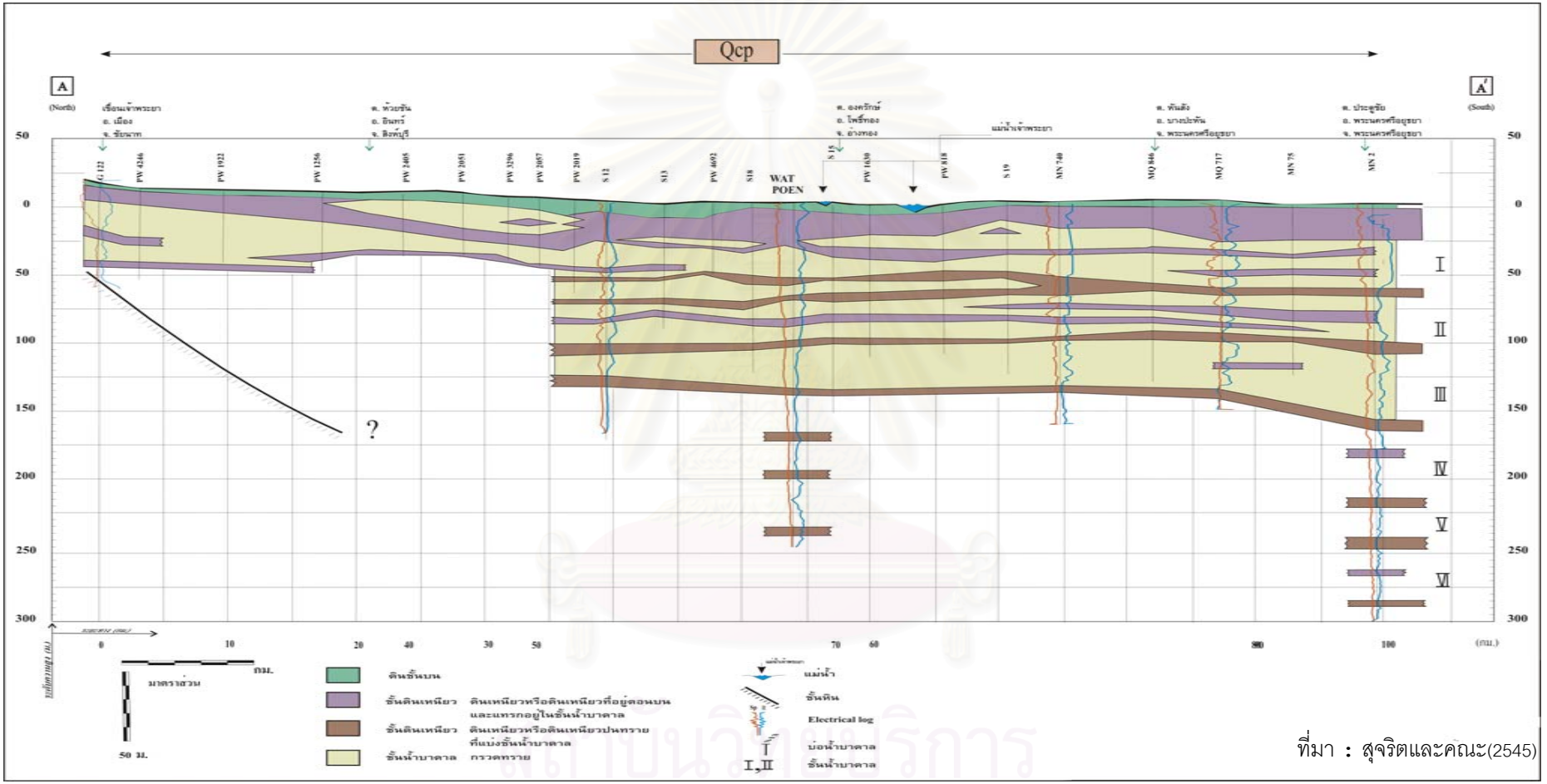
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา : สุจริตและคณะ(2545)

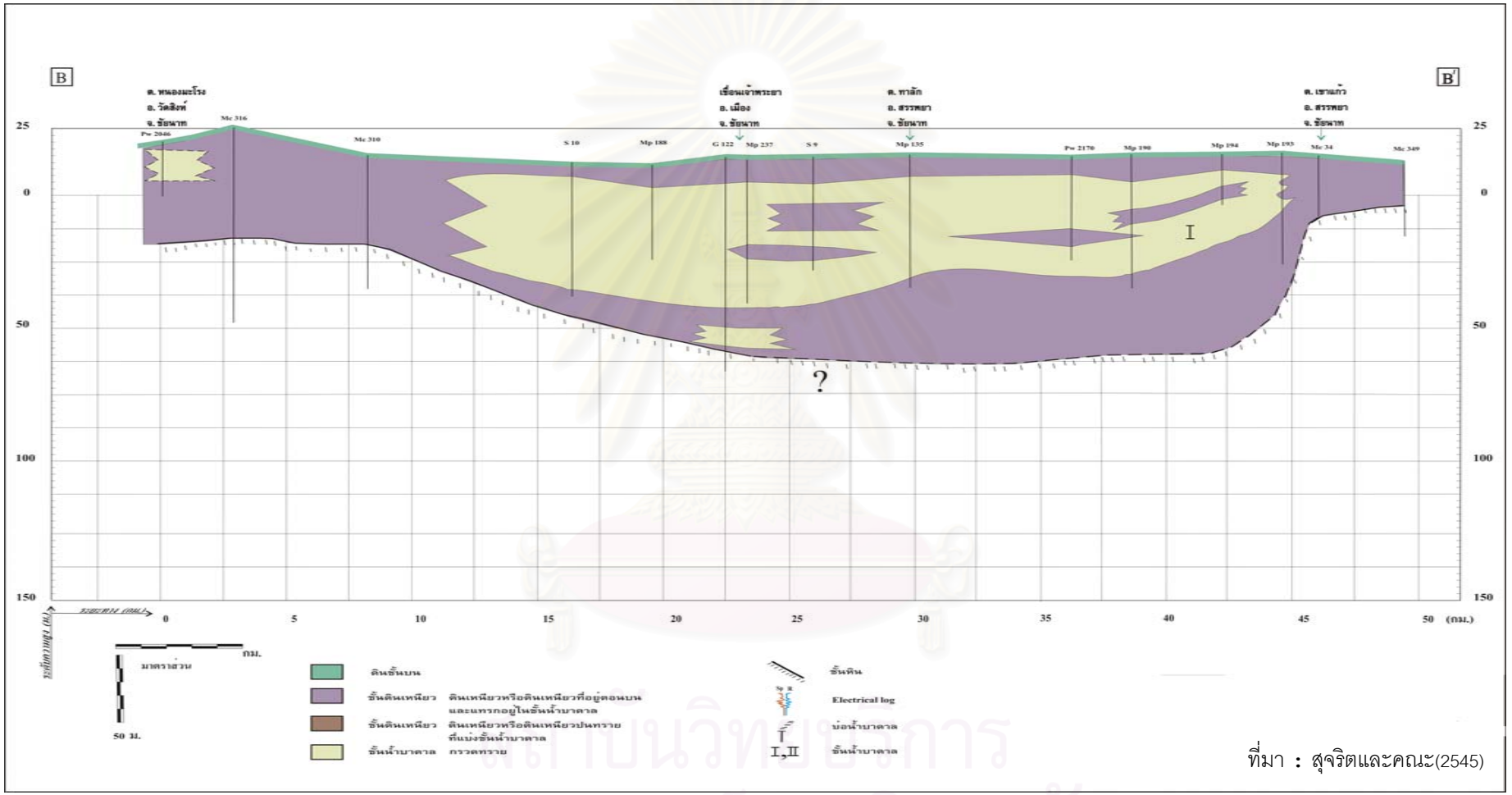
รูปที่ 2-3 รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง

(ก) แนวภาพตัดขวาง A-A', B-B', C-C' และ D-D'



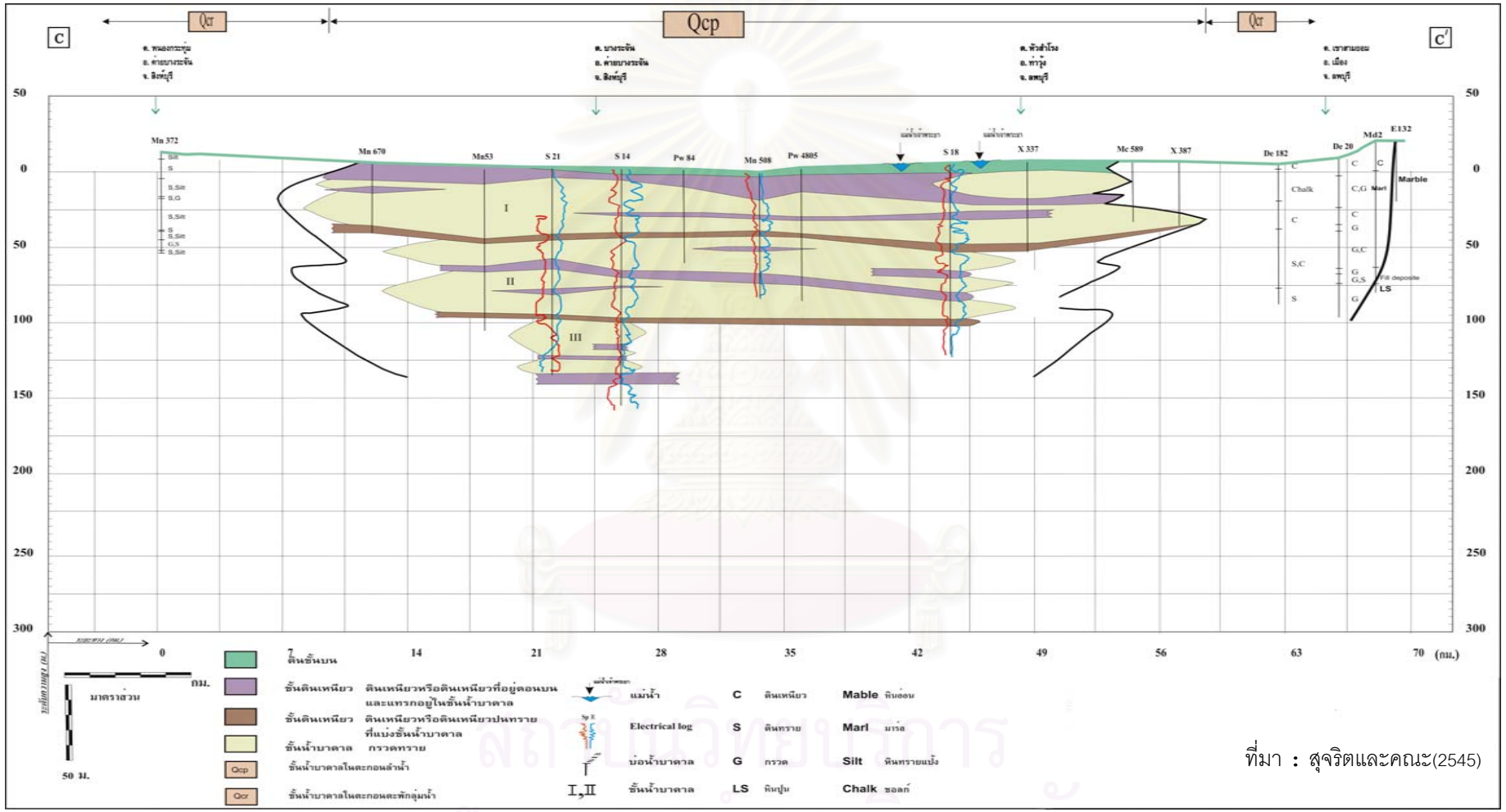
ที่มา : สุจริตและคณะ(2545)

รูปที่ 2-3 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง (ข) ภาพตัดขวางแนว A-A'



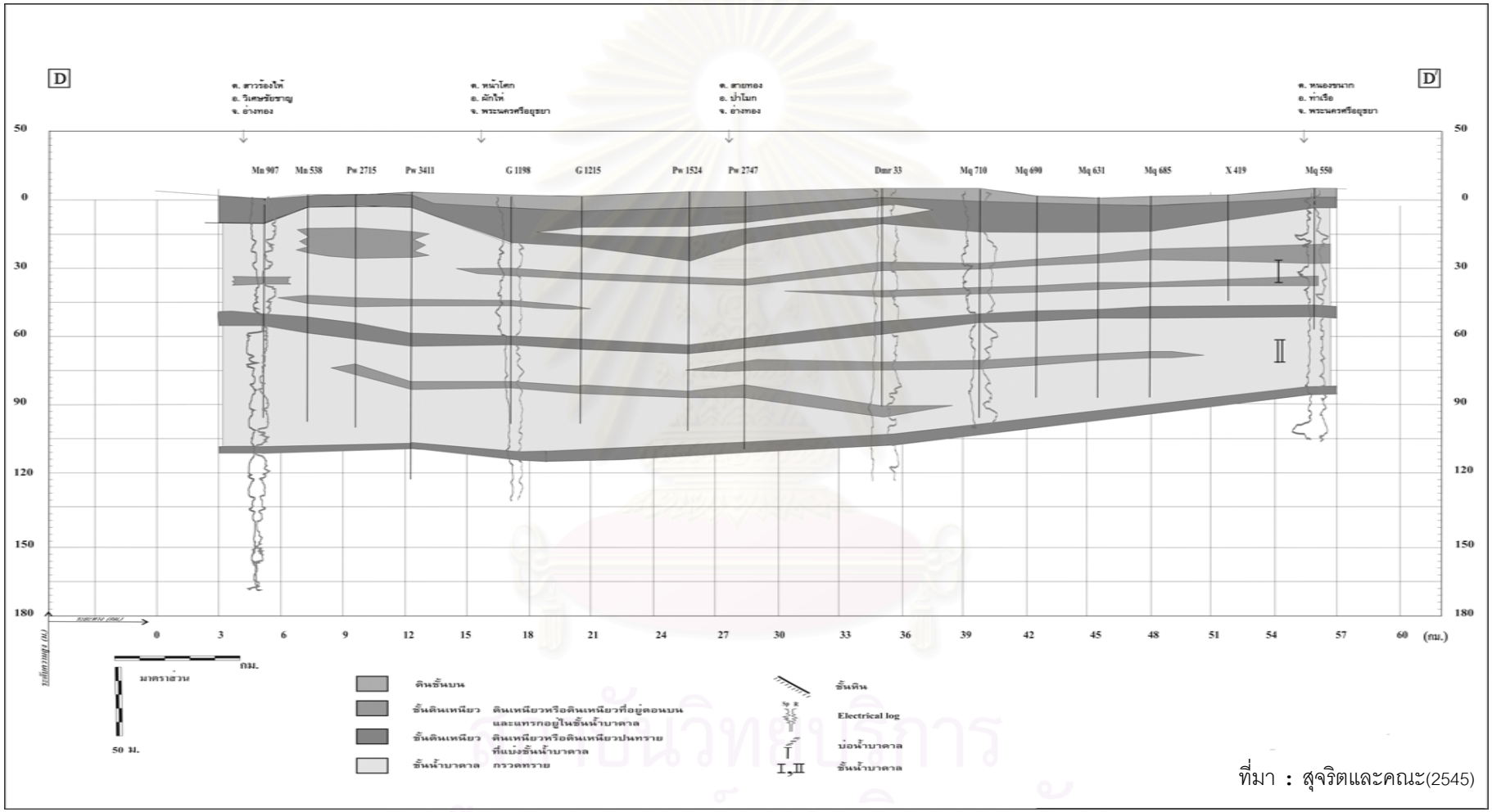
ที่มา : สุจริตและคณะ(2545)

รูปที่ 2-3 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง (ค) ภาพตัดขวางแนว B-B'



ที่มา : สุจริตและคณะ(2545)

รูปที่ 2-3 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง (ง) ภาพตัดขวางแนว C-C'



ที่มา : สุจริตและคณะ(2545)

รูปที่ 2-3 (ต่อ) รูปตัดแสดงชั้นน้ำใต้ดินในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง (จ) ภาพตัดขวางแนว D-D'

ตารางที่ 2-3 จำนวนบ่อน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2545 แยกตามหน่วยงาน

หน่วย : บ่อ

จังหวัด	กทธ.	โยธา	รพช.	อนามัย	กปภ.	ชป.	รวม
ชัยนาท	607	1,361	277	458	1	-	2,704
สิงห์บุรี	313	709	181	130	8	-	1,341
สุพรรณบุรี	1,614	766	432	581	16	22	3,431
อ่างทอง	261	540	178	163	10	-	1,152
ลพบุรี	1,821	1,592	589	582	16	45	4,645
รวม	4,616	4,968	1,657	1,914	51	67	13,273

ตารางที่ 2-4 จำนวนบ่อน้ำบาดาลและบ่อน้ำตื้น (ความลึกน้อยกว่า 30 เมตร) ของประชาชน

หน่วย : บ่อ

จังหวัด	บ่อส่วนตัวของประชาชน		บ่อสาธารณะของหน่วยงานราชการ		รวม
	บ่อน้ำตื้น	บ่อบาดาล	บ่อน้ำตื้น	บ่อบาดาล	
ชัยนาท	2,811	13,156	1,187	2,733	19,887
ลพบุรี	5,260	6,189	1,018	2,972	15,439
สิงห์บุรี	626	11,459	230	1,050	13,365
สุพรรณบุรี	5,695	9,309	1,183	1,987	18,174
อ่างทอง	566	7,009	206	778	8,559
รวม	14,988	47,122	3,824	9,520	75,424

ที่มา : กชช.2ค., 2544

ตารางที่ 2-5 ผลการดำเนินงานโครงการขุดเจาะบ่อน้ำตื้นของกรมส่งเสริมการเกษตรใน ปี 2536/2537

จังหวัด	เป้าหมาย (บ่อ)	ผลการปฏิบัติ (บ่อ)
ชัยนาท *	5,500	5,500
สิงห์บุรี *	5,500	5,172
สุพรรณบุรี *	3,000	3,000
อ่างทอง *	3,000	3,000
นครสวรรค์	2,900	2,900
ลพบุรี *	2,000	2,000

จังหวัด	เป้าหมาย (บ่อ)	ผลการปฏิบัติ (บ่อ)
อุทัยธานี	2,800	2,800
อุตรดิตถ์	3,300	3,300
กำแพงเพชร	8,500	8,500
พิษณุโลก	7,000	7,000
พิจิตร	6,500	6,347
รวม	50,000	49,519

หมายเหตุ * คือจังหวัดที่พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ที่มา : รายงานผลการดำเนินงานโครงการขุดเจาะบ่อบาดาลระดับตื้น (บ่อตอก) เพื่อการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537

การใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลาง มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2534–2537 ซึ่งปี พ.ศ. 2537 เป็นปีที่ประสบภาวะแห้งแล้ง และมีการดำเนินการโครงการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นเพื่อการเกษตรช่วยเหลือเกษตรกรปลูกพืชฤดูแล้งในลุ่มน้ำเจ้าพระยาท่ามกลางวิกฤติการณ์ขาดแคลนน้ำ ปี พ.ศ. 2536–2537 โดยกรมส่งเสริมการเกษตรได้ทำการขุดเจาะบ่อ น้ำบาดาลจำนวน 50,000 บ่อในพื้นที่ภาคกลาง ดังตารางที่ 2-4 และสรุปผลการดำเนินงานโครงการดังกล่าว จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร ส่วนจำนวนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลหลังจากปี พ.ศ. 2537 จนถึง พ.ศ.2545 มีแนวโน้มลดลง สังเกตได้จากอัตราการเพิ่มจำนวนการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2537 มีค่าถึงร้อยละ 20.43 ต่อปี แต่ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 เป็นต้นมา อัตราการเพิ่มจำนวนการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเหลือเพียงร้อยละ 5.36 ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะช่วงปี พ.ศ. 2543–2545 การขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลมีอัตราการขุดเจาะเพิ่มเพียงร้อยละ 1.66 ต่อปีเท่านั้น หน่วยงานที่มีอัตราการเพิ่มของจำนวนบ่อสูงสุด ได้แก่ กรมทรัพยากรธรณี กรมโยธาธิการ กรมอนามัย และกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท ตามลำดับ

2.5 ระดับน้ำใต้ดิน

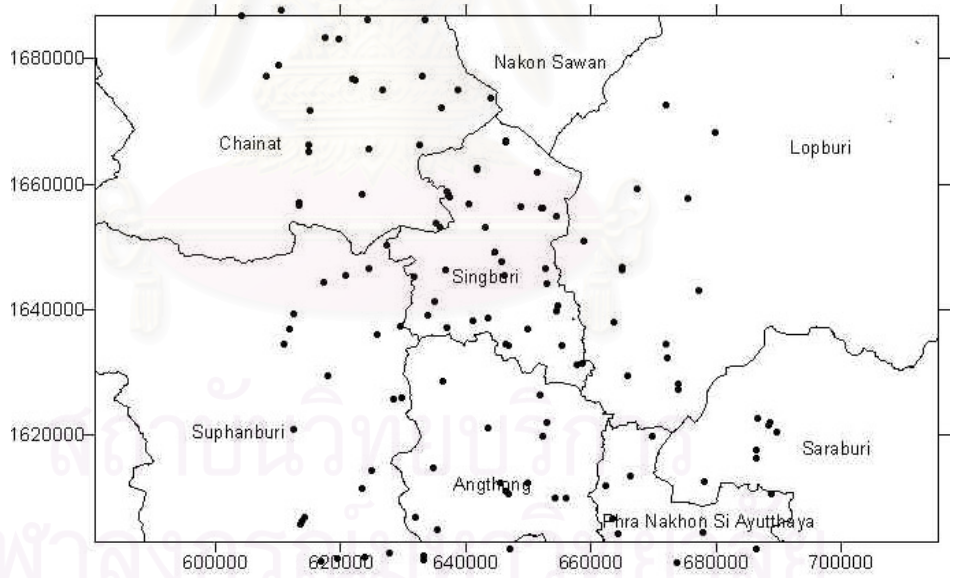
ในการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินของหน่วยงานต่าง ๆ และระดับน้ำจากบ่อน้ำสังเกตการณ์ในชั้นต่าง ๆ โดยโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (สุจริตและคณะ, 2545) ดังรูปที่ 2-1 จำนวน 136 บ่อ ทุก ๆ 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 และโครงการติดตามข้อมูลน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง และพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลของแบบจำลองน้ำบาดาล (สุจริตและคณะ, 2545) โดยมีการกำหนดบ่อสังเกตการณ์ให้เพิ่มขึ้นในบริเวณพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร และปรับลดลงในบริเวณที่ไม่จำเป็น เพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ดีขึ้น ดังรูปที่ 2-2 จำนวน 101 บ่อ ทุก ๆ 2 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2546 จากการวิเคราะห์ระดับน้ำและพฤติกรรมการไหลของระบบน้ำใต้ดิน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดิน มีลักษณะการไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และจากทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ไหลมาเข้าสู่กันบริเวณตอนกลางของพื้นที่ และลงไปทางทิศใต้

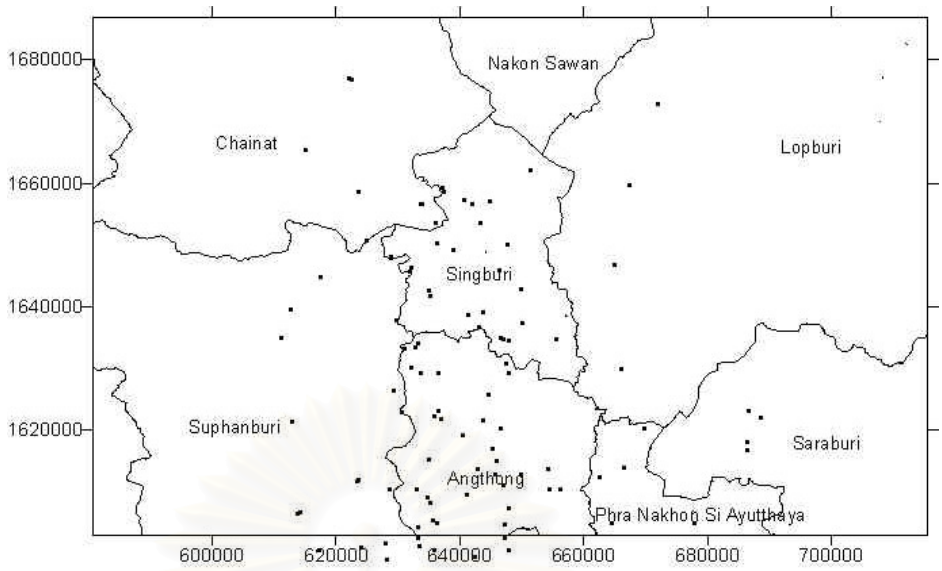
2. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในชั้นน้ำชั้นที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงฤดูฝน คือ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2545 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2545 มีค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 4 เมตร ในบริเวณพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดสิงห์บุรี ส่วนในฤดูแล้ง คือ

ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2546 มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเพียงเล็กน้อย โดยผลต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดในช่วงนี้มีค่าประมาณ 1-2 เมตร ในบริเวณพื้นที่บนของจังหวัดอ่างทอง ชั้นน้ำชั้นที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงฤดูฝน มีค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 3 เมตร ในบริเวณพื้นที่ตอนบนของจังหวัดอ่างทอง ส่วนในช่วงฤดูแล้งส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเพียงเล็กน้อย โดยผลต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดในช่วงนี้มีค่าประมาณ 1-2 เมตร ในบริเวณพื้นที่ตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดอ่างทองและตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดสิงห์บุรี ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 3 และชั้นน้ำ ชั้นที่ 4 มีค่าระดับน้ำใกล้เคียงกัน มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงฤดูฝนโดยมีการช่วงการแกว่งตัวตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ประมาณ 2-3 เมตร ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำโดยมีผลต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดในช่วงนี้มีค่าประมาณ 1-2 เมตร

3. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในชั้นน้ำชั้นที่ 1 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน และเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นระดับน้ำบาดาลจะลดลงจนถึงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นเวลาช่วงปลายของฤดูแล้ง

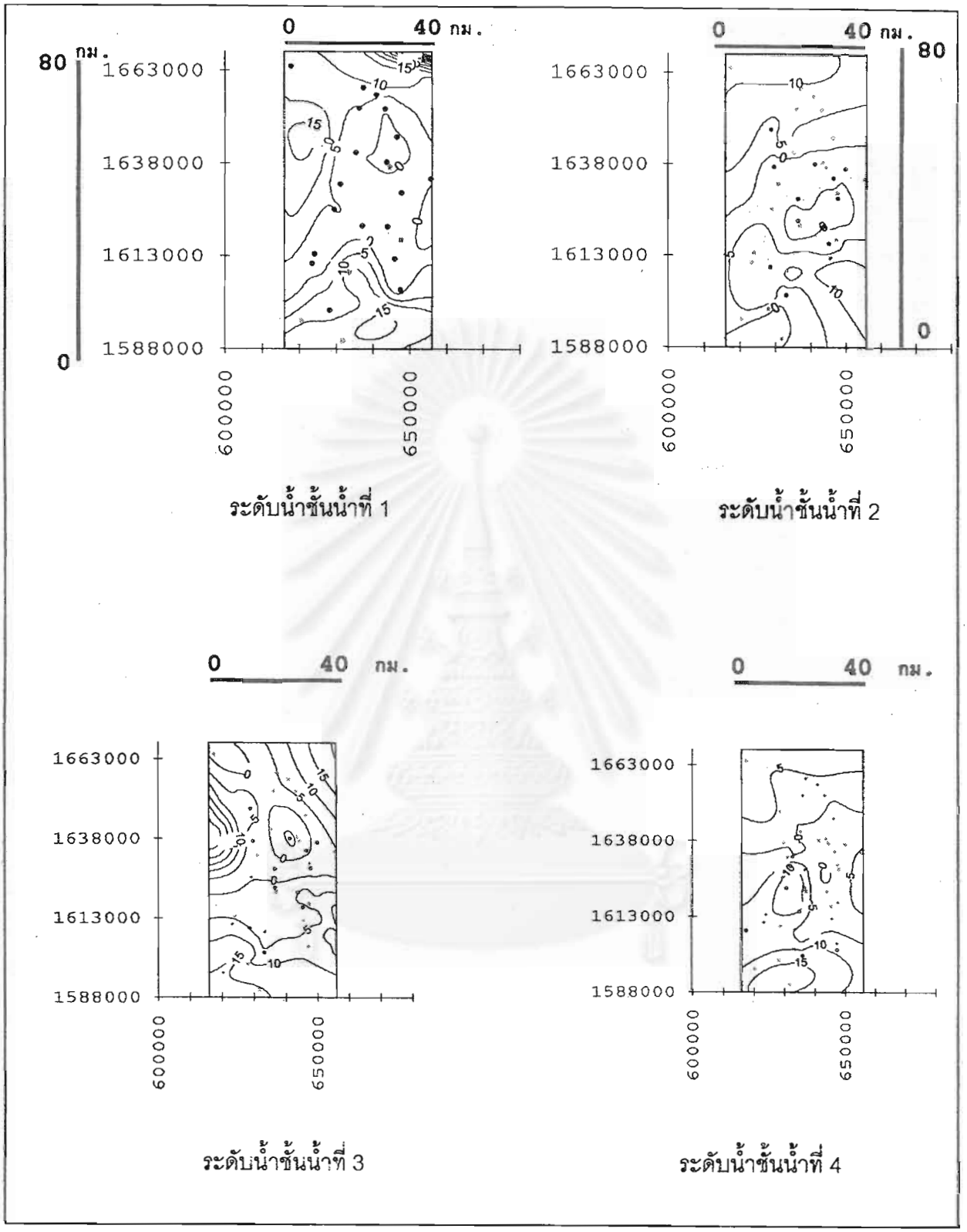


รูปที่ 2-2 ตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาในช่วงที่ 1 พ.ศ. 2543 – พ.ศ. 2544



รูปที่ 2-3 ตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาในช่วงที่ 2 พ.ศ. 2545 – พ.ศ. 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-6 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน ปี พ.ศ.2545 จากข้อมูลในสนาม

2.6 สภาพดินและการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ประเภทคือ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากมี ระบบชลประทาน ทำให้มีน้ำเพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ดีกว่าในบริเวณอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว ซึ่งปลูกได้ทั้ง 2 ฤดูกาล และมากกว่า จัดได้ว่าเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของประเทศ นอกจากนี้ ยังมีการเพาะปลูกพืชไร่ ประกอบด้วย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงาน และ มันสำปะหลัง

ตารางที่ 2-6 สภาพการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์
1. พื้นที่อยู่อาศัย	912,000	7.25
2. พื้นที่เกษตรกรรม	10,860,574	86.34
3. พื้นที่ป่าไม้	477,968	3.80
4. พื้นที่แหล่งน้ำ	213,072	1.69
5. พื้นที่อื่น ๆ	114,511	0.91

ที่มา : กรมชลประทาน, 2543.

สมรรถนะของดินจัดอยู่ในชั้นดินย่อย ที่มีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ มีจอมปลวกบ้างเล็กน้อย ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินสูง เนื้อดินชั้นบนเป็นดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายและดินร่วนเหนียว มีสีน้ำตาล น้ำตาลเข้ม น้ำตาลปนเทา ถึงน้ำตาลปนเทาเข้ม จุดประสีน้ำตาลแก่ น้ำตาล น้ำตาลปนเหลือง และน้ำตาลปนแดง ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างเล็กน้อย (pH 6.5-8.0) ซึ่งเหมาะสำหรับการปลูกพืชไร่และข้าว

2.7 ประชากร

ในปี พ.ศ. 2546 พื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร มีจำนวนประชากรทั้งหมด 175,515 คน โดยประชากรส่วนใหญ่ ได้แก่ ประชากรในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดอ่างทอง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-7 สำหรับประชากรในเขตพื้นที่ตำบลโพงาม อำเภอโพงาม จังหวัดชัยนาท และตำบลทับยา

อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ซ้ำกับพื้นที่โครงการฯ บรมธาตุ รวมทั้งประชากรในพื้นที่ตำบลดอนลาน อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซ้ำกับพื้นที่โครงการฯ ผักไห่

ตารางที่ 2-7 จำนวนประชากรทั้งหมด แยกตามอำเภอและจังหวัด ในโครงการส่งน้ำและ บำรุงรักษาชัณสูตร

จังหวัด	อำเภอ	จำนวนประชากร (คน)	รวม (คน)
ชัยนาท	สรรคบุรี	3,197	3,197
สิงห์บุรี	อินทร์บุรี	2,644	95,647
	บางระจัน	29,227	
	เมือง	1,386	
	ค่ายบางระจัน	24,033	
	ท่าช้าง	8,635	
	แสวงหา	29,722	
อ่างทอง	โพธิ์ทอง	22,361	60,315
	วิเศษชัยชาญ	21,993	
	สามโก้	15,961	
สุพรรณบุรี	เดิมบางนางบวช	6,285	15,819
	ศรีประจันต์	5,157	
	บางปลาม้า	2,830	
	เมือง	1,547	
พระนครศรีอยุธยา	ผักไห่	6,110	6,110

ที่มา : โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร, มิถุนายน 2546

2.8 ลักษณะโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร

โครงการฯ ชัณสูตร เป็นโครงการชลประทานโครงการหนึ่งในจำนวนทั้งหมด 42 แห่งของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ชลประทาน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี และพระนครศรีอยุธยา เป็นโครงการประเภทผันและส่งน้ำโดยรับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการผันน้ำของเขื่อนเจ้าพระยาเพื่อยกระดับน้ำให้เข้าทางลำแม่น้ำน้อย กับลำแม่น้ำสายต่าง ๆ และใช้แม่น้ำน้อยเป็นคลองส่งน้ำสายใหญ่สายหนึ่ง พร้อมกับสร้างประตูระบายบางระจันขึ้น ทำหน้าที่เป็นอาคารผันน้ำในแม่น้ำน้อยที่ กม.42+000 ของแม่น้ำน้อย

โครงการฯ ได้ดำเนินการก่อสร้างหัวงานเมื่อปี พ.ศ. 2495 พร้อมกับการสร้างเขื่อนเจ้าพระยา งานก่อสร้างหัวงานและระบบส่งน้ำส่วนใหญ่เสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2506 และในปี พ.ศ. 2507 ได้เริ่มก่อสร้างงานคันและคูน้ำเพื่อช่วยกระจายน้ำให้ถึงพื้นที่เพราะปลูกของราษฎรให้ทั่วถึงกัน ซึ่งระบบงานส่งน้ำในระดับแปลงนานี้ ตามนัยพระราชบัญญัติคันและคูน้ำ พ.ศ. 2505 จะต้องเป็นหน้าที่ของราษฎรที่จะต้องดำเนินการเอง แต่รัฐบาลในสมัยนั้นเห็นว่า หากปล่อยให้ราษฎรดำเนินการเองแล้วจะล่าช้าไม่ทันต่อความต้องการในการพัฒนาทางด้านการเกษตร จึงใช้งบประมาณแผ่นดินดำเนินการให้ก่อน ต่อมาในปี พ.ศ. 2512 ในเขตพื้นที่ตำบลสระแจง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 1,000 ไร่ เป็นโครงการนำร่องตัวอย่างแห่งแรกของประเทศ โดยได้รับการช่วยเหลือจากรัฐบาลเนเธอร์แลนด์ นับว่าเป็นความก้าวหน้าในการพัฒนางานชลประทานในระบบไร่นาที่สมบูรณ์แบบขึ้นเป็นครั้งแรก และได้ดำเนินการก่อสร้างงานจัดรูปที่ดินขึ้นต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2525

โครงการฯ ชัณสูตรเป็นโครงการชลประทานประเภททดและส่งน้ำ คือ มีหน้าที่ทดน้ำในแม่น้ำน้อยให้สูงขึ้น โดยประตูระบายบางระจันทำหน้าที่ปิดกั้น แล้วส่งน้ำจากแม่น้ำเข้าคลองส่งน้ำสายต่าง ๆ จำนวน 43 สาย รวมความยาว 425+300 กิโลเมตร และระบายน้ำส่วนที่เกินความจำเป็นลงคลองระบาย จำนวย 28 สาย รวมความยาว 395+111 กิโลเมตร ตามรูปที่ 2-9

บริเวณหัวงานของโครงการฯ ชัณสูตร ประกอบด้วย

1) เขื่อนระบายน้ำ / ประตูระบายน้ำ

- ระดับน้ำสูงสุด	+11.80	ม.(รทก.)
- ระดับเก็บกัก	+11.60	ม.(รทก.)
- ระดับพื้นที่ธรณี ปตร.	+6.92	ม.(รทก.)
- ระดับสันบาน	+11.92	ม.(รทก.)
- ระดับสันตอม่อ	+12.80	ม.(รทก.)
- จำนวนและขนาดช่องระบายน้ำ 4 ช่อง ช่องละ	6.00	ม.
- ปริมาณระบายสูงสุด (ตามที่ออกแบบ)	260	ลบ.ม./วินาที
- ขนาดประตูเรือสัญจร	25.20 + 60.00	ม.

- ข้อมูลอื่น ๆ ประตูระบายบางระจันสร้างตามแบบเลขที่ 30633
- ประตูเรือสัญจรสร้างตามแบบเลขที่ 29321

2) โรงสูบน้ำ

2.1) ปากคลอง 1 ซ้าย -1 ซ้าย

- ระดับน้ำสูงสุดหน้าโรงสูบน้ำ (น้ำนอง)	+12.60	ม.(รทก.)
- ระดับน้ำปกติหน้าโรงสูบ	+12.60	ม.(รทก.)

- ระดับหัวสูบ	+10.30	ม.(รทก.)
- ระดับน้ำในคลองส่ง	+12.10	ม.(รทก.)
- ความสูงของน้ำที่สูบ	+2.35	ม.
- ปริมาณน้ำสูงสุดที่สูบ	1.324	ลบ.ม./วินาที
- จำนวนและขนาดเครื่อง	1-∅36"	เครื่อง

2.2) โรงสูบน้ำแม่น้ำน้อย กม.62+800 ฝั่งขวา

ข้อมูลอื่น ๆ โรงสูบน้ำด้วยพลังงานไฟฟ้าคลองส่งน้ำ 1 ซ้าย–1 ซ้าย สร้างเมื่อปี พ.ศ. 2516 จะทำการสูบน้ำเมื่อปริมาณน้ำที่ระบายลงมาจากท้าย ปตร.บรมธาตุต่ำกว่า 200 ลบ.ม./วินาที และมีระดับน้ำต่ำกว่า +12.33 ม.(รทก.) ที่บริเวณหน้าโรงสูบน้ำจึงจะทำการสูบน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมในฤดูแล้ง และเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมในฤดูฝน

3) อาคารประกอบที่หัวงาน

- ประตูระบายน้ำบางระจัน สร้างที่ กม.42+000 ของแม่น้ำน้อยในช่องลัด ทำหน้าที่ทดน้ำและระบายน้ำเพื่อเก็บกักให้ได้ระดับ +11.60 ม.(รทก.) และระบายน้ำเมื่อปริมาณน้ำสูงเกินความต้องการ
- อาคารระบายน้ำล้นฉุกเฉิน สร้างที่คลอง 1 ขวา ฝั่งซ้าย กม.54+750 ทำหน้าที่ระบายน้ำทิ้งหรือล้นฉุกเฉิน
- ประตูระบาย (หรือท่อส่งน้ำ) ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ได้แก่ ประตูระบายปากคลอง 1 ขวา (ชัณสูตร) สร้างที่ กม.0+100 ของคลองส่งน้ำสาย 1 ขวา และตรงกับ กม.41+500 ของแม่น้ำน้อย
- ท่อส่งน้ำปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ที่ปากคลอง 1 ซ้าย–1 ซ้าย, 1 ขวา–1 ซ้าย เป็นอาคารที่รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำน้อย ที่ กม.34+000 ฝั่งซ้าย โดยขุดคลองรับน้ำเข้าถึง ปตร.ที่ กม.0+174
- ท่อระบายน้ำปากคลอง 2 ซ้าย เป็นอาคารที่รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำน้อย อยู่ติดกับ ปตร. บางระจันที่ กม.42+000 ฝั่งซ้าย

ระบบส่งน้ำของโครงการฯ ชัณสูตร ประกอบด้วย

1) พื้นที่ชลประทานของโครงการ	475,000	ไร่
2) คลองส่งน้ำ 43 สาย รวมความยาว	435 + 300	กม.
3) จำนวนอาคารที่สำคัญๆ ของโครงการ		
- ประตูระบายปากคลอง (Gate Regulator)	1	แห่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ประตูระบายกลางคลอง (Check Regulator) 1 แห่ง
- ท่อระบายปากคลอง (Culvert Head Structure) 42 แห่ง
- ท่อระบายกลางคลอง (Culvert Check Structure) 58 แห่ง
- ท่อระบายปลายคลอง (Culvert Tail Structure) 42 แห่ง
- ประตูเรือสัญจร (Navigation Lock) 1 แห่ง
- สะพานน้ำ (Flume) 3 แห่ง
- ท่อลอด (Culvert) 37 แห่ง
- ท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turn–Out) 717 แห่ง
- อาคารอื่น ๆ (ระบุ) 10 แห่ง
- ไซฟอน 10 แห่ง
- ท่อรับน้ำป่า 1 แห่ง
- สะพานข้ามคลองส่งน้ำ 145 แห่ง
- ท่อลอดคันกั้นน้ำลาชะโด ฝั่งขวา 3 แห่ง
- ฝายน้ำล้น 1 แห่ง
- ท่อรับน้ำคันกั้นน้ำเล็กเลียบริมแม่น้ำน้อยฝั่งซ้าย 3 แห่ง
- โรงสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 2 แห่ง
- คูส่งน้ำ จำนวน 1,988 สาย รวมความยาว 1,794 + 225 กม.

ระบบส่งน้ำในแปลงนาของโครงการฯ ชัณสูตร ประกอบด้วย

1) จำนวนคูส่งน้ำ 1,988 สาย
2) จำนวนคูระบายน้ำ 732 สาย รวมความยาว 718 + 209 กม.
3) อาคารในคูส่งน้ำ 740 แห่ง

ระบบระบายน้ำของโครงการฯ ชัณสูตร ประกอบด้วย

1) คลองระบายน้ำ 28 สาย รวมความยาว 395 + 111 กม.
2) จำนวนอาคารในระบบระบายน้ำ 385 แห่ง
3) คันกั้นน้ำป้องกันอุทกภัย 8 สาย รวมความยาว 28+995 กม.
4) จำนวนอาคารในคันกั้นน้ำ 1 แห่ง
5) ประตูระบายน้ำบางระจันในคลองลัดแม่น้ำน้อย 1 แห่ง
6) ทำนบดินปิดกั้นลำแม่น้ำน้อย (เดิม) 1 แห่ง
7) ประตูระบายกลางคลองระบายน้ำ 3 แห่ง

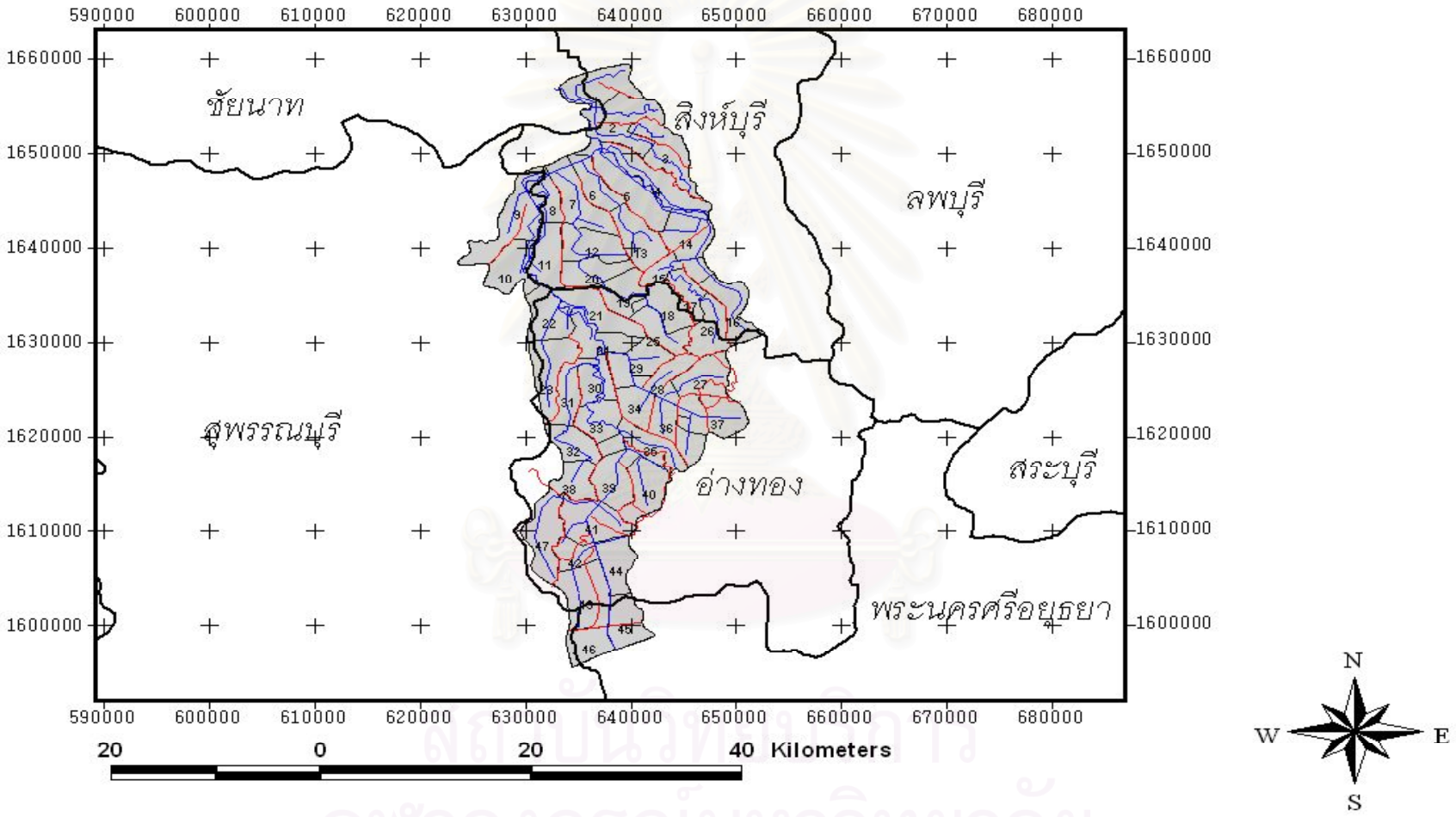
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8) ประตูระบายน้ำทิ้ง	1	แห่ง
9) ท่อระบายน้ำลอดคลอง	34	แห่ง
10) สะพานข้ามคลองระบายน้ำ	115	แห่ง
11) ประตูระบายปลายคลองระบายน้ำ	19	แห่ง
12) ท่อระบายปลายคลอง	2	แห่ง

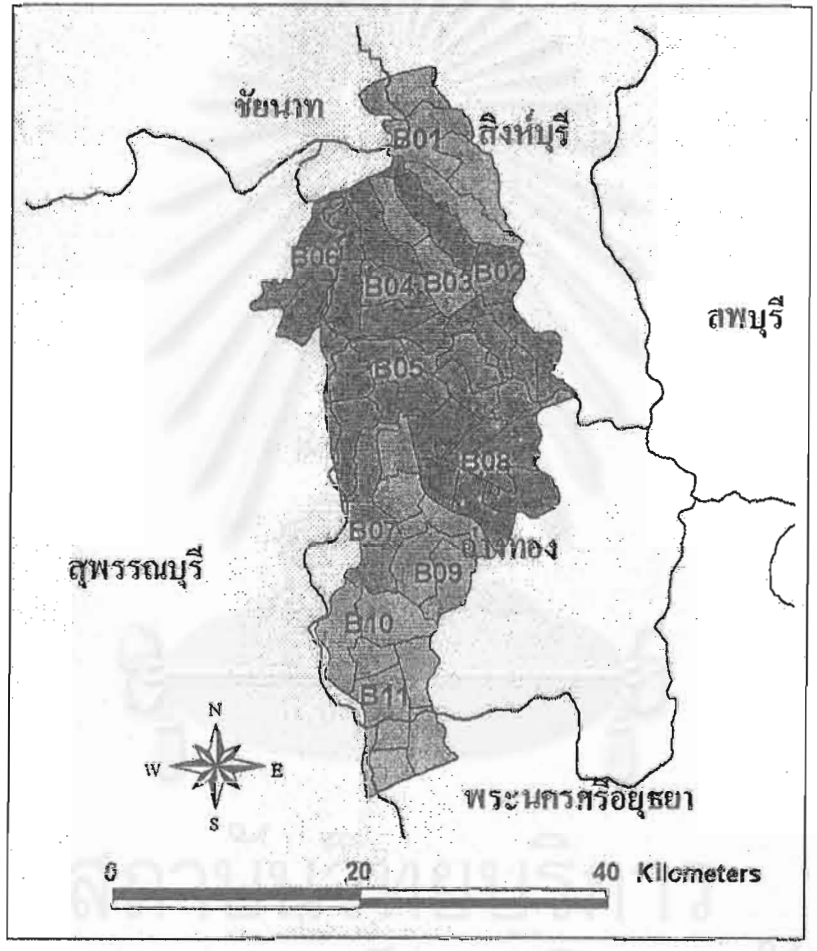
ทางลำเลียงในโครงการฯ ชัณสูตร ประกอบด้วย

1) ทางลำเลียงใหญ่		
- เอฟ 4 (ผิวจราจรราดยาง) รวมยาว	74 + 200	กม.
- เอฟ 5 (ผิวจราจรลูกรัง) รวมยาว	10 + 500	กม.
2) ทางลำเลียงย่อย		
- เอฟ 6 (ผิวจราจรลูกรัง) รวมยาว	234-514	กม.
3) ทางต่ำกว่ามาตรฐาน		
- ประเภท ก. รวมยาว	178 + 938	กม.
4) รวมความยาวทางลำเลียงทั้งหมด	498 + 152	กม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-7 แผนที่คลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร



รูปที่ 2-8 การแบ่งกลุ่มพื้นที่ชลประทานสำหรับแบบจำลอง AISP

ตารางที่ 2-8 ข้อมูลความยาวคลองและประตูระบายน้ำปากคลองแยกซอยในแต่ละกลุ่มพื้นที่

ที่	ข้อมูลประตูระบายน้ำ		สัญลักษณ์	ความยาว (กม.)	ขนาดช่องบานระบาย		กลุ่มพื้นที่ชลประทานที่รับน้ำ
					วงกลม	สี่เหลี่ยม	
	ตำแหน่ง	คลอง			∅ (ม.) x จำนวน	ก.(ม) x ย.(ม.) x จำนวน	
1	ปากคลอง	1ขวา	1R	79.592	-	3.00 x 6.00 x 3	ทั้งโครงการฯ
2	ปากคลอง	1ขวา-1ซ้าย	1R-1L	17.880	1.00 x 2	-	B01
3	ปากคลอง	1ซ้าย	1L	9.550	1.00 x 1	-	B01
4	ปากคลอง	1ซ้าย-1ซ้าย	1L-1L	8.680	1.00 x 1	-	B01
5	ปากคลอง	2ซ้าย	2L	13.000	1.00 x 1	1.00 x 1.25 x 1	B01
6	ปากคลอง	1ซ้าย-1ขวา	1L-1R	29.700	-	1.20 x 1.50 x 2	B02
7	ปากคลอง	2ซ้าย-1ขวา	2L-1R	12.000	1.00 x 2	-	B02
8	ปากคลอง	3ซ้าย-1ขวา	3L-1R	24.500	-	1.50 x 1.50 x 2	B03
9	ปากคลอง	4ซ้าย-1ขวา	4L-1R	12.000	1.00 x 2	-	B04
10	ปากคลอง	1ขวา-1ฝั่งซ้าย	1R-1(L)	5.365	1.00 x 2	-	B05
11	ปากคลอง	1ขวา-1ขวา	1R-1R	18.600	1.00 x 2	-	B06
12	ปากคลอง	1ขวา-1ฝั่งขวา	1R-1(R)	5.450	1.00 x 2	-	B06
13	ปากคลอง	2ขวา-1ขวา	2R-1R	12.651	1.00 x 2	-	B06
14	ปากคลอง	3ขวา-1ขวา	3R-1R	14.810	-	1.25 x 1.25 x 1	B07
15	ปากคลอง	5ซ้าย-1ขวา	5L-1R	16.480	-	1.75 x 1.75 x 2	B08
16	ปากคลอง	1ขวา-2ฝั่งขวา	1R-2(R)	6.000	-	1.75 x 1.75 x 1	B09
17	ปากคลอง	1ขวา-2ฝั่งซ้าย	1R-2(L)	4.900	1.00 x 2	-	B09
18	ปากคลอง	6ซ้าย-1ขวา	6L-1R	7.840	1.00 x 1	-	B09
19	ปากคลอง	7ซ้าย-1ขวา	7L-1R	4.348	1.00 x 2	-	B09
20	ปากคลอง	4ขวา-1ขวา	4R-1R	14.940	-	1.25 x 1.25 x 2	B10
21	ปากคลอง	5ขวา-1ขวา	5R-1R	3.670	1.00 x 1	-	B10
22	ปากคลอง	8ซ้าย-1ขวา	8L-1R	4.440	0.60 x 1	-	B10
23	ปากคลอง	6ขวา-1ขวา	6R-1R	10.280	1.00 x 1	-	B11
24	ปากคลอง	9ซ้าย-1ขวา	9L-1R	4.200	0.80 x 1	-	B11

หมายเหตุ ∅ หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องของบานระบายรูปวงกลม

ก.(ม) X ย.(ม.) หมายถึง ขนาดพื้นที่หน้าตัดช่องของบานระบายรูปสี่เหลี่ยม

จำนวน หมายถึง จำนวนช่องบานระบายของอาคารตามแบบ

ที่มา : ดนัย, (2546)

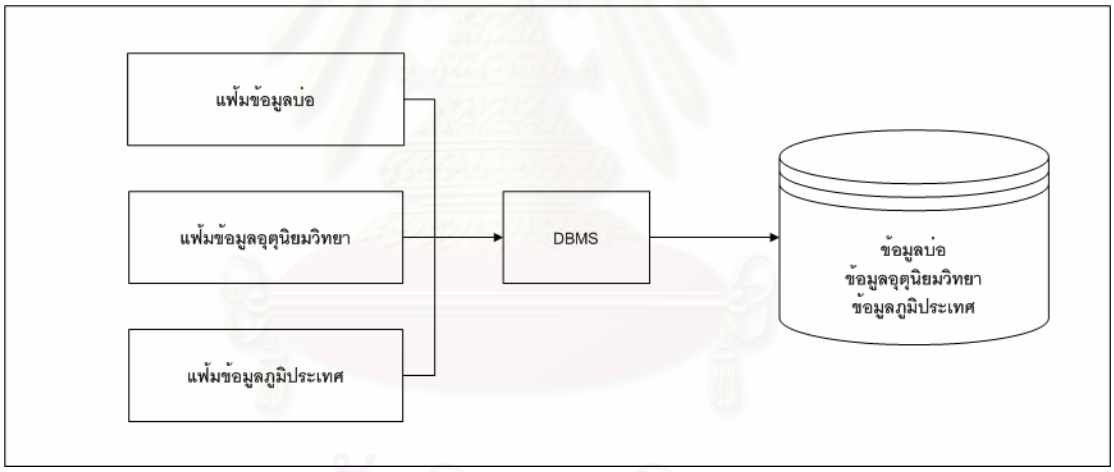
บทที่ 3
ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูล

3.1.1 นิยามของฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูล (Data) ที่เป็นข้อเท็จจริง (Real Fact) ซึ่งถูกนำมาเก็บรวบรวมไว้ในที่เดียวกันอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยกลุ่มผู้ใช้ตั้งแต่หนึ่งกลุ่มขึ้นไป จากนิยามข้างต้น จะเห็นว่า ฐานข้อมูลต้องประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญอย่างน้อย 3 ประการ คือ

- ข้อมูลทั้งหมดจะต้องถูกเก็บรวบรวมไว้ด้วยกัน
- จะต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบ
- ต้องสามารถนำข้อมูลนั้นไปใช้ได้ตามต้องการ



รูปที่ 3-1 โครงสร้างฐานข้อมูลที่พัฒนา

3.1.2 ศัพท์ที่เกี่ยวกับฐานข้อมูล

1. เอนทิตี้ (Entity)

2. แอตทริบิว (Attribute)

3. ความสัมพันธ์ (Relationship) คือการออกแบบเทเบิลเพื่อเก็บข้อมูลกลุ่มต่าง ๆ โดยจะต้องสามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเทเบิลจะมีด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

- ความสัมพันธ์แบบ 1:1 (One-to-One) เป็นความสัมพันธ์ที่เรคอร์ดหนึ่งเรคอร์ดในเทเบิลใด ๆ สามารถจับคู่กับเรคอร์ดในอีกเทเบิลหนึ่งได้เพียงเรคอร์ดเดียวเท่านั้น

- ความสัมพันธ์แบบ 1:N (One-to-Many) เป็นความสัมพันธ์ที่เรคอร์ดหนึ่งเรคอร์ดในเทเบิลใด ๆ สามารถจับคู่กับเรคอร์ดในอีกเทเบิลหนึ่งได้หลายเรคอร์ด

- ความสัมพันธ์แบบ M:N (Many-to-Many) คือ ลักษณะที่เรคอร์ดหลาย ๆ เรคอร์ดในเทเบิลหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับอีกหลาย ๆ เรคอร์ดในอีกเทเบิลหนึ่งพร้อมกัน

4. คีย์ (Key) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฐานข้อมูล เช่น การอ้างอิง การค้นหา หรือการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเทเบิล เราต้องกำหนด “คีย์ (Key)” ซึ่งคีย์ที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลจะมีหลายประเภทต่าง ๆ กัน ดังนี้

- คีย์หลัก (Primary Key) เป็นคีย์ที่กำหนดจากฟิลด์ที่ไม่มีข้อมูลซ้ำกัน (Unique) โดยเด็ดขาดในเทเบิลนั้น

- คีย์ลำดับรอง (Secondary Key) บางตัว เรียกคีย์ชนิดนี้ว่า Index หรือดัชนี ซึ่งนอกจากกำหนด Primary Key แล้วเรายังสามารถใช้ Index ช่วยในการค้นหาหรือจัดเรียงกลุ่มเรคอร์ดที่มีจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว

- คีย์คู่แข่ง (Condidate Key) ถ้าในเทเบิลหนึ่งมีฟิลด์หลายฟิลด์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนจนนำมาใช้เป็นคีย์หลักแทนกันได้ จะเรียกฟิลด์เหล่านั้นแต่ละฟิลด์ว่าเป็น คีย์คู่แข่ง

- คีย์รวม (Compound Key) เป็นคีย์ที่เกิดจากการนำฟิลด์หลาย ๆ ฟิลด์มารวมกันเพื่อให้มีคุณสมบัติเป็น Primary Key คือ ไม่มีข้อมูลซ้ำ และไม่มีค่าว่าง (Null)

- คีย์นอก (Foreign Key) เป็นคีย์ที่เชื่อมเทเบิลที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน

3.1.3 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลโดยทั่วไป จะเกี่ยวข้องกับ 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1) ข้อมูล (Data) ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไปจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ อย่างเช่นเครื่อง Mainframe โดยข้อมูลในแต่ละส่วนจะต้องสามารถนำมาใช้ประกอบกันได้ (Data Integrated) และข้อมูลในฐานข้อมูลจะต้องสามารถถูกใช้ร่วมกัน (Data Sharing) จากผู้ใช้หลาย ๆ คน

2) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- หน่วยความจำสำรอง (Secondary Storage) คือ ความจุของหน่วยความจำสำรองที่นำมาใช้จัดเก็บข้อมูลของฐานข้อมูลนั้น

- หน่วยประมวลผลและหน่วยความจำหลัก เนื่องจากอุปกรณ์จะต้องทำงานร่วมกัน เพื่อนำข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาประมวลผลตามคำสั่งที่กำหนด ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับอุปกรณ์ในส่วนนี้ จึงได้แก่ ความเร็วของหน่วยประมวลผล และขนาดของหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ประมวลผลร่วมกับฐานข้อมูลนั้น

3) ซอฟท์แวร์ (Software) ในการติดต่อกับข้อมูลภายในฐานข้อมูลของผู้ใช้จะต้องกระทำผ่านโปรแกรมที่มีชื่อโปรแกรม Database Management System (DBMS) ซึ่งหน้าที่หลักของโปรแกรม DBMS ได้แก่ การทำให้การเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลเป็นอิสระจากส่วนของ Hardware หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า โปรแกรม DBMS จะทำหน้าที่จัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ภายในฐานข้อมูลแทนโปรแกรมเมอร์ โดยโปรแกรม DBMS จะมีส่วนของ Query Language ซึ่งเป็นภาษาที่ประกอบด้วยคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการ และเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับเรียกใช้ข้อมูลมาประมวลผล

4) ผู้ใช้ระบบฐานข้อมูล (User) ผู้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้ดังนี้

- Application Programmer ได้แก่ ผู้ที่ทำหน้าที่พัฒนาโปรแกรม (Application Program) เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวล โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่มักจะใช้ร่วมกับคำสั่งในกลุ่ม Data Manipulation Language (DML) ของ Query Language เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล

- End User ได้แก่ ผู้ที่นำข้อมูลจากฐานไปใช้งาน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

- Naive User ได้แก่ ผู้ใช้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

- Sophisticated User ได้แก่ ผู้ใช้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วยประโยคคำสั่งของ Query Language

- Database Administrator (DBA) ได้แก่ ผู้บริหารที่ทำหน้าที่ควบคุมและตัดสินใจ ในการกำหนดโครงสร้างของฐานข้อมูล ชนิดของข้อมูล วิธีการจัดเก็บข้อมูล รูปแบบ ในการเรียกใช้ข้อมูล ความปลอดภัยของข้อมูล และกฎระเบียบที่ใช้ควบคุมความถูกต้อง

3.1.4 ข้อดีของฐานข้อมูล

- ลดความซ้ำซ้อน (Redundancy) ความซ้ำซ้อนที่เกิดจากการเก็บข้อมูลซ้ำ ๆ จะทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ และความน่าเชื่อถือของข้อมูล

- หลีกเลี่ยงความขัดแย้ง (Inconsistency) ระบบข้อมูลที่ทีความซับซ้อนคือข้อมูลเดียวกันมีเก็บมากกว่าหนึ่งแห่ง อาจจะเกิดความขัดแย้งกันได้ ถ้าหากแห่งหนึ่งถูกแก้ไขแต่อีกแห่งไม่ถูกแก้ไข

- ข้อมูลสามารถใช้ร่วมกันได้ (Share Data) ระบบงานต่าง ๆ สามารถใช้ข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกันได้ หรือกรณีมีระบบงานใหม่ก็ไม่จำเป็นต้องสร้างข้อมูลเพิ่ม

- บังคับใช้มาตรฐานได้ (Enforce Standard) การควบคุมจากส่วนกลางทำให้ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลสามารถกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ ได้ เช่น การตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลหรือเอกสารประกอบ เพื่อประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างระบบย่อย หรือการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างระบบ

- ความปลอดภัย (Security) สามารถแบ่งความปลอดภัยออกเป็นระดับต่าง ๆ และตรวจสอบสิทธิการเข้าถึงข้อมูลในแบบต่าง ๆ เช่น การเพิ่ม ลบ เปลี่ยนแปลง หรือดึงข้อมูล โดยสามารถกำหนดขอบเขตของการใช้ได้ เช่น การดึงข้อมูลอย่างเดียว แก้ไขไม่ได้ เป็นต้น

- รักษาการคงสภาพ (Integrity) การรักษาความคงสภาพทำให้มั่นใจถึงความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลป้องกันไม่ให้มีข้อมูลผิด ๆ เข้าระบบ

3.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน

3.2.1 นิยามของพารามิเตอร์ที่ใช้

1) สัมประสิทธิ์การซึมได้ (Hydraulic Conductivity; K) หมายถึง หน่วยปริมาตรน้ำบาดาลที่ส่งผ่านในหนึ่งหน่วย ภายใต้ความแตกต่างของระดับพลังงานหนึ่งหน่วยเวลา

หนึ่งหน่วยเวลา $K = T/b$ เมื่อ b คือความหนาของชั้นน้ำใต้ดิน

2) สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity ; T) คืออัตราการไหลต่อหน่วยเวลาของน้ำในตัวกลางรูพรุนผ่านพื้นที่หน้าตัดที่มีความกว้างหนึ่งหน่วยในทิศตั้งฉากการไหล ภายใต้ความแตกต่างของระดับพลังงานหนึ่งหน่วย

3) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient ; S) คือปริมาตรของน้ำที่ชั้นน้ำปริมาตรหนึ่งหน่วยกักเก็บเข้าไว้หรือยอมให้ไหลออกมาได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานหนึ่งหน่วย

4) สัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ (Specific Storage ; Ss) $Ss = S/b$ เมื่อ b คือความหนาของชั้นน้ำใต้ดิน

3.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสมการการไหลของน้ำใต้ดิน

สมการการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow Equation)

การไหลของน้ำใต้ดินในลักษณะสามมิติ ที่มีความหนาแน่นคงที่ตลอด ทั้งตัวกลางวัสดุพรุน สามารถแสดงด้วยสมการ Partial–differential ได้ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial x}\right)-w=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ K_{xx},K_{yy},K_{zz} เป็นค่า Hydraulic Conductivtiy ตามแกน X,Y,Z ตามลำดับ

h = ความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (Potentiometric Head) (L)

W = Volume Metric Flux ต่อหน่วยปริมาตรทั้งจุดให้น้ำและสูบน้ำ (T^{-1})

S_s = สัมประสิทธิ์การเก็บกักของวัสดุพรุน (Specific Storage)

t = เวลา (T)

สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)

การประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาโดยวิธี Finite Difference กับสมการการไหลต่อเนื่องเป็นการรวมการไหลเข้าและไหลออก ต้องเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของความจุเก็บกัก ภายใต้สมมติฐานความหนาแน่นของน้ำใต้ดินคงที่ สมการการไหลต่อเนื่องแสดงสมดุลของการไหลของน้ำใต้ดินได้ดังนี้

$$\sum Q_i = S_s\frac{\Delta h}{\Delta t}\Delta V \qquad (3\text{-}2)$$

Q_I = อัตราการไหลเข้าเซลล์ (L^3t^{-1})

S_s = สัมประสิทธิ์การเก็บกัก (L^{-1})

ΔV = ปริมาตรของเซลล์ (L^3) ที่พิจารณาเท่ากับ $\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k$ของเซลล์ i, j, k

Δh = การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงของระดับน้ำใต้ดินในแต่ละเซลล์ในเวลา Δt

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการจำลองของแบบจำลอง

ในการปรับเทียบแบบจำลอง จะเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำที่ได้จากการแบบจำลอง และระดับน้ำที่ได้จากภาคสนาม โดยจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนที่ น้อยที่สุด

1) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error ; ME) คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่วัดจากสนาม (hf) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (hm) ตามสมการที่ 3-3 โดยที่ n คือจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยนี้ทำการคำนวณได้ง่าย แต่มีจุดอ่อนเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นบวกและลบจะถูกคำนวณรวมกันและอาจจะชดเชยกันไป ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ต่ำอาจมิได้หมายถึงผลการปรับเทียบที่ดีเสมอไป

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(h_f - h_m)_i \qquad (3\text{-}3)$$

2) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error ; MAE) คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าที่วัดจากสนาม (hf) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (hm) ตามสมการที่ 3-4

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|(h_f - h_m)_i\right| \qquad (3\text{-}4)$$

3) ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error ; RMS) หรือค่าความแปรปรวนมาตรฐาน (Standard Deviation) นิยามตามสมการที่ 3-5

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(h_f - h_m)_i^2} \qquad (3\text{-}5)$$

3.2.4 หลักการที่ใช้ในการประเมินอัตราการสูบน้ำใต้ดิน

จากผลการศึกษาของโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง และจากการสำรวจภาคสนาม พบว่า การใช้น้ำใต้ดินแยกออกเป็น 3 ประเภท คือ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรม

$$Q_{total} = Q_{consume} + Q_{agr} + Q_{ind} \qquad (3\text{-}6)$$

Q_{total} = การใช้น้ำในพื้นที่

$Q_{consume}$ = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

Q_{agr} = การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

Q_{ind} = การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

1) การประเมินการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค แบ่งออกเป็น การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตเมืองที่มีระบบประปาขนาดใหญ่ เช่น การประปาส่วนภูมิภาค การประปาสัมปทาน เป็นต้น

ส่วนการใช้น้ำนอกเขตเมืองที่ระบบประปาขนาดใหญ่ไปไม่ถึง ประชาชนจะใช้น้ำจากประปาหมู่บ้าน และจากบ่อน้ำใต้ดินส่วนตัว ซึ่งจะประเมินได้ดังนี้

$$Q_{consume} = Q_{town} + Q_{suburb} \quad (3\text{-}7)$$

$$Q_{town} = \sum q_{pwa} + \sum q_{prv}$$

$$Q_{suburb} = (q_{vil} \times N_{vil}) + (q_{consume} \times (N_{nrd} \times Wellratio))$$

Q_{town} = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตเมือง

Q_{suburb} = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคนอกเขตเมือง

Q_{pwa} = อัตราการผลิตน้ำประปาส่วนภูมิภาค

Q_{prv} = อัตราการผลิตน้ำประปาสัมปทาน

Q_{vil} = อัตราการผลิตน้ำประปาหมู่บ้าน

N_{vil} = จำนวนระบบประปาหมู่บ้าน

N_{nrd} = จำนวนบ่อน้ำใต้ดินของประชาชน ได้จากข้อมูล กชช.2ค.

$Wellratio$ = สัมประสิทธิ์ที่เป็นอัตราส่วนของจำนวนบ่อที่ประชาชนใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคกับบ่อน้ำใต้ดินทั้งหมด

2) การประเมินการใช้น้ำใต้ดินเพื่ออุตสาหกรรม จะได้จากใบอนุญาตของทรัพยากรน้ำบาดาลจังหวัด แต่ปริมาณการใช้น้ำจริงมีความแตกต่างจากปริมาณที่อนุญาตตามใบอนุญาต

$$Q_{ind} = f_{ind} + \sum Q_{ind} \quad (3\text{-}8)$$

Q_{ind} = ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินตามใบอนุญาตของทรัพยากรน้ำบาดาลจังหวัด

f_{ind} = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมเทียบกับใบอนุญาต ซึ่งได้จากข้อมูลสำรวจภาคสนาม

3) การประเมินการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรกรรม จะได้จากการสำรวจภาคสนาม

$$Q_{agr} = q_{agr} \times (N_{nrd} \times (1 - wellratio))$$

$$q_{agr} = f_{month} + f_{year} + q_{survey} + t_{survey}$$

Q_{agr} = อัตราการสูบน้ำเฉลี่ยของบ่อน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่พิจารณา

$Wellratio$ = สัมประสิทธิ์ของอัตราส่วนของจำนวนบ่อที่ประชาชนใช้เพื่ออุปโภคบริโภคกับบ่อน้ำใต้ดินทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

q_{survey} = อัตราการให้น้ำโดยเฉลี่ยของบ่อน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่พิจารณา ซึ่งได้จากการสูบทดสอบในภาคสนาม

t_{survey} = ระยะเวลาโดยเฉลี่ยของการสูบน้ำใต้ดินในสภาวะแล้งที่สุด

f_{month} = สัมประสิทธิ์การสูบน้ำรายเดือน

f_{year} = สัมประสิทธิ์การสูบน้ำรายปี

การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม จากข้อมูลภาคสนาม และจำนวนบ่อจากข้อมูล กชช. ที่ใช้เพื่อการเกษตร โดยแยกตามกลุ่มพื้นที่ชลประทาน (Block) ในพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตรมีความสอดคล้องกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสูบน้ำรายเดือนและรายปี อาศัยข้อมูลจากภาคสนาม ร่วมกับเกณฑ์การกำหนดสถานการณ์ของกรมชลประทาน และค่าอัตราการสูบน้ำ เฉลี่ย และชั่วโมงการสูบ (สุจริตและคณะ, 2545)

เกณฑ์การกำหนดสถานการณ์ของกรมชลประทาน (ตารางที่ 3-2) จะแบ่งออกเป็น ปีน้ำมาก ปีน้ำปานกลาง ปีน้ำน้อย และปีน้ำน้อยมาก ซึ่งหมายถึง สภาพปริมาณน้ำใช้งานในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์รวมกัน ณ วันที่ 1 มกราคมของทุกปี เพื่อกำหนดสภาพการใช้น้ำในปีดังกล่าว โดยแบ่งตามเกณฑ์ปริมาณน้ำใช้งานรวมดังนี้ ปีน้ำมาก ปานกลาง น้อยและน้อยมาก มีปริมาณน้ำใช้งานมากกว่า 12,500 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณระหว่าง 6,501-12,500 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณระหว่าง 4,000-6,500 ล้านลูกบาศก์เมตร และน้อยกว่า 4,500 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 3-1 จำนวนบ่อน้ำใต้ดินที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม

กลุ่มพื้นที่	พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2544
B01	214	259
B02	633	462
B03	286	258
B04	506	521
B05	502	442
B06	697	380
B07	199	26
B08	900	171
B09	243	117
B10	111	89
B11	101	101
รวม	4,419	2,824

ตารางที่ 3-2 การจำแนกสภาพการณ์น้ำในแต่ละปี

สภาพการณ์ / ปี	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546
น้ำมาก	★									★	★					★	★	★
น้ำปานกลาง		★		★	★							★	★		★			
น้ำน้อย			★			★	★	★										
น้ำน้อยมาก									★					★				

หมายเหตุ ★ แทนลักษณะสภาพการณ์ในปีนั้น ๆ
(ที่มา : กรมชลประทาน)

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การคำนวณอัตราการสูบน้ำสำหรับกรณีของสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ

เกณฑ์การคำนวณ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
น้ำมาก	0	0.08	0.16	0.20	0	0	0	0.14	0.16	0	0	0
น้ำปานกลาง	0	0.24	0.48	0.60	0	0	0	0.42	0.48	0	0	0
น้ำน้อย	0	0.32	0.64	0.80	0	0	0	0.56	0.64	0	0	0
น้ำน้อยมาก	0	0.40	0.80	1.00	0	0	0	0.70	0.80	0	0	0

ที่มา : โครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

ตารางที่ 3-4 อัตราการสูบน้ำและระยะเวลาการสูบน้ำของบ่อน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรในปี พ.ศ. 2542

ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	อัตราการสูบน้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./ชั่วโมง)	ระยะเวลาที่สูบ (ชั่วโมง/บ่อ/เดือน)
1.	สามโก้ องครักษ์	สามโก้ โพธิ์ทอง	อ่างทอง	47.7	106
2.	บางระจัน/ค่ายบางระจัน		สิงห์บุรี	62.1	106
3.	วังน้ำเย็น	แสวงหา	อ่างทอง	49.8	169
4.	วังไก่เถื่อน	แสวงหา	อ่างทอง	48.0	146

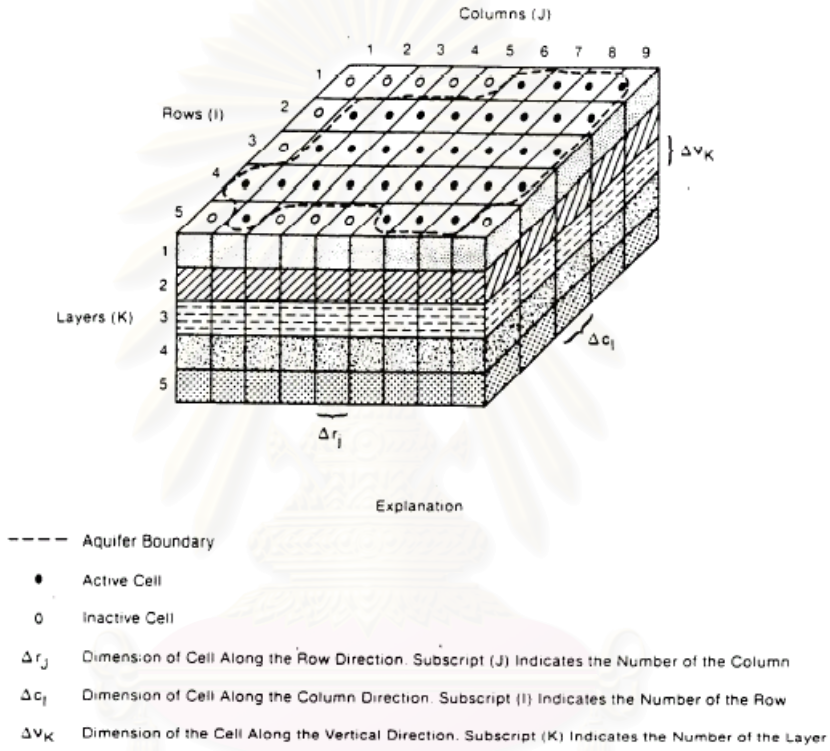
ที่มา : โครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง

3.2.5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ครั้งนี้ ได้นำแบบจำลอง MODFLOW และโปรแกรม GMS มาใช้ในการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (McDonald, M. G., Harbaugh, A. W., 1988)

แบบจำลอง MODFLOW

MODFLOW เป็นโมเดลของน้ำใต้ดิน มี Three–dimensional Finite Difference เริ่มปี 1984 ในวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอร์เรนต์ (Finite Difference Method) ใช้กริดสี่เหลี่ยมในการแบ่งพื้นที่ที่ศึกษาโดยแบ่งเป็นแถว (Rows) หลัก (Columns) และชั้น (Layer) จัดรูปเป็นเซลล์ลูกบาศก์ คุณสมบัติของเซลล์จะสมมติว่าเป็นเนื้อเดียวกันหมด



รูปที่ 3-2 **การกำหนดขอบเขตของ** Aquifer **อยู่ในรูปของ** Row, Column, Layer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลอง MODFLOW ประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณที่มีหน้าที่จัดการข้อมูลต่าง ๆ กัน ทั้งหมด 10 ชุด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-5 รายละเอียดของชุดการคำนวณต่าง ๆ ในแบบจำลอง MODFLOW

ชื่อชุดการคำนวณ	หน้าที่
Basic	จัดการพื้นฐานของแบบจำลอง เช่นการกำหนดขอบเขต, ช่วงเวลาในการคำนวณ , เงื่อนไขตั้งต้น และรูปแบบการนำเสนอผลลัพธ์
Block-Centered Flow	ทำการคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์ของการไหลในตัวกลางรูพรุนในแต่ละกริดเซลล์
Well	จัดการข้อมูลการสูบน้ำ และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการเชิงอนุพันธ์
Recharge	จัดการข้อมูลการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการ
River	จัดการข้อมูลทางน้ำ และระดับน้ำในทางน้ำ ซึ่งมีผลต่อการไหลของน้ำใต้ดิน
Drain	จัดการข้อมูลการระบายน้ำ และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการเชิงอนุพันธ์
Evapotranspiration	จัดการข้อมูลการคายระเหย และพจน์ที่เกี่ยวข้องในสมการเชิงอนุพันธ์
General Head Boundary	กำหนดระดับน้ำขอบเขต ในการคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์
Strongly Implicit Procedure	ควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาระบบสมการ Finite Difference โดยการคำนวณซ้ำแบบ Implicit
Slice Successive Overrelaxation	ควบคุมระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาระบบสมการ Finite Difference โดยการคำนวณซ้ำแบบ Slice Successive Overrelaxation

การคำนวณตามแบบจำลอง MODFLOW มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3-2 และมีรายละเอียดดังนี้

1) Define Procedure เป็นการกำหนดสภาพปัญหา เช่น ขนาดและชนิดของแบบจำลอง (Steady State / Transient) จำนวน Stress Period และวิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น

2) Allocate Procedure เป็นการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยความจำ

3) Read & Prepare Procedure ครั้งแรก เป็นการเตรียมข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับเวลา เช่น เงื่อนไขขอบเขต ระดับน้ำเริ่มต้น พารามิเตอร์ของชั้นน้ำ เป็นต้น

4) Stress Procedure เป็นการกำหนดความยาวของระยะเวลาในการคำนวณแบบซ้ำ

5) Read & Prepare Procedure ครั้งที่ 2 เป็นการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวกับ Stress Period การสูบน้ำ และการเติมน้ำ เป็นต้น

6) Advance Procedure เป็นการเริ่มต้นการคำนวณซ้ำ เพื่อหาค่าระดับน้ำ

7) Formulate Procedure เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละจุด

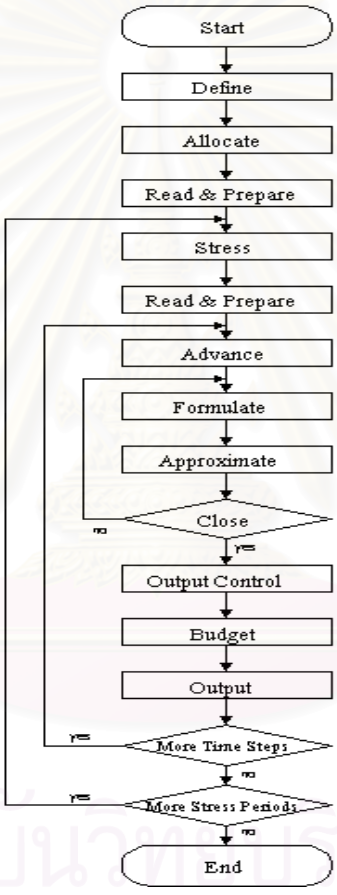
8) Approximate Procedure ทำการประมาณคำตอบของสมการค่าระดับน้ำ ซึ่งจะทำการคำนวณซ้ำจนกระทั่งสอดคล้องตามเงื่อนไขที่กำหนด

9) Output Control Procedure เป็นการกำหนดรูปแบบผลการคำนวณ เช่น ค่าระดับน้ำที่คำนวณได้ สมดุลน้ำ และปริมาณการไหลในแต่ละกริด

10) Output Procedure เป็นการแสดงผลการคำนวณตามที่กำหนด

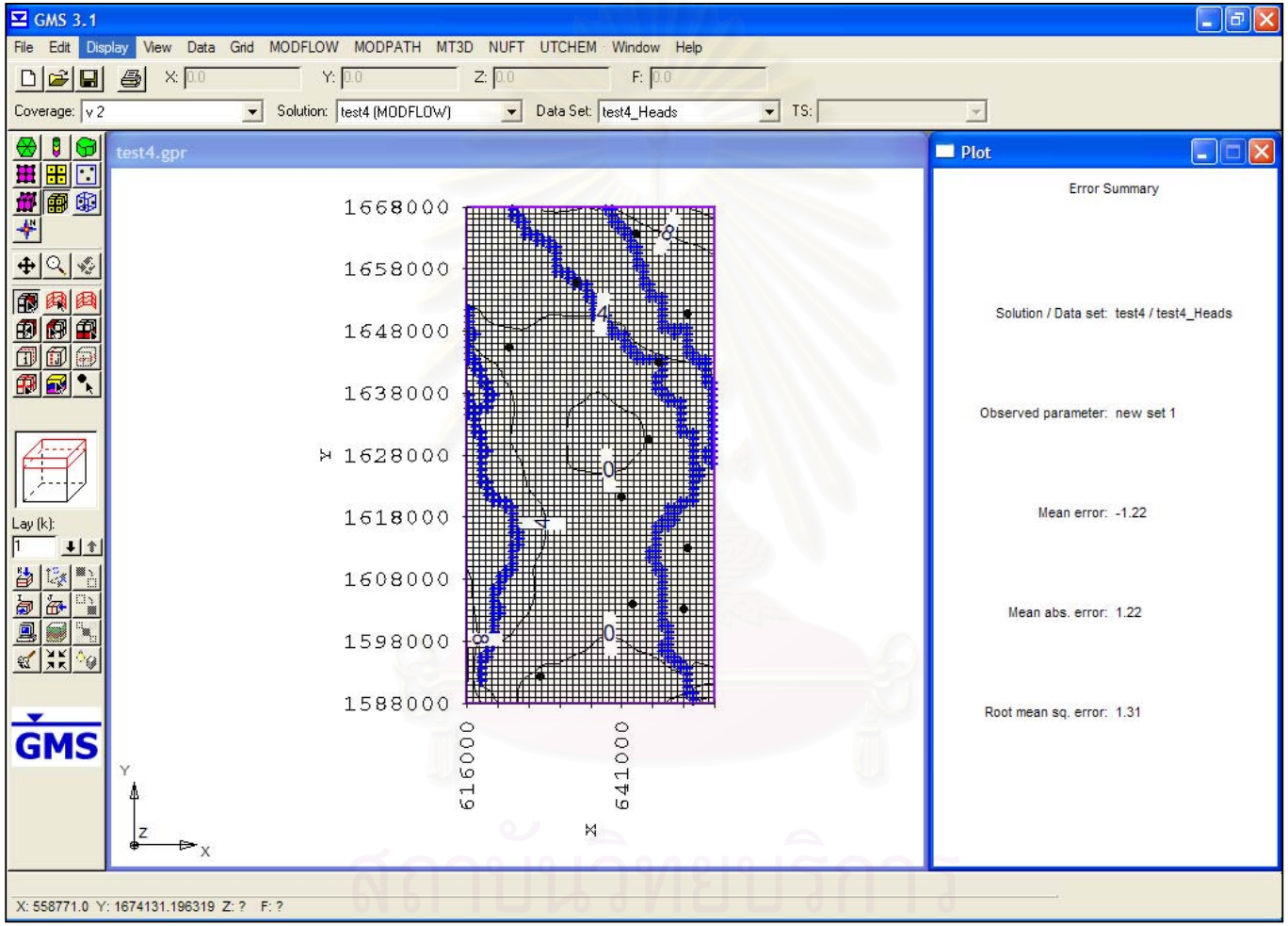
โปรแกรม GMS

โปรแกรม GMS (Brigham Young University, 1995) ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับแบบจำลอง MODFLOW และช่วยแสดงผลการคำนวณในแบบรูปภาพ การทำงานของ GMS แสดงได้ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 โครงสร้างหลักของแบบจำลอง MODFLOW

รูปที่ 3-4 โครงสร้างการทำงานระหว่าง MODFLOW และ GMS



รูปที่ 3-5 หน้าจอโปรแกรม GMS

บทที่ 4
การพัฒนาฐานข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

ในยุคปัจจุบัน ข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ในงานต่าง ๆ เพราะข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บ สามารถนำมาประมวลผล วิเคราะห์ และตัดสินใจ เพื่อพัฒนาและทำงานได้อย่างรวดเร็ว ระบบฐานข้อมูลจึงมาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ฐานข้อมูลนั้นไม่ได้อยู่ห่างไกลจากตัวของเราเลย ทั้งยังเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของมนุษย์

สำหรับแนวคิดในการจัดการข้อมูล ได้เกิดขึ้นมาเนิ่นนานแล้ว ซึ่งเป็นไปตามยุคและเทคโนโลยีในแต่ละยุคสมัย การจัดการข้อมูลได้ริเริ่มจากการบันทึกข้อมูล ซึ่งอาจเป็นการบันทึกข้อมูลลงในกระดาษ หากเรียกดูข้อมูลต้องพลิกหน้าหนังสือไปยังเลขหน้าที่ต้องการ ต่อมาเมื่อมีข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงได้มีการพัฒนารูปแบบการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระเบียบยิ่งขึ้น โดยการบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มเอกสาร และนำไปเก็บไว้ในตู้เก็บเอกสารอย่างมิดชิดและปลอดภัย ซึ่งการจัดเก็บในลักษณะนี้ จำนวนตู้เก็บเอกสารจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การค้นหาข้อมูลเกิดความล่าช้า ต่อมาได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งช่วยได้มากในกรณีที่มีข้อมูลปริมาณมาก โดยเริ่มแรกจะเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ในระบบแฟ้มข้อมูล แต่เมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง จะเกิดปัญหาตามมามากมาย ในด้านความยืดหยุ่นและความไม่คล่องตัวในหลาย ๆ ด้าน ทำให้เกิดวิวัฒนาการของเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลขึ้นมาใหม่ โดยมีแนวคิดในการจัดการข้อมูลแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีกว่า รวมทั้งมีความยืดหยุ่นและความคล่องตัวสูงขึ้น นั่นคือแนวคิดของระบบฐานข้อมูล

ในการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานทางด้านการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน พบว่า มีความยุ่งยากในการรวบรวมข้อมูลและการจัดรูปแบบของข้อมูล เพื่อนำเข้าแบบจำลอง เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมากและจัดเก็บอย่างกระจัดกระจาย สำหรับข้อมูลที่รวบรวมจะมาจากแหล่งที่มา 2 แหล่ง คือ

1. การขอจากหน่วยงานที่มีการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งอาจจะได้มาในลักษณะกระดาษหรือรูปแบบของแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์

2. การเก็บข้อมูลจากภาคสนาม ข้อมูลที่ได้มามักจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ แล้วจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์

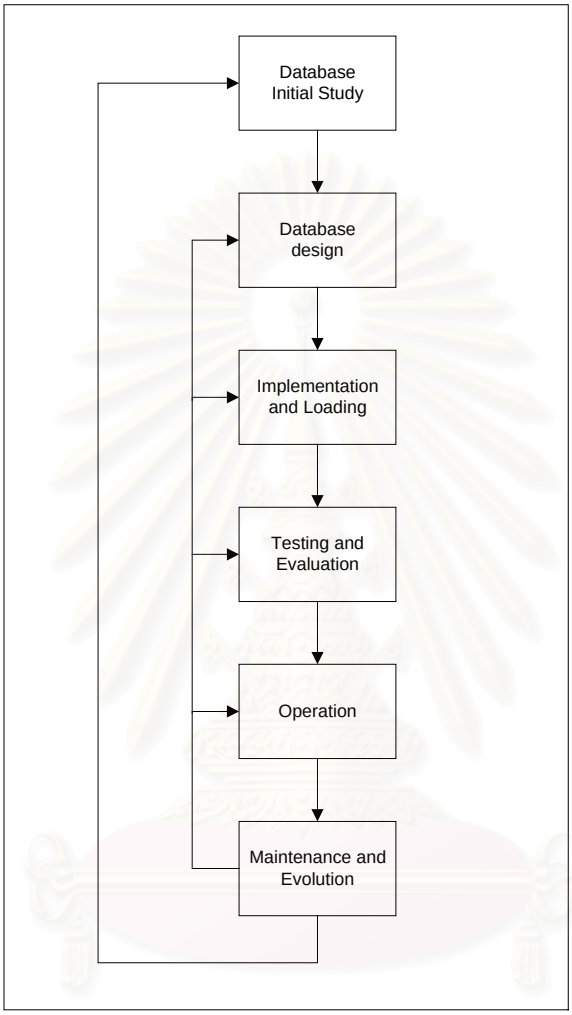
จากการรวบรวมข้อมูลจะพบว่า ข้อมูลมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น Text File, DBase File และ Spreadsheet File เป็นต้น อาจจะกล่าวได้ว่า เป็นการเก็บข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูล ซึ่งง่ายในการออกแบบแฟ้มข้อมูลและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่มีความสลับซับซ้อนมากนัก แต่เมื่อใช้งานจนถึงระดับหนึ่ง จะพบว่ามีข้อมูลมากมายที่ถูกสร้างขึ้นมา ในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ซับซ้อนกัน และถูกจัดเก็บอย่างไม่เป็นระบบนัก อาจจะทำให้เกิดความขัดแย้งของข้อมูล (Data Inconsistency) ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแฟ้มหนึ่ง จะต้องติดตามไปแก้ไขข้อมูลในแฟ้มอื่น ๆ ทุกแฟ้มที่มีข้อมูลนั้นอยู่ด้วย

สำหรับขั้นตอนการการเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ในปัจจุบัน ยกตัวอย่างการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน เริ่มแรกนำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมด เช่น การใช้น้ำของประปาหมู่บ้าน อัตราการผลิตของการประปาส่วนภูมิภาค เป็นต้น มาแยกประเภท และนำพิกัดภูมิศาสตร์มาประกอบในข้อมูล เพื่อระบุตำแหน่งในแบบจำลองได้ (i j k) หลังจากนั้น นำข้อมูลทั้งหมดมาแยกประเภทการใช้ มาประเมิน โดยแต่ละประเภทจะมีการประเมินที่แตกต่างกัน ทำการคำนวณและรวมค่าอัตราการใช้น้ำที่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน เมื่อได้ไฟล์ดังกล่าว ก็นำมาจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ซึ่งปัญหาที่พบคือ การจัดรูปแบบไฟล์ เพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ใช้ระยะเวลานาน และเมื่อต้องแก้ไข ต้องใช้เวลานานและสับสน กับข้อมูลซึ่งมีจำนวนแฟ้มข้อมูลอยู่มากมาย เนื่องจากว่าในการจำลองแบบจำลอง จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอยู่หลายครั้ง เนื่องจากความหลากหลายของข้อมูลและความยุ่งยากในการจัดเตรียมข้อมูล รวมทั้งยังตรวจสอบความถูกต้องได้ยาก ซึ่งปัญหาทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นที่มาของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล โดยฐานข้อมูลที่เป็นแหล่งรวมของข้อมูลต่าง ๆ และถูกจัดเก็บไว้เป็นระบบภายในฐานข้อมูลชุดเดียว และโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูล

ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4-1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล

1. Database Initial Study เป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาฐานข้อมูลขึ้นมาใช้งาน ซึ่งในขั้นตอนนี้ ผู้พัฒนาระบบฐานข้อมูลจะต้องวิเคราะห์ความต้องการต่าง ๆ ของผู้ใช้ เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมาย ปัญหา ขอบเขต กฎระเบียบต่าง ๆ ของระบบฐานข้อมูลที่จะพัฒนาขึ้น เพื่อ ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

2. Database Design เป็นขั้นตอนที่ผู้พัฒนาระบบฐานข้อมูล จะนำเอารายละเอียดต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ในขั้นตอนแรก มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบฐานข้อมูลขึ้นใช้งาน

3. Implementation and Loading เป็นขั้นตอนที่นำเอาโครงร่างต่าง ๆ ของฐานข้อมูลที่ได้จากการออกแบบในขั้นตอน Database Design มาสร้างเป็นฐานข้อมูลที่จะใช้เก็บข้อมูลจริง รวมทั้งทำการแปลงข้อมูลของระบบงานเดิม ให้สามารถนำมาใช้งานในระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นใหม่ ในกรณีที่ระบบเดิมมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวล

4. Testing and Evaluation เป็นขั้นตอนทดสอบระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาข้อผิดพลาดต่าง ๆ รวมทั้งทำการประเมินความสามารถของระบบฐานข้อมูลนั้น เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงให้ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น ให้สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

5. Operation เป็นขั้นตอนที่นำระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้วไปใช้งานจริง

6. Maintenance and Evolution เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานระบบฐานข้อมูลจริง เพื่อบำรุงรักษาให้ระบบฐานข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นขั้นตอนของการแก้ไขและปรับปรุงระบบฐานข้อมูล ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้ที่ส่งผลต่อระบบฐานข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจำลองสภาพน้ำใต้ดิน ให้มีมาตรฐานเดียวกัน สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และจัดรูปแบบของข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW

4.2 **การออกแบบฐานข้อมูล** (Design Database)

การออกแบบฐานข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 Conceptual Design เป็นขั้นตอนที่นำความต้องการทางด้านข้อมูล (Data Requirement) มาวิเคราะห์ และใช้ออกแบบฐานข้อมูล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายโครงสร้างหลัก ๆ ของฐานข้อมูล ซึ่งความต้องการของผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นความต้องการทางด้านข้อมูลหรือความต้องการทางด้านโปรแกรม ล้วนได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้เอกสารต่าง ๆ ซึ่งจะแบ่งประเภทความต้องการได้ 2 กลุ่ม คือ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบของแบบฟอร์ม เช่น แบบสอบถามจากข้อมูลภาคสนาม และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในทางคอมพิวเตอร์

ทั้งนี้ สามารถจัดกลุ่มของข้อมูลได้ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป เช่น ข้อมูลภายชื่อจังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน ข้อมูลการสำรวจสำมะโนประชากร เป็นต้น

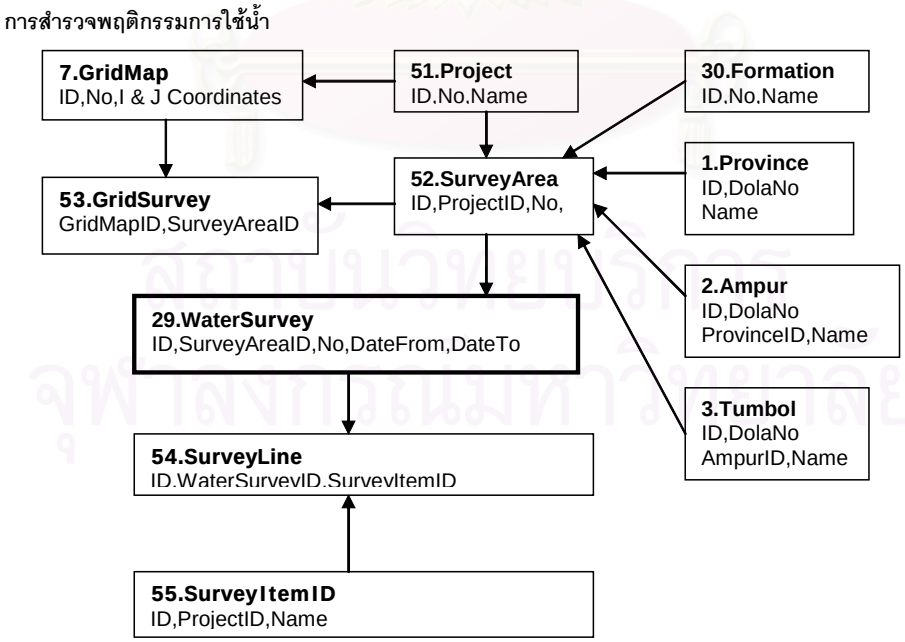
2. ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาน้ำบาดาล เช่น ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ข้อมูลการบรรยายชั้นหินของบ่อ ข้อมูลจากการสำรวจ ข้อมูลคุณภาพน้ำ ข้อมูลสูบทดสอบ ข้อมูลการตรวจวัดระบบน้ำบาดาล เป็นต้น

3. ข้อมูลด้านอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลการ ตรวจวัดหน้าตัดของแม่น้ำสายต่าง ๆ

4. ข้อมูลการใช้และความต้องการใช้น้ำ เช่น ข้อมูลการใช้น้ำในประเภทต่าง ๆ และแหล่งที่มาของน้ำ ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

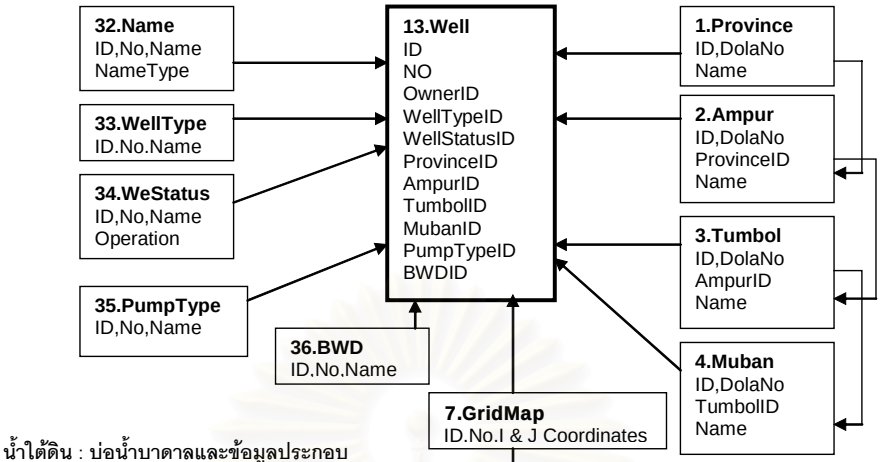
ซึ่งมีรายละเอียดของตาราง (ภาคผนวก ก)

4.2.2 Logical Design เป็นขั้นตอนที่นำเอา Conceptual Schema มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่ถูกกำหนดโดย Database Model ที่เลือกใช้ โดยมุ่งเน้นอยู่บนแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ (Relational Data Model) เนื่องจากแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้งานบนแอปพลิเคชันมากที่สุด ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของข้อมูล

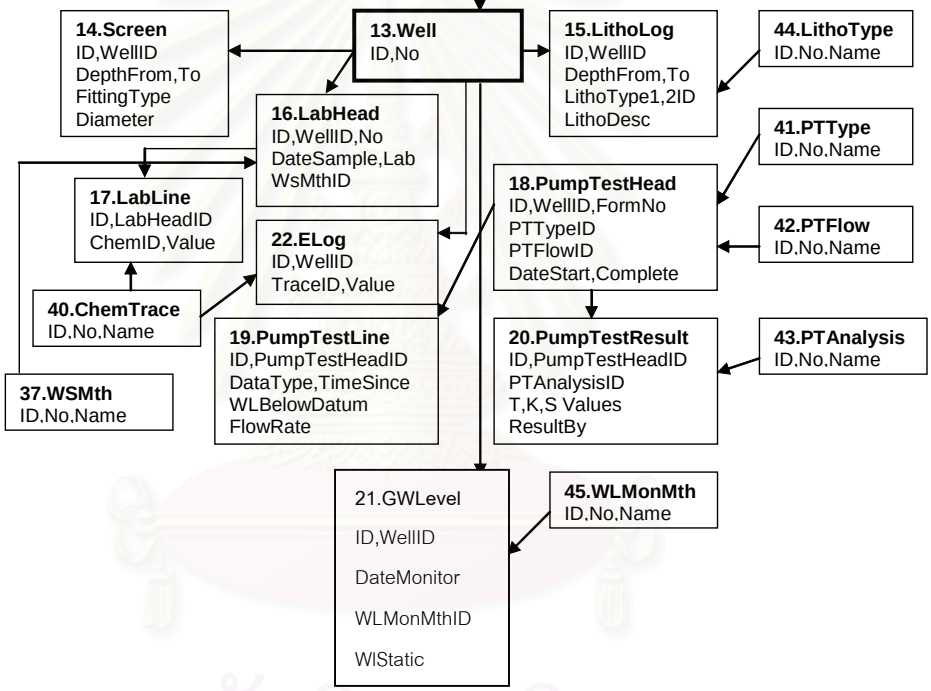


รูปที่ 4-2 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

น้ำใต้ดิน : บ่อน้ำบาดาลและข้อมูลรหัส (look-up tables)

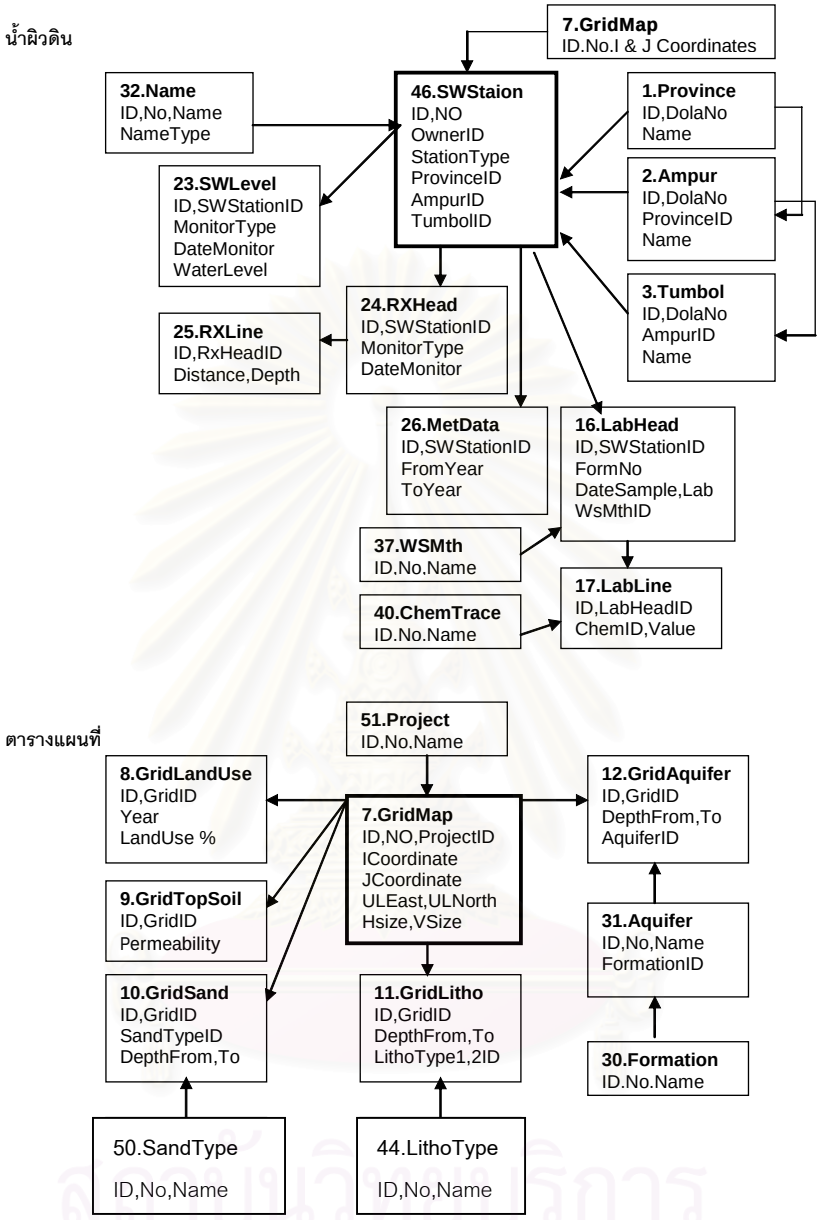


น้ำใต้ดิน : บ่อน้ำบาดาลและข้อมูลประกอบ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

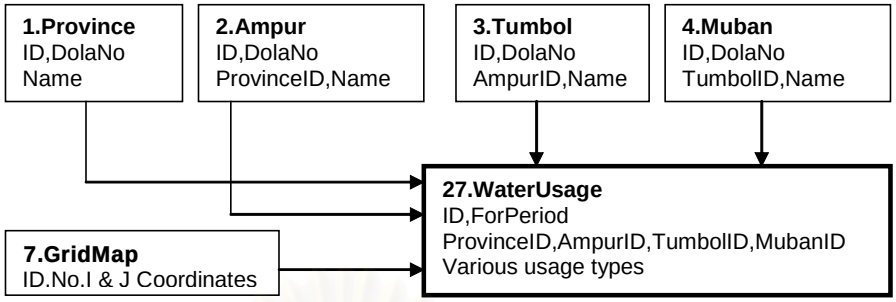
รูปที่ 4-2 (ต่อ) แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล



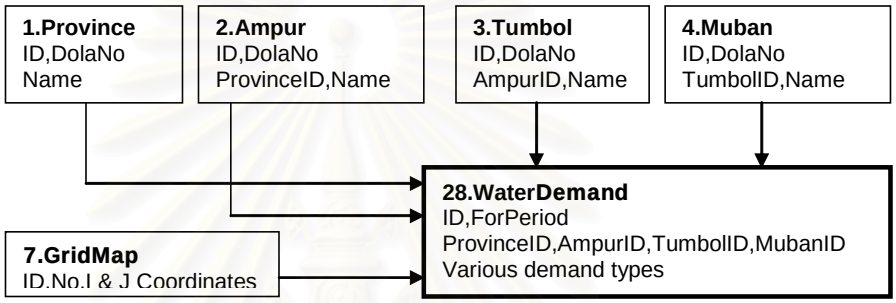
รูปที่ 4-2 (ต่อ) **แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

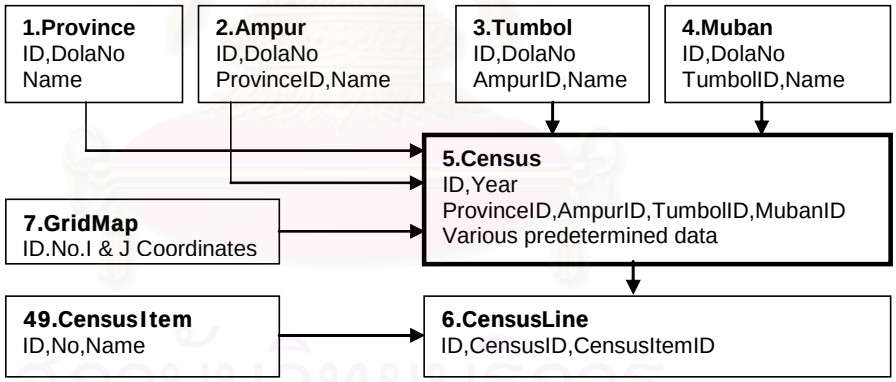
การใช้น้ำ



ความต้องการใช้น้ำ



การทำสำมโนประชากร

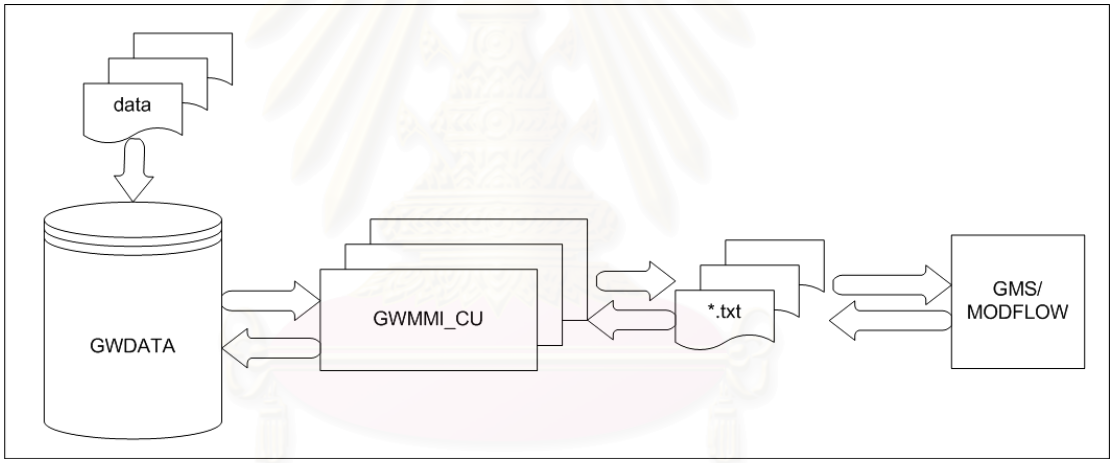


รูปที่ 4-2 (ต่อ) **แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล**

4.2.3 Physical Design ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเอาโครงสร้างของฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลในระบบ Logical มากำหนดรูปแบบต่าง ๆ ทางกายภาพให้กับฐานข้อมูล รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก

4.3 การประยุกต์ใช้และนำข้อมูลเข้า (Implementation and Loading)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นำโครงร่างต่าง ๆ ของระบบฐานข้อมูลที่ได้จากการออกแบบในขั้นตอน Database Design โดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server 2000 สร้างฐานข้อมูลและออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการฐานข้อมูล และจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ซึ่งโปรแกรมนี้จะถูกพัฒนาด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Foxpro V6.0 ติดต่อกับฐานข้อมูลผ่านระบบ ODBC



รูปที่ 4-3 ส่วนประกอบของระบบฐานข้อมูล

โปรแกรม GWMMI_CU เป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลเพื่อการจำลองน้ำใต้ดิน โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูล ในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ภายในฐานข้อมูล และจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW โดยมีรูปแบบในการ อ้างถึงข้อมูลที่ไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูล ด้วยการใช้ Query Language ในการติดต่อกับข้อมูลในฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลได้ โดยไม่จำเป็นต้องทราบถึงประเภทของข้อมูล หรือขนาดของข้อมูลนั้น

4.3.1. ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล

ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลสำหรับการจำลองน้ำใต้ดิน ได้ใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการพัฒนาและทดสอบระบบดังกล่าว ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

ฮาร์ดแวร์ มีรายละเอียดดังนี้

- ไมโครคอมพิวเตอร์ ซีพียู ระดับเพนเทียม (4) 2.40 กิกะเฮิร์ต
- หน่วยความจำหลัก (RAM) 512 เมกกะไบต์
- เครื่องจับจารแม่เหล็กชนิดแผ่นแข็ง (Harddisk) ขนาดความจุ 30 กิกะไบต์
- เครื่องอ่านซีดีรอมความเร็ว 40X

ซอฟต์แวร์ มีรายละเอียดดังนี้

- ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows xp
- ระบบฐานข้อมูล Microsoft SQL server 2000
- โปรแกรมประยุกต์ในการพัฒนาระบบ Microsoft Visual Foxpro V6.0
- โปรแกรม GMS/MODFLOW

4.3.2 การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลสำหรับการจำลองน้ำใต้ดิน หลังจากที่ได้ออกแบบฐานข้อมูล และนำมาดำเนินการในส่วนของการพัฒนา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำหนดผังโครงสร้างโปรแกรม GWMMI_CU (รูปที่ 4-4)

ผังโครงสร้างของโปรแกรม แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ

- GWMD ได้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อจัดการข้อมูลในตารางต่าง ๆ ของฐานข้อมูล
- GWUSE ได้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อจัดเตรียมข้อมูลและจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW

โปรแกรม GWMD ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้จัดการกับข้อมูลในตารางต่าง ๆ ของฐานข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย หน้าจอสำหรับจัดการกับตาราง ข้อมูลหลัก (Lock-up Tables) ต่าง ๆ อาทิเช่น รายชื่อ จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน เป็นต้น และมีหน้าจอสำหรับข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ เป็นต้น

โดยโปรแกรมยังมีการเรียกดูข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อพิมพ์รายงานออกมาบนกระดาษหรือส่งออกเป็นแฟ้มข้อมูลเพื่อนำไปใช้ภายนอก หรือเรียกโปรแกรมภายนอกที่สนับสนุน Automation Server เช่น Excel, Grapher เพื่อประมวลข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ

1) ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นส่วนย่อยสำหรับการกำหนดรายชื่อผู้ใช้สิทธิระดับของผู้ใช้งาน โดยแยกเป็นงานย่อยดังนี้

- รายชื่อผู้ใช้ เป็นส่วนที่เก็บรายชื่อผู้ใช้ทั้งหมดของระบบ ซึ่งประกอบด้วย รหัสผู้ใช้ รหัสผ่าน

- กลุ่มของผู้ใช้ การแบ่งกลุ่มผู้ใช้จะขึ้นอยู่สิทธิของผู้ใช้ เช่น กลุ่มผู้พัฒนาระบบ กลุ่มผู้ใช้ทั่วไป เป็นต้น

- สิทธิในการทำงาน เป็นส่วนที่แสดงถึง รหัสสิทธิ และคำอธิบายสิทธิในการทำงาน

- รายชื่อผู้ที่กำลังทำงานอยู่ เป็นส่วนที่แสดงว่า ผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบเมื่อไร รวมเวลาเท่าไร และติดต่อครั้งล่าสุดเมื่อไร

2) รายการข้อมูล เป็นส่วนย่อยในการนำเอาข้อมูลที่มีในฐานข้อมูล มาผ่านกระบวนการสอบถาม มาแสดงในรูปแบบรายงาน และการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในฐานข้อมูล รวมทั้งสามารถส่งข้อมูลออกได้หลายรูปแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนย่อยดังนี้

- ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดของบ่อบาดาล โดยสามารถตั้งเงื่อนไขไม่จำกัดในการสอบถามข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลทางหน้าจอ รูปแบบรายงาน เพื่อพิมพ์รายงานออกทางเครื่องพิมพ์ ส่งออกเป็นลักษณะตารางคล้าย Spreadsheet และสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลของบ่อบาดาล

- ข้อมูลระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์ เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ ผู้ใช้สามารถกรองข้อมูลที่ตรวจวัดมาได้ โดยสามารถสร้าง Contour ของระดับน้ำ

- ข้อมูลการออกสำรวจภาคสนาม เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่สอบถามเกษตรกร ประชาชน และผู้ใช้น้ำ ซึ่งจะสามารถแก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลได้

- ข้อมูลการสำรวจสำมะโนประชากร เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลครัวเรือน ประชากร และจำนวนบ่อน้ำบาดาล ซึ่งจะสามารถแก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลได้

3) ตารางข้อมูลหลัก เป็นส่วนของ Lock-up ต่าง ๆ เป็นสถานที่ โครงการข้อมูลพื้นฐานของบ่อน้ำบาดาล ฯลฯ ซึ่งมีการทำงานที่ยึดหลักในประเภทค้นหา และประเภทเพิ่ม/แก้ไข ข้อมูล ประกอบด้วย

- รายชื่อจังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน

- โครงการ การแบ่งพื้นที่ และพื้นที่สำรวจ
- ชั้นหินและชั้นน้ำ
- รายชื่อทั่วไป
- ข้อมูลเกี่ยวกับบ่อน้ำบาดาล
- รายชื่อสารเคมี

4) อรรถประโยชน์ เป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบต่าง ๆ

- SQL Direct เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถสอบถามข้อมูลต่าง ๆ ในฐานข้อมูล โดยเขียนเป็นภาษา SQL โดยตรง ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Query Analyzer ในโปรแกรม Microsoft SQL Server

- การกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เช่น การกำหนดหน้าจอ การกำหนดรายงาน การกำหนดรายละเอียดหน้าจอค้นหา เป็นต้น

- สำรองฐานข้อมูล เป็นส่วนที่สำคัญในการป้องกันการสูญหายของข้อมูลในกรณีที่มีความผิดพลาดในระบบ

- การเรียกคืนฐานข้อมูล เป็นส่วนที่นำข้อมูลที่สำรองไว้กลับคืนสู่ระบบปัจจุบัน ในกรณีที่ระบบปัจจุบัน เกิดข้อผิดพลาดขึ้นจนไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้

โปรแกรม GWUSE ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการใช้น้ำใต้ดิน และจัดรูปแบบของข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW

1. อัตราการใช้น้ำใต้ดิน (Well) โปรแกรมจะทำการคำนวณอัตราการใช้น้ำใต้ดิน โดยข้อมูลดิบที่เก็บมาจากหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงการสอบถามและสำรวจภาคสนาม ซึ่งแยกเป็น 2 กรณี คือ อัตราการใช้น้ำในอดีต และอัตราการใช้น้ำในอนาคต

1) อัตราการใช้น้ำในอดีต โดยจะใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ มาใช้ในการประเมินอัตราการใช้น้ำ ซึ่งแบ่งตามพฤติกรรมการใช้น้ำ เป็น 3 ประเภท คือ $Q = Q_{consumer} + Q_{agr} + Q_{ind}$

- การประเมินการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค จะเป็นการใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค ประปาสัมปทาน ประปาหมู่บ้าน และบ่อส่วนตัว

$$Q_{consumer} = Q_{consume} + Q_{prv} + Q_{pwa} + Q_{vil}$$

$$Q_{consume} = \text{Totallwells} \times \text{Adjustwell} \times \text{Wellratio} \times \text{Constant} \times \text{Factormonth} \times \text{Factoryear}$$

Q_{prv} = Capacity x Factorprv

Q_{pwa} = Capacity x Factorpwa

Q_{vil} = Capacity x Factorvil

$Q_{consumer}$ = การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค

$Q_{consume}$ = การใช้น้ำของบ่อส่วนตัว

Q_{prv} = การใช้น้ำของประปาสัมปทาน

Q_{pwa} = การใช้น้ำของประปาส่วนภูมิภาค

Q_{vil} = การใช้น้ำของประปาหมู่บ้าน

Totallwells = จำนวนบ่อน้ำใต้ดินส่วนตัว ได้จาก กชช.2ค

Adjustwell = สัมประสิทธิ์ในการปรับจำนวนบ่อ

Wellratio = อัตราส่วนของจำนวนบ่อบาดาลส่วนตัวที่ใช้เพื่ออุปโภคบริโภคกับบ่อบาดาลทั้งหมด

Constant = อัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

Factormonth = สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายเดือน

Factoryear = สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายปี

Capacity = กำลังการผลิตของประปาแต่ละประเภท

Factor = สัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการปรับค่าอัตราการใช้น้ำ

- การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม ได้จากการสำรวจภาคสนาม โดยใช้อัตราการสูบน้ำ ในแต่ละพื้นที่สำรวจมาประเมิน

Q_{agr} = Totallwells x Adjustwell x Wellratio x Constant x Factormonth x Factoryear

Q_{agr} = การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

Totallwells = จำนวนบ่อน้ำใต้ดินส่วนตัว ได้จาก กชช.2ค

Adjustwell = สัมประสิทธิ์ในการปรับจำนวนบ่อ

Wellratio = อัตราส่วนของจำนวนบ่อบาดาลส่วนตัวที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมกับบ่อบาดาลทั้งหมด

Constant = อัตราการสูบน้ำ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

Factormonth = สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายเดือน

Factoryear = สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม จะได้จากใบอนุญาตของทรัพยากรน้ำบาดาลจังหวัด

Q_{ind} = Capacity x Factor

Q_{ind} = การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

Capacity = ปริมาณการใช้น้ำตามใบอนุญาตทรัพยากรน้ำบาดาลจังหวัด

Factor = สัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการปรับอัตราการใช้น้ำ

2) อัตราการใช้น้ำในอนาคต ในการคำนวณจะใช้ข้อมูลพยากรณ์การใช้ในประเภทต่าง ๆ มาใช้ในการประเมิน

$Q_{total} = Q_{consumerfut} + Q_{agrfut} + Q_{indfut}$

$Q_{consumetfut} = (Q_{consumet}/\text{Total } Q_{consume}) \times (Q_{consumetfut} \times \text{Factor})$

$Q_{consumetfut}$ = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในอนาคต

$Q_{consumet}$ = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในปัจจุบัน

Total $Q_{consume}$ = การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในปัจจุบันทั้งหมด

Factor = สัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการปรับค่าอัตราการใช้น้ำ

$Q_{agrfut} = (Q_{agr}/\text{Total } Q_{agr}) \times (Q_{agrfut} \times \text{Factor})$

Q_{agrfut} = การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมในอนาคต

Q_{agr} = การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมในปัจจุบัน

Total Q_{agr} = การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมในปัจจุบันทั้งหมด

Factor = สัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการปรับอัตราการใช้น้ำ

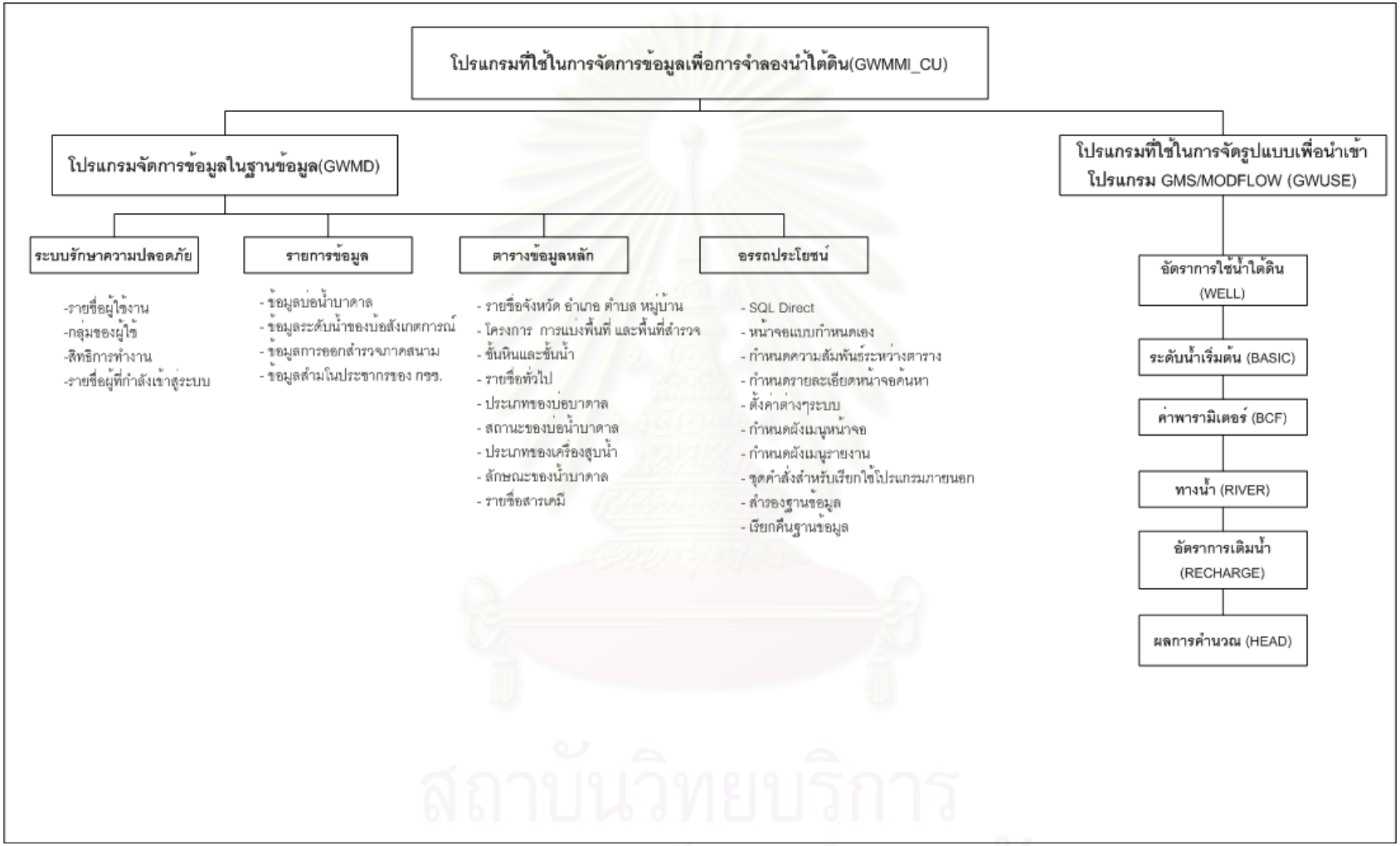
2. ระดับน้ำเริ่มต้น (Basic) เป็นส่วนย่อยเพื่อใช้ในการจัดรูปแบบข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้น และส่งออกเป็น Text File เพื่อนำเข้า Basic Package

3. ค่าพารามิเตอร์ (BCF) เป็นส่วนย่อยเพื่อใช้ในการจัดข้อมูลค่าพารามิเตอร์และส่งออกเป็น Text File เพื่อนำเข้า BCF Package

4. อัตราการเติมน้ำ (Recharge) เป็นส่วนย่อยเพื่อใช้ในการจัดรูปแบบข้อมูลฝน และข้อมูลดิน และส่งออกเป็น Text File เพื่อนำเข้า Recharge Package

5. ทางน้ำ (River) เป็นส่วนย่อยเพื่อใช้ในการจัดข้อมูลระดับน้ำของแม่น้ำ

6. ผลการคำนวณ (Head) เป็นส่วนย่อยเพื่อนำเข้าข้อมูลระดับน้ำที่คำนวณจากโปรแกรม GMS/MODFLOW

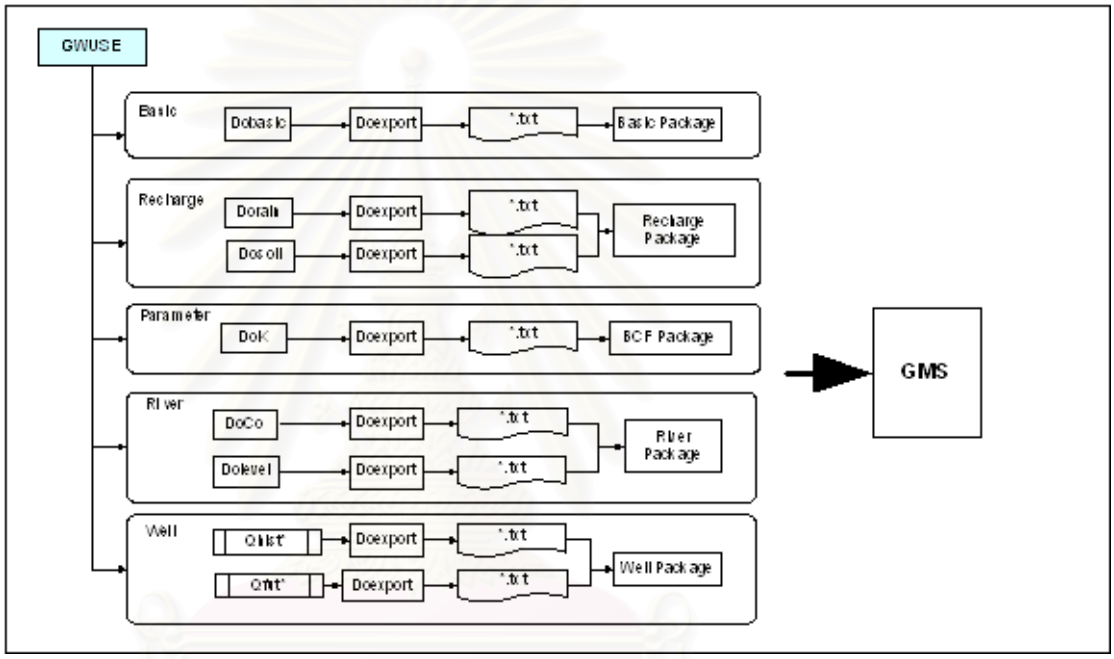


รูปที่ 4-4 แผนผังโครงสร้างของโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลเพื่อการจำลองน้ำใต้ดิน

2. การพัฒนาโปรแกรม

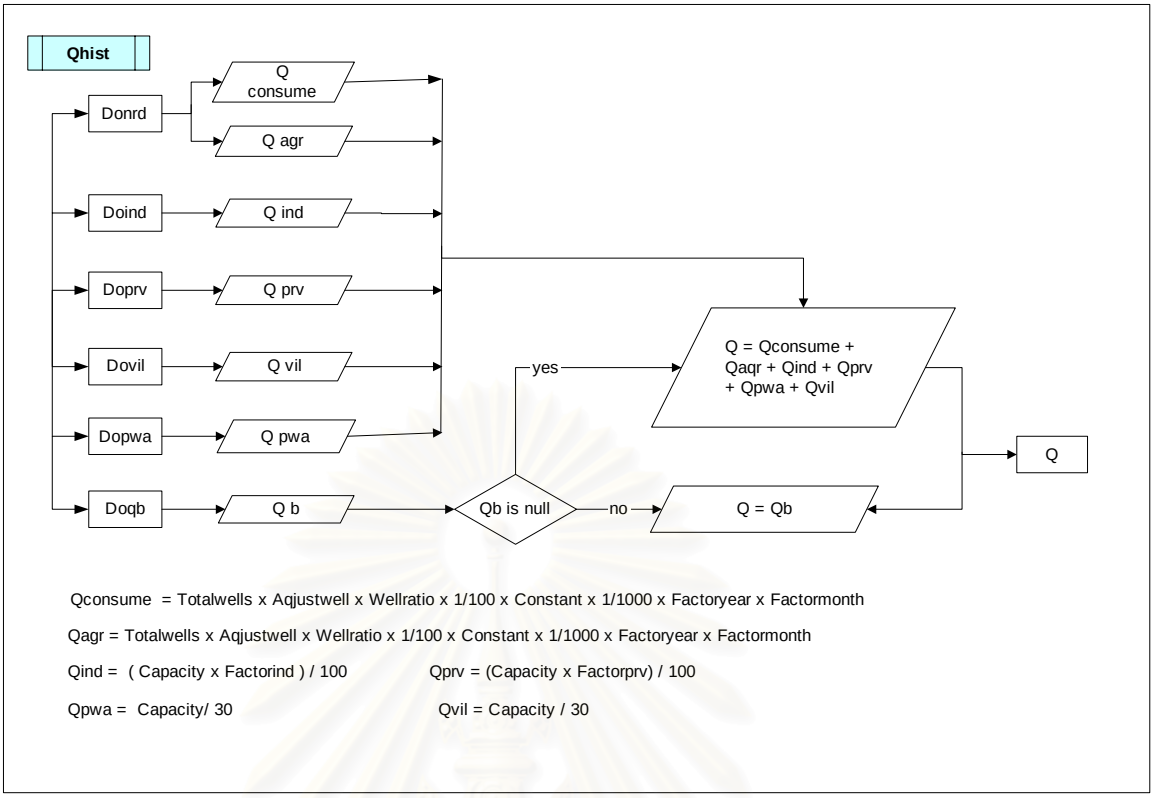
ในการออกแบบและสร้างฟอร์มสำหรับการใช้งาน ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Foxpro V6.0 ซึ่งประกอบไปด้วยฟอร์มต่าง ๆ ดังรูปที่ 4-4 และรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค

โปรแกรม GWUSE ถูกออกแบบขึ้นเพื่อจัดเตรียมข้อมูลและจัดรูปแบบเพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW โดยมีรายละเอียดในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน

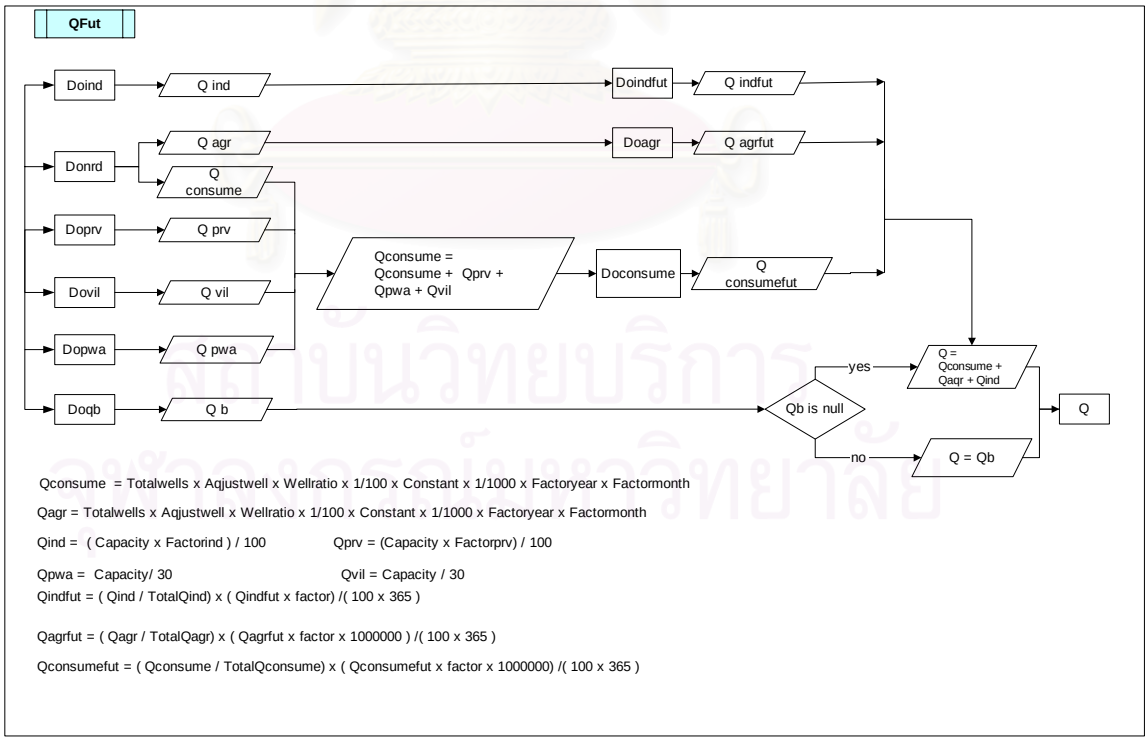


รูปที่ 4-5 รายละเอียดการทำงานของโปรแกรม GWUSE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-6 รายละเอียดการทำงานโปรแกรมใช้ประเมินอัตราการสูบน้ำในอดีต



รูปที่ 4-7 รายละเอียดการทำงานโปรแกรมใช้ประเมินอัตราการสูบน้ำในอนาคต

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดโปรแกรมย่อยของโปรแกรม GWUSE

โปรแกรม	หน้าที่	input	output
Dobasic	จัดรูปแบบข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้นเพื่อนำเข้า Basic Package	1.ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับบ่อบาดาล	1.ค่าระดับน้ำเริ่มต้น 2. พิกัด
Dorain	จัดรูปแบบข้อมูลฝนเพื่อนำเข้า Recharge Package	1.ข้อมูลรายละเอียดฝนในแต่ละสถานีที่มีในพื้นที่ศึกษา	1.ข้อมูลฝน 2.พิกัด
Dosoil	จัดรูปแบบข้อมูลดินเพื่อนำเข้า Recharge Package	1.ข้อมูลการแบ่งชนิดของดิน ทราย	1.ข้อมูลคุณสมบัติของดิน
		2. คุณสมบัติของดิน	2.พิกัด
Dok	จัดรูปแบบข้อมูลพารามิเตอร์เพื่อนำเข้าBCF Package	1.ข้อมูลการสูบทดสอบของบ่อบาดาล	1.ค่า k
			2.พิกัด
Doco	จัดรูปแบบข้อมูลคุณสมบัติของหน้าตัดแม่น้ำนำเข้า River Package	1.ข้อมูลคุณสมบัติของหน้าตัดแม่น้ำ	1.คุณสมบัติของหน้าตัด 2.พิกัด
Dolevel	จัดรูปแบบข้อมูลระดับน้ำของแม่น้ำเพื่อนำเข้า River Package	1.ข้อมูลระดับน้ำของแม่น้ำที่ตรวจวัดในแต่ละปี	1.ระดับน้ำ
			2.พิกัด
Donrd	คำนวณการใช้น้ำประเภทเกษตรและครัวเรือน เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูล กชช.	1.อัตราการใช้น้ำประเภทเกษตรและ ครัวเรือน
		2.ข้อมูลพื้นที่สำรวจ	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทเกษตรและครัวเรือน	
Doprvwater	คำนวณการใช้น้ำประเภทประปาส้มปทาน เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการใช้น้ำประเภทส้มปทาน	1.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาส้มปทาน
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทประปาส้มปทาน	
Dopwa	คำนวณการใช้น้ำประเภทประปาส่วนภูมิภาค เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการใช้น้ำประเภทประปาส่วนภูมิภาค	1.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาส่วนภูมิภาค
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทประปาส่วนภูมิภาค	
Dovill	คำนวณการใช้น้ำประเภทประปาหมู่บ้าน เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการใช้น้ำประเภทประปาหมู่บ้าน	1.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาหมู่บ้าน
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทประปาหมู่บ้าน	

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) รายละเอียดโปรแกรมย่อยของโปรแกรม GWUSE

โปรแกรม	หน้าที่	input	output
Doind	คำนวณการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรม เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการใช้น้ำอุตสาหกรรม	1.อัตราการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรม
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรม	
Doqb	จัดรูปแบบข้อมูลอัตราการไหลบริเวณขอบเขตของพื้นที่	1.ข้อมูลอัตราการไหลเข้าและออกของบริเวณขอบของพื้นที่	1. อัตราการไหลเข้าและออกของบริเวณขอบของพื้นที่
			2.พิกัด
Doagr	คำนวณการใช้น้ำในอนาคตประเภทเกษตร เพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการพยากรณ์การใช้น้ำประเภทเกษตรในอนาคต	1.อัตราการใช้น้ำประเภทเกษตรในอนาคต
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำประเภทเกษตรในอนาคต	
Doconsume	คำนวณการใช้น้ำในอนาคตประเภทอุปโภคบริโภคเพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการพยากรณ์การใช้น้ำประเภทอุปโภคบริโภคในอนาคต	1.อัตราการใช้น้ำประเภทอุปโภคบริโภคในอนาคต
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำอุปโภคบริโภคในอนาคต	
Doindfutfut	คำนวณการใช้น้ำในอนาคตประเภทอุตสาหกรรมเพื่อนำเข้า Well Package	1.ข้อมูลการพยากรณ์การใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรมในอนาคต	1.อัตราการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรมในอนาคต
		2.ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง	2.พิกัด
		3.ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณการใช้น้ำอุตสาหกรรมในอนาคต	
Qhist	คำนวณการใช้น้ำประเภทต่างๆในอดีต โดยรวมอัตราการใช้น้ำที่ได้ในแต่ละประเภท	1.อัตราการใช้น้ำประเภทเกษตร และครัวเรือน	1.อัตราการใช้น้ำรวมในประเภทต่างๆ
		2.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาสัมปทาน	2.พิกัด
		3.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาส่วนภูมิภาค	
		4.อัตราการใช้น้ำประเภทประปาหมู่บ้าน	
		5.อัตราการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรม	
		6.อัตราการไหลเข้าและออกของบริเวณขอบของพื้นที่	
		7.พิกัด	
Qfut	คำนวณการใช้น้ำประเภทต่างๆในอนาคต โดยรวมอัตราการใช้น้ำที่ได้ในแต่ละประเภท	1.อัตราการใช้น้ำประเภทเกษตรในอนาคต	1.อัตราการใช้น้ำรวมในประเภทต่างๆ
		2.อัตราการใช้น้ำประเภทอุปโภคบริโภคในอนาคต	2.พิกัด
		3.อัตราการใช้น้ำประเภทอุตสาหกรรมในอนาคต	
		4.พิกัด	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

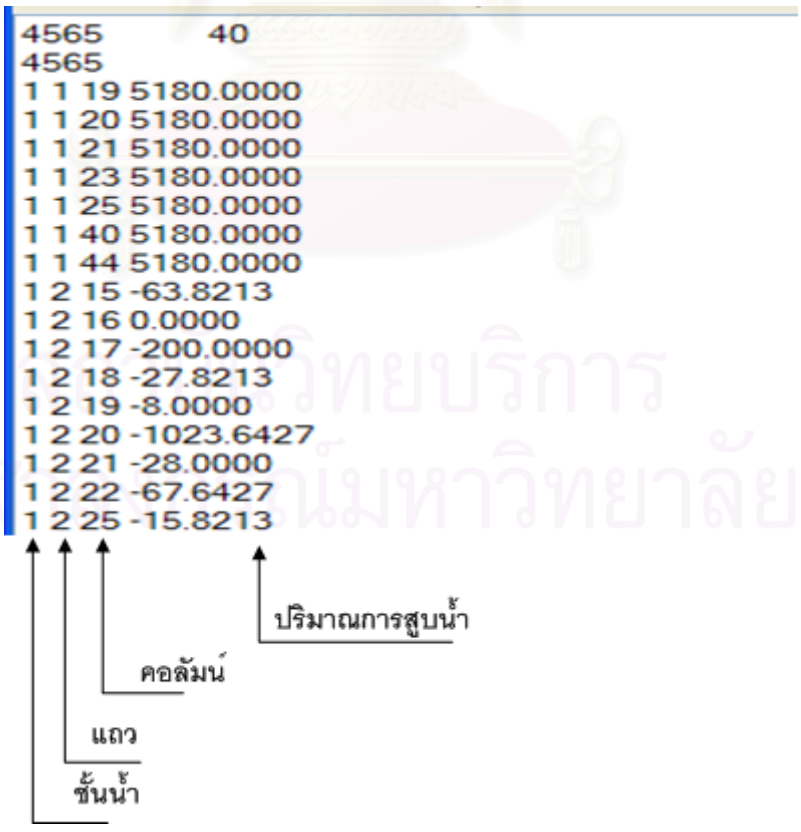
4.4 การทดสอบระบบ

หลังจากที่ได้พัฒนาโปรแกรม GWMMI_CU โดยสร้างฟอร์มและโปรแกรมย่อยต่าง ๆ เพื่อนำเข้าข้อมูล การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อมาคำนวณ รวมถึงการจัดการรูปแบบ Text File เพื่อใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน

การดำเนินการ เริ่มโดยการนำเข้าข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นได้ทดสอบโปรแกรม GWMD ผลการทดสอบ โปรแกรมสามารถแสดง แก้ไข บันทึก ข้อมูลต่าง ๆ ได้ สามารถพิมพ์รายงานต่าง ๆ ที่กำหนด ส่งออกข้อมูลในรูปแบบที่ต้องการ และติดต่อกับโปรแกรมภายนอก เช่น Surfer ได้เป็นอย่างดี หลังจากนั้นได้ทดสอบ โปรแกรม GWUSE โดยทำการกำหนดค่าแฟคเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน ส่งออกไปยังโปรแกรม GMS/MODFLOW ประกอบด้วย 5 ไฟล์ข้อมูลที่ใช้ใน 5 ชุดการคำนวณ ได้แก่ Basic BCF Well Recharge River ดังแสดงในภาคผนวก ฉ ผลการทดสอบ ไฟล์ดังกล่าวมีความถูกต้องในเรื่องของข้อมูลและรูปแบบ และใช้เวลาในการเตรียมข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

ตัวอย่างข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลองน้ำใต้ดิน

รูปที่ 4-8 แสดง ตัวอย่างของการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของข้อมูลการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าใน ชุดการคำนวณ Well Package



รูปที่ 4-8 ผลลัพธ์โปรแกรม GWUSE เพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS

4.5 การนำระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมไปใช้งาน

สำหรับขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่นำเอาระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเรียบร้อยแล้วไปใช้งานจริง โดยนำไปใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการฯชัณสูตร

4.6 การดูแลรักษาระบบฐานข้อมูล

เป็นขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม GWMMI_CU ซึ่งประกอบด้วย การเข้าหรือการล็อกอินเข้าสู่ระบบ การสำรองข้อมูล และการกู้คืนฐานข้อมูลในกรณีเกิดความเสียหายในข้อมูล

4.7 ความแตกต่างระหว่างการมีระบบฐานข้อมูลกับไม่มีระบบฐานข้อมูล

มีระบบฐานข้อมูล	ไม่มีระบบฐานข้อมูล
1. ข้อมูลมีรูปแบบและมาตรฐานเดียวกัน	1. รูปแบบของข้อมูลขึ้นอยู่กับแหล่งที่นำข้อมูลมา
2. สามารถเลือกข้อมูลตามที่ต้องการได้ง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากข้อมูลที่จะนำมาเข้าฐานข้อมูลนั้น ต้องมีการขัดเกลาก่อน	2. เนื่องจากข้อมูลไม่ได้มาตรฐานกับเลือกข้อมูลอาจจะไม่ได้ทั้งหมดตามที่ต้องการ
3. มีฐานข้อมูลเป็นศูนย์กลางในการใช้งาน สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันและพร้อมกันได้	3. ข้อมูลกระจัดกระจาย ขึ้นอยู่กับว่าใครเป็นผู้ใช้งาน
4. ลดความซ้ำซ้อนในข้อมูล	4. เกิดความผิดพลาดได้ง่าย ในการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน
5. ลดเวลาและความยุ่งยากในการจัดรูปแบบข้อมูล เพื่อนำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW และสามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรได้ง่าย	5. ใช้เวลานานในการจัดรูปแบบ และเกิดความสับสนเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าในการคำนวณ
6. สามารถนำผลการคำนวณระดับน้ำของโปรแกรม GMS/MODFLOW มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลได้	

จากการศึกษาการพัฒนาฐานข้อมูล ได้มีการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลในงานด้านต่าง ๆ เช่น การประยุกต์ใช้ในการจัดการจราจรของสถานตำรวจนครบาล การจัดทำฐานข้อมูลและสารสนเทศทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออก เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมในงานแต่ละด้าน สำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลน้ำใต้ดินนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ GWMMI_CU จะแตกต่างจากระบบฐานข้อมูลอื่น ๆ ตรงที่ได้มีการประยุกต์ใช้ในการจัดรูปแบบพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมถึงการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน ซึ่งต้องมีความเชี่ยวชาญ และเข้าใจในหลักการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน ข้อมูลทางอุทกวิทยา และโปรแกรม GMS/MODFLOW

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

ในการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ปัญหา เข้าใจสภาพของพื้นที่ รวมทั้งเข้าใจธรรมชาติและขบวนการทางอุทกวิทยา เพื่อกำหนดเงื่อนไขและตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองโดยใช้โปรแกรม MODFLOW (A Modular - Three-dimensional Finite Difference Groundwater Flow Model) ซึ่งพัฒนาโดย McDonald, M. G., และ Hanrbaugh (1984) ในการคำนวณและจำลองการไหลของน้ำบาดาลโปรแกรม Groundwater Modeling System (GMS Model) ซึ่งพัฒนาโดย The Brigham Young University Environmental Modeling Research Laboratory แบบจำลอง GMS Model นี้ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลและแสดงผลจากการคำนวณ และโปรแกรม GWMMI_CU ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลจากฐานข้อมูล

5.1 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดชั้นน้ำใต้ดิน การกำหนดระบบน้ำใต้ดิน และการกำหนดระบบการไหลของน้ำใต้ดิน

การศึกษาในครั้งนี้ อาศัยแบบจำลองน้ำใต้ดินของพื้นที่โครงการฯ จึงได้กำหนดขอบเขตจากค่าคำนวณระดับน้ำใต้ดินจากแบบจำลองในพื้นที่โครงการฯ และอาศัยข้อมูลสภาพอุทกธรณีวิทยา

สำหรับการแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อการจำลองสภาพการไหล จะอาศัยผลการศึกษาของสุจริตและคณะ (2545) เป็นพื้นฐาน ซึ่งการศึกษาดังกล่าวอาศัยข้อมูลระดับผิวดินจากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลักษณะของชั้นน้ำ อาศัยข้อมูลการสำรวจบ่อน้ำใต้ดิน (Bore Logs) ที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ มาจัดกลุ่มชั้นน้ำที่มีความลึกใกล้เคียงกันและมีความต่อเนื่องกัน รวมทั้งมีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาเหมือนกันเข้าด้วยกัน แสดงในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาดังกล่าว ทำให้สามารถจัดกลุ่มของชั้นน้ำใต้ดินได้เป็น 4 ชั้น รูปที่ 2-2 และ รูปที่ 2-3 ดังนี้

ชั้นที่ 1 ชั้นน้ำแบบผสม (Semi-Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 40-60 เมตร

ชั้นที่ 2 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 80-90 เมตร

ชั้นที่ 3 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 100-120 เมตร

ชั้นที่ 4 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินมากกว่า 120 เมตร

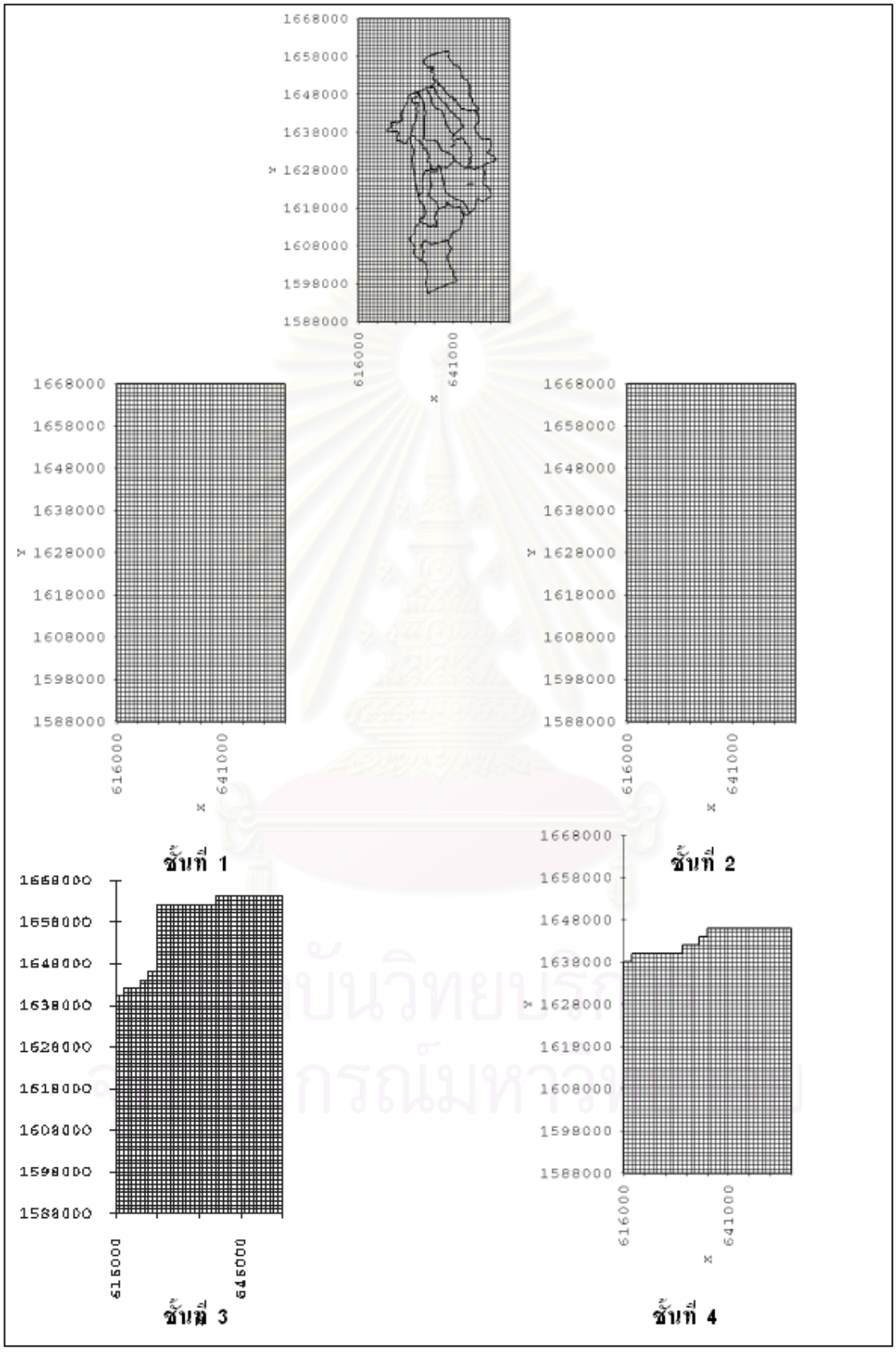
การกำหนดระบบสมดุลน้ำของแบบจำลอง แหล่งน้ำที่เติมให้กับชั้นน้ำใต้ดิน คือ การเติมจากปริมาณฝนและแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนน้ำที่ไหลออกจากระบบชั้นน้ำใต้ดิน ได้แก่ การสูบน้ำและการไหลสู่แม่น้ำ รวมถึงการไหลระหว่างชั้นน้ำใต้ดิน

5.2 การออกแบบแบบจำลอง

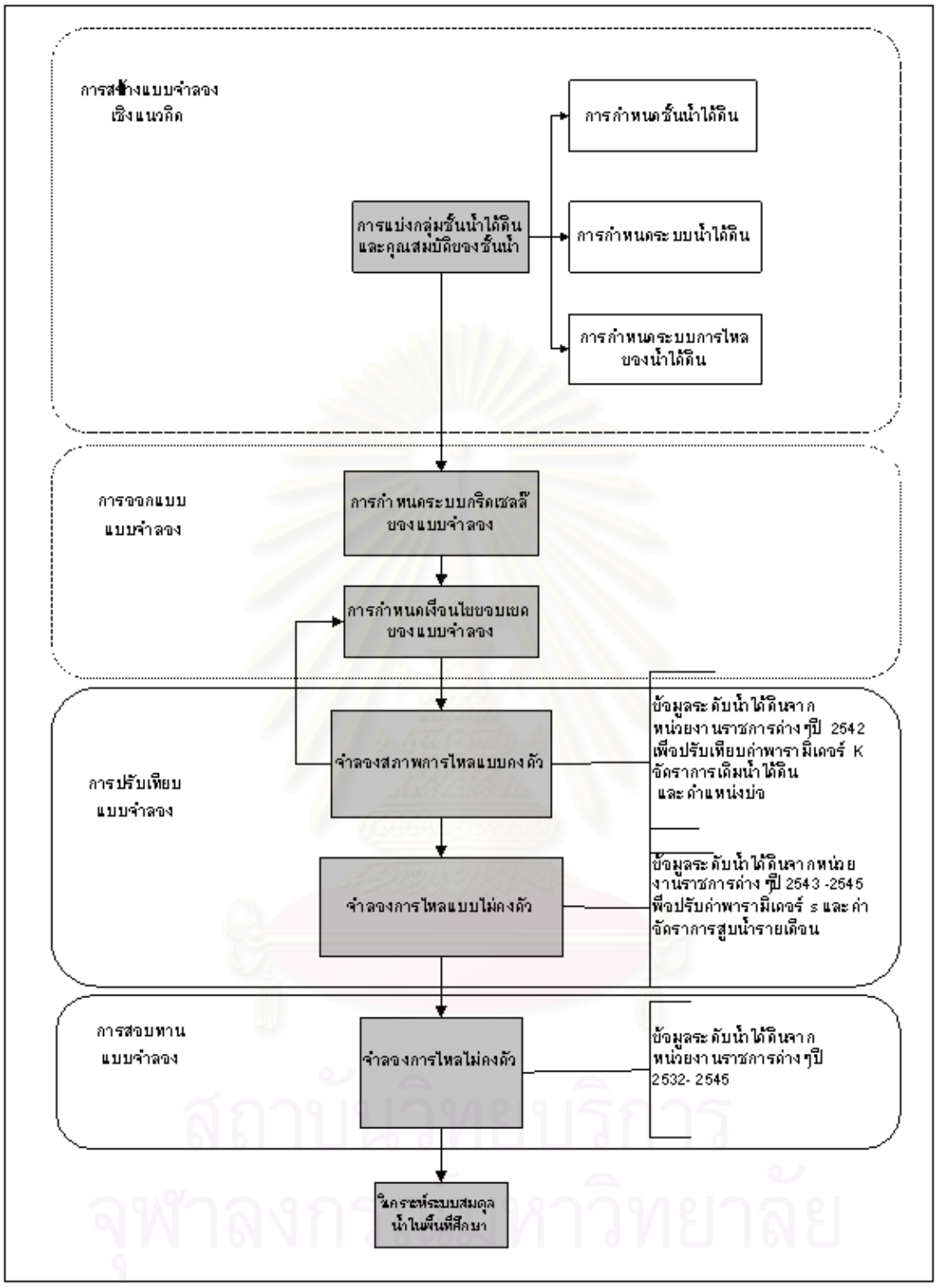
การออกแบบแบบจำลองสามมิติ (Full Three Dimensional Model) โดยแบ่งกริดเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เรียกว่า กริดเซลล์ โดยทางแกน x ในแนวตะวันตก–ตะวันออก แบบจำลองจะครอบคลุมพื้นที่พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 616000 ถึง 656000 มีระยะทาง 40 กิโลเมตร ส่วนทางแกน y ครอบคลุมพื้นที่พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 1588000 ถึง 1668000 มีระยะทาง 80 กิโลเมตร ซึ่งการจำลองในครั้งนี้ เน้นรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อย จึงได้แบ่งขนาดความกว้างของกริดเซลล์ในแนวแกนทั้งสองเท่ากับ 1 กิโลเมตร เนื่องจากมีความสอดคล้องกับพื้นที่ โดยแบ่งออกได้ 80 สดมภ์ ตามแนวแกน x และ 40 ตามแนวแกน y ส่วนแนวแกน z แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ตามความลึกจริงของชั้นน้ำ ดังนั้นจำนวนกริดทั้งหมดเท่ากับ 12,800 กริดเซลล์ โดยกำหนดเป็นเซลล์ที่ใช้ในการคำนวณ (Active Cell) และเซลล์ที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณ (Inactive Cell) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพทางอุทกธรณีวิทยา ดังรูปที่ 5-1

5.3 การกำหนดเงื่อนไขในขอบเขต (Boundary Condition)

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองขึ้นอยู่กับสภาพการไหลที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่และอาศัยการคำนวณระดับน้ำใต้ดิน ของโครงการ “การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง” โดยการคำนวณใหม่และเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2545 โดยตรวจสอบระดับน้ำที่คำนวณได้กับระดับน้ำที่สำรวจ ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 4 ซึ่งมีความหนาน้อย กำหนดให้เป็นขอบเขตแบบไม่มีการไหล ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน



รูปที่ 5-1 ระบบกริดในพื้นที่



รูปที่ 5-2 ขั้นตอนการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินสำหรับพื้นที่ศึกษา

5.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์และข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งค่าอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก จ

5.4.1 สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)

สัมประสิทธิ์การกักเก็บ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการคำนวณองค์ประกอบการไหล (BCF Package) โดยทั่วไปสัมประสิทธิ์การกักเก็บจะได้มาจากผลการสูบทดสอบ แต่ค่าพิสัยของความแปรปรวนค่อนข้างกว้างมาก ในการศึกษาของ Walton (1970) เสนอว่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นน้ำมีแรงดันอยู่ในช่วง $1.0x10^{-5}$ - $1.0x10^{-3}$ สำหรับดินทุกประเภท ส่วนชั้นน้ำที่มีศักยภาพการให้น้ำสูง ค่าพารามิเตอร์จะมีค่าในช่วง $5.0x10^{-5}$ - $1.0x10^{-2}$

จากการรวมรวมข้อมูลการสูบทดสอบของโครงการ “การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง” และการสอบเทียบของแบบจำลอง พบว่า สัมประสิทธิ์การกักเก็บที่เหมาะสมของชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง $5.0x10^{-4}$ - $1.0x10^{-3}$ โดยมีค่าเฉลี่ยสำหรับชั้นน้ำชั้นที่ 1 เท่ากับ $1.0x10^{-3}$ ชั้นน้ำชั้นที่ 2 เท่ากับ $1.0x10^{-3}$ ชั้นน้ำชั้นที่ 3 เท่ากับ $5.0x10^{-4}$ และชั้นน้ำชั้นที่ 4 เท่ากับ $1.0x10^{-3}$

5.4.2 สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ (Specific Storage)

สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองสภาพการไหลในชั้นน้ำแบบไม่มีความดัน (Unconfined Aquifer) หรือชั้นน้ำกึ่งมีความดัน (Semi-confined Aquifer) จากผลการศึกษาของ Johnson A. I. (1967) อ้างถึงใน Todd D. K. (1980) เสนอวิธีการประเมินค่า Specific Yield ของชั้นน้ำใต้ดิน จากคุณสมบัติของตะกอนชั้นน้ำ โดยระบุค่า Specific Yield สำหรับชั้นน้ำใต้ดินที่เป็นตะกอนทรายอยู่ในช่วง 0.23-0.27

การกำหนดค่าเริ่มต้นในการพัฒนาแบบจำลอง ได้กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของชั้นน้ำชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25

5.4.3 สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity)

สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ เป็นค่าที่ได้มาจากผลการสูบทดสอบ ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง จากผลการศึกษาของปณตและสุจริต (2544) เสนอการวิเคราะห์และการหาสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Tranmissivity ; T) และสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำแบบปรับหน่วย (Normalized Tranmissivity ; T' = T/L) โดย $T' = 2.5 (S'd)^{1.01}$ พบว่า สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ

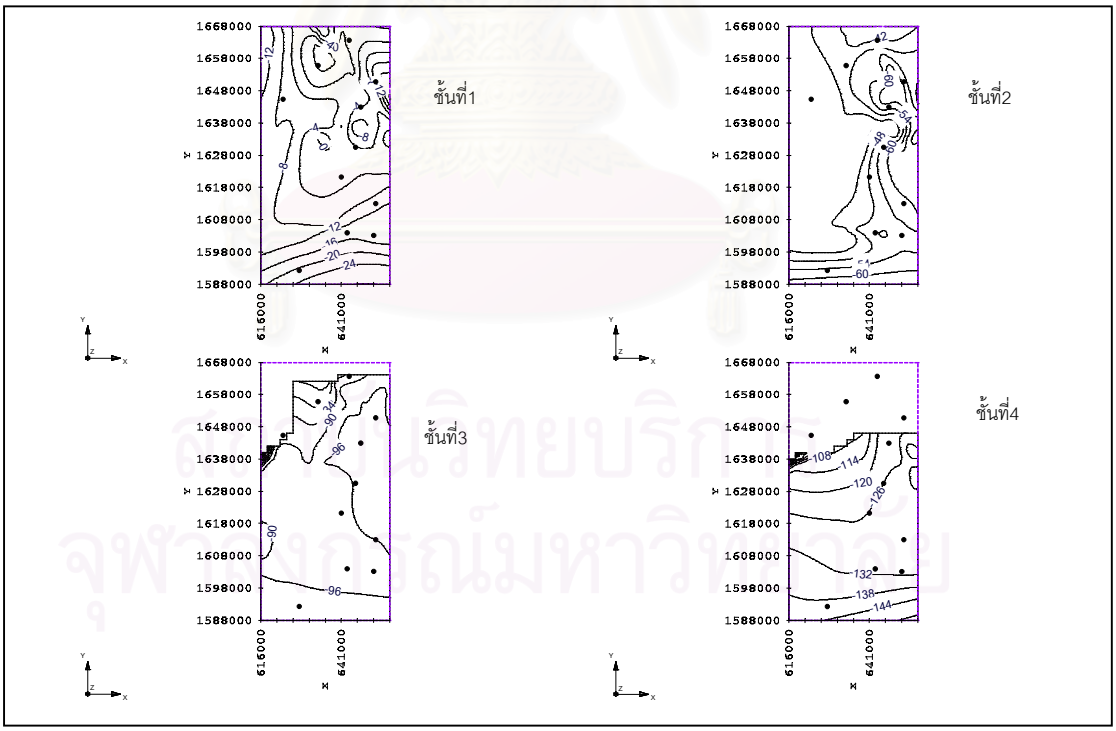
แบบปรับหน่วยของชั้นน้ำแบบ Qcp และ Qcr อยู่ในช่วง 5.0 - 1.0×10^{3} และ 1.0×10^{-1} - 5.0×10^{2} เมตรต่อวัน ตามลำดับ

5.4.4 สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Hydraulic Conductivity)

สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง เป็นพารามิเตอร์ที่อธิบายพฤติกรรมการไหลในแนวดิ่งของชั้นน้ำใต้ดินระหว่างชั้นน้ำ เนื่องจากชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษา เป็นชั้นน้ำที่มีศักยภาพการให้น้ำทั้ง 4 ชั้น แต่ละชั้นถูกแยกออกจากกันด้วยดินเหนียว ดังนั้นจึงกำหนดค่าการซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่งเป็นคุณสมบัติของชั้นดินเหนียวที่กั้นระหว่างชั้นน้ำใต้ดิน โดยใช้สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง เฉลี่ยเท่ากับ 2.0×10^{-5} เมตรต่อวัน (Todd, 1980)

5.4.5 ค่าระดับของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น

ค่าระดับของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น วิเคราะห์ได้จากข้อมูลรายละเอียดชั้นดินทางธรณีวิทยาและแผนที่ทางอุทกธรณี ดัง แสดงในรูปที่ 2-2 และ รูปที่ 2-3 ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่เหมาะสม ประกอบด้วยชั้นน้ำใต้ดิน 4 ชั้น



(หน่วย : เมตร รทก.)

รูปที่ 5-3 ค่าระดับขอบเขตด้านบนของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น

5.4.6 ประเภทของชั้นน้ำใต้ดิน

ประเภทของชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา ในชั้นน้ำชั้นที่ 1 เป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน (Semi-confined Aquifer) เนื่องจากชั้นดินเหนียวที่ปิดทับด้านบนมีคุณสมบัติในการให้น้ำซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินชั้นแรกได้ ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 2 ชั้นน้ำชั้นที่ 3 และชั้นน้ำชั้นที่ 4 เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน (Confined Aquifer) ทั้ง 3 ชั้น

5.4.7 ค่าระดับน้ำเริ่มต้น

สามารถแบ่งช่วงการจำลองออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

1. แบบจำลองการไหลแบบคงตัว ในปี พ.ศ. 2542 การกำหนดค่าระดับน้ำเริ่มต้นของแบบจำลองจะใช้ค่าระดับน้ำเฉลี่ยปี พ.ศ. 2542 ที่วัดมา

2. แบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัว ในช่วงเวลา พ.ศ. 2543-2545 ใช้ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองการไหลแบบคงตัวในปี พ.ศ. 2542 เป็นระดับน้ำตั้งต้น เหตุผลที่ใช้ผลการคำนวณจากแบบจำลองการไหลแบบคงตัวเป็นค่าตั้งต้น คือ ค่าดังกล่าวเป็นผลที่ได้จากแบบจำลองที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ สอดคล้องกับแบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัวที่กำลังจะทำการคำนวณ (Franke et al., 1987 อ้างถึงใน Anderson และ Woessner, 1992)

3. แบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัว ในช่วงเวลา พ.ศ. 2532-2545 อาศัยข้อมูลระดับน้ำที่บันทึกจริงในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2532 เป็นระดับน้ำตั้งต้น โดยค่าระดับน้ำบันทึกและตรวจวัดจากภาคสนาม ในหัวข้อที่ 2.5 ส่วนผลการคำนวณระดับน้ำของแบบจำลองทั้งสามที่กล่าวข้างต้น อยู่ในหัวข้อที่ 6.2

5.4.8 อัตราการเติมน้ำ

จากผลการศึกษาของ Sucharit K., Panot S. (2002) ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมในหน่วยร้อยละของปริมาณฝน (R) และสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในหน่วยเซนติเมตรต่อชั่วโมง (i) คือ $R = 0.24i + 3.2$ และสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยอาศัยชนิดของดิน เป็นอัตราส่วนร้อยละ 3.88-11.00 ของปริมาณฝนรายเดือนที่ตกในพื้นที่ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของวจีและสมชัย (2541) ซึ่งระบุว่าอัตราการซึมของน้ำฝนสู่แหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ภาคกลางของชั้นน้ำใต้ดินที่มีสภาพทางธรณีวิทยาแบบหินแข็งน้ำปานกลาง หินแข็งน้ำมาก และหินร่วน เท่ากับ 3, 5 และ 10% ของปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ ตามลำดับ

เมื่อคำนวณตามปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ จะพบว่า อัตราการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดินอยู่ในช่วง 5.0×10^{-5} - 5.0×10^{-4} เมตรต่อวัน เท่ากับ (18-180) มิลลิเมตรต่อปี

ส่วนการไหลของน้ำระหว่างแหล่งน้ำใต้ดินและทางน้ำเปิดในพื้นที่ศึกษา จะมีแม่น้ำสายหลัก 3 สาย คือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำน้อย และแม่น้ำสุพรรณบุรี ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ หน้าตัดของน้ำ ระดับน้ำ และพารามิเตอร์ของการซึม (Co) เท่ากับ KW/M เมื่อ K = สัมประสิทธิ์การซึม (เมตรต่อวัน) W คือ ความกว้างของทางน้ำ (เมตร) และ M คือ ความหนาของตะกอนของท้องน้ำ (เมตร) โดยค่าประมาณการของวัสดุท้องน้ำสำหรับพื้นที่ศึกษาสำหรับทางน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0×10^{-2} เมตรต่อวัน

5.4.9 อัตราการสูบน้ำ

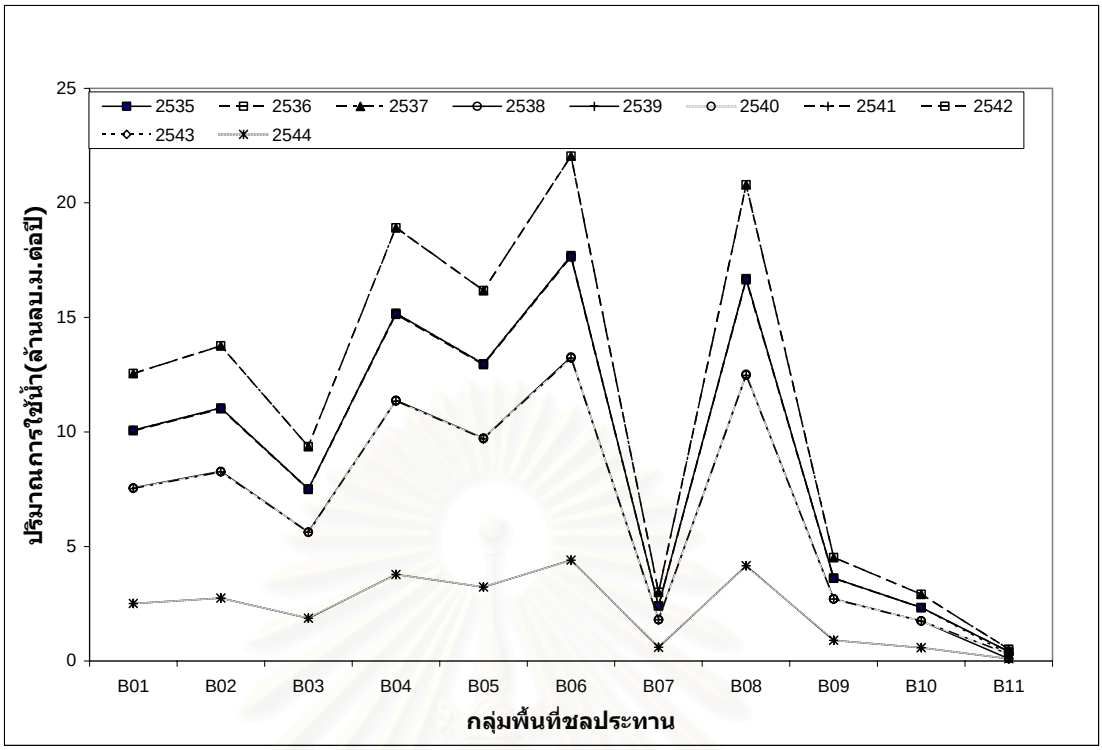
การประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาตามหลักการในหัวข้อที่ 3.1.4 ในปีพ.ศ. 2545 จะแบ่งการใช้น้ำใต้ดินได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือ การใช้น้ำจากระบบประปาส่วนภูมิภาค เท่ากับ 0.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนที่สองคือ การใช้น้ำจากระบบประปาหมู่บ้าน ประมาณ 1.39 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และส่วนที่สาม คือ การใช้น้ำจากบ่อส่วนตัวของประชาชน ประมาณ 5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

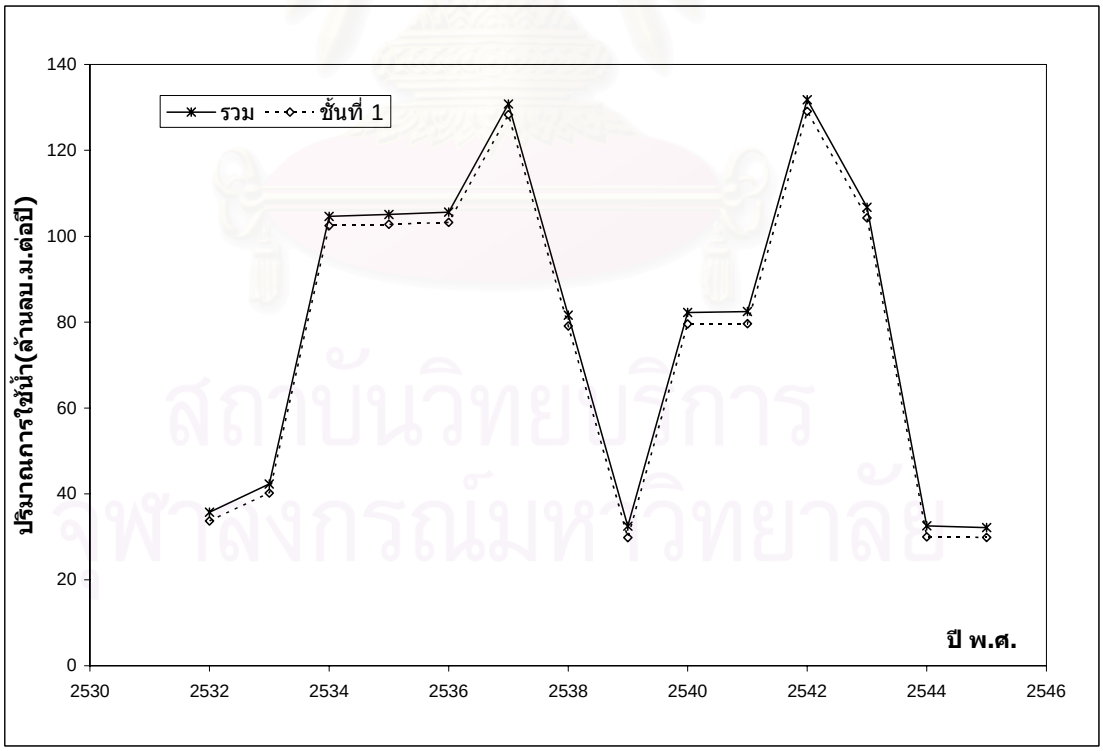
การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม จากการรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำใต้ดิน ประมาณการใช้น้ำได้ 0.02 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

การใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรม จากข้อมูลภาคสนาม และจำนวนบ่อจากข้อมูล กชช. ที่ใช้เพื่อการเกษตร โดยแยกตามกลุ่มพื้นที่ชลประทาน (Block) ในพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร มีความสอดคล้องกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสูบน้ำรายเดือนและรายปี โดยอาศัยข้อมูลจากภาคสนาม ร่วมกับเกณฑ์การกำหนดสถานการณ์ของกรมชลประทาน และค่าอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยและชั่วโมงการสูบ (สุจริตและคณะ,2545) สามารถประมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตรได้ 24.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-4 ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีแยกตามกลุ่มพื้นที่ชลประทาน (Block)



รูปที่ 5-5 ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีในพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร

5.5 การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง สามารถทำได้ทั้งในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) และไม่คงตัว (Transient)

การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัว ใช้ข้อมูลระดับน้ำที่เป็นตัวแทนของสภาวะคงตัว การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลระดับน้ำ มีหลายวิธี เช่น ค่าเฉลี่ยรายปี ค่าเฉลี่ยสำหรับช่วงข้อมูลทั้งหมด ค่าเฉลี่ยระดับน้ำเดือนใดเดือนหนึ่ง เป็นต้น ค่าเฉลี่ยแบบใดแบบหนึ่งในทั้งสามแบบนี้ สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของสภาวะการไหลแบบคงตัวได้

การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว การปรับเทียบทั้งสองสภาวะมักถูกนำมาใช้ควบคู่กัน ในขั้นแรกทำการปรับเทียบในสภาวะคงตัว เพื่อตรวจสอบและปรับแก้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ไม่ขึ้นกับเวลา จากนั้นจึงทำการปรับเทียบในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว เพื่อตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับเวลา

การสอบทานแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองได้ทำการปรับเทียบทั้งในสภาวะคงตัวและไม่คงตัว สามารถทำการคำนวณแบบจำลองนั้นซ้ำอีกครั้งหนึ่งในสภาวะไม่คงตัว ด้วยข้อมูลชุดใหม่ เพื่อแสดงว่าแบบจำลองที่ปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วนั้น สามารถให้ผลการคำนวณที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

การประเมินผลการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง ว่าผลการคำนวณที่ได้ใกล้เคียงสอดคล้องกับข้อมูลสนาม โดยการเปรียบเทียบแผนที่เส้นชั้นความสูงเท่ากัน (Coutour Maps) ระหว่างค่าที่ได้จากการวัดในภาคสนามกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดจากสนามกับค่าจากแบบจำลองบนพิกัดสองมิติ

ในพื้นที่ศึกษา มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้สอดคล้องกับแบบจำลอง ซึ่งมีวิธีการปรับเทียบและสอบเทียบแต่ละขั้นตอน

การปรับเทียบในสภาวะการไหลแบบคงตัวอาศัยข้อมูลปี พ.ศ. 2542 เพื่อตรวจสอบการออกแบบแบบจำลอง การแบ่งชั้นระบบกริดเซลล์ และการปรับแก้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ไม่ขึ้นกับเวลา ซึ่งได้แก่ ปริมาณการสูบน้ำและการเติมน้ำเฉลี่ยรายปี ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่ง ซึ่งการใช้น้ำโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในชั้นน้ำชั้นที่ 1 เป็นการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมและการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค จากการสำรวจภาคสนามและทางทฤษฎี การปรับแก้สำหรับชั้นน้ำชั้นที่ 1 จะปรับค่าการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ส่วนในชั้นน้ำอื่น ๆ จะปรับค่าการใช้น้ำ สำหรับค่าระดับน้ำที่นำมาปรับเทียบเป็นค่าระดับน้ำที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ช่วงใดช่วงหนึ่ง โดยเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ใน

ปี พ.ศ. 2542 ข้อมูลที่ได้รวบรวมจากระเบียบบ่อน้ำใต้ดินของหน่วยงานราชการต่าง ๆ เช่น กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น

การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะไม่คงตัว จะปรับเทียบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการไหลไม่คงตัว ได้แก่ สัมประสิทธิ์การกักเก็บของน้ำ เป็นต้น รวมทั้งรวบรวมค่าพารามิเตอร์ที่ผันแปรตามเวลา เช่น ปริมาณการสูบน้ำ และอัตราการเติมน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบในขั้นตอนนี้เป็นข้อมูลระดับน้ำที่มีการเก็บวัดทุก 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นบ่อที่มีอยู่เดิมของหน่วยงานราชการ ส่วนค่าระดับน้ำเริ่มต้น อาศัยระดับน้ำที่ได้จากการจำลองการไหลแบบคงตัวซึ่งใช้ข้อมูลเฉลี่ยปี พ.ศ. 2542 เป็นตัวแทนของระดับน้ำเริ่มต้นของเดือนมกราคม พ.ศ. 2543

การสอบทานแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อีกครั้งหลังจากที่ได้ปรับเทียบเรียบร้อยแล้ว สำหรับการสอบทานแบบจำลองด้วยข้อมูลระดับน้ำรายไตรมาสของปี พ.ศ. 2532-2545 จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีการบันทึกไว้เมื่อได้ทำการก่อสร้างบ่อน้ำใต้ดินแต่ละบ่อ ในการรวบรวมข้อมูลเป็นไตรมาส เนื่องจากข้อมูลในอดีตมีจำนวนน้อย ส่วนการกำหนดช่วงเดือนในแต่ละไตรมาส จะแบ่งพิจารณาจากรอบฤดูกาล คือ ไตรมาสที่หนึ่ง (เดือนพฤศจิกายน-เดือนมกราคมปีถัดไป) ไตรมาสที่สอง (เดือนกุมภาพันธ์-เดือนเมษายน) ไตรมาสที่สาม (เดือนพฤษภาคม-เดือนกรกฎาคม) และไตรมาสที่สี่ (เดือนสิงหาคม-เดือนตุลาคม)

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลที่ใช้และพารามิเตอร์ที่ปรับแก้ในแต่ละขั้นตอนของการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง

ขั้นตอน	ข้อมูลที่ใช้	พารามิเตอร์ที่ปรับแก้
การปรับเทียบในสภาวะคงตัว	ค่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2542 จากระเบียนบ่อของหน่วยงานราชการ	อัตราการสูบ/เติมน้ำเฉลี่ย กรณีตัวแทนปีที่แล้งที่สุด สัมประสิทธิ์ ทางชลศาสตร์ทั้งหมด ลักษณะของโครงการ ยกเว้นสัมประสิทธิ์การกักเก็บ และสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
การปรับเทียบในสภาวะไม่คงตัว	ค่าระดับน้ำใต้ดินราย 2 เดือน ใน ปี พ.ศ. 2543-2545 ซึ่งได้วางโครงข่ายและติดตามวัดอย่างเป็นระบบ	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ และอัตราการสูบ/เติมน้ำ รายเดือนและรายปี
การสอบทาน	ค่าระดับน้ำใต้ดิน รายไตรมาส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2545 จากระเบียนบ่อของหน่วยงานราชการ	ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการสูบน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
ผลการศึกษา

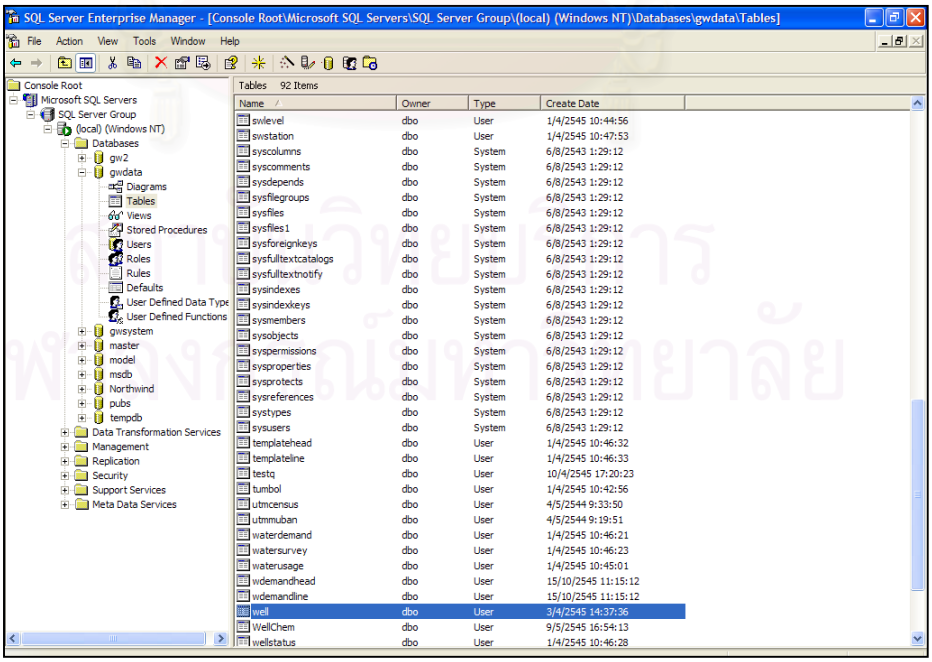
6.1 ผลการใช้ระบบฐานข้อมูล

จากการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน เริ่มจากการออกแบบฐานข้อมูล (GWData) ความสัมพันธ์ของข้อมูล (รูปที่ 4-2) ลำดับต่อไป ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับติดต่อระหว่างฐานข้อมูลกับผู้ใช้ คือ โปรแกรม GWMMI_CU (รูปที่ 4-4)

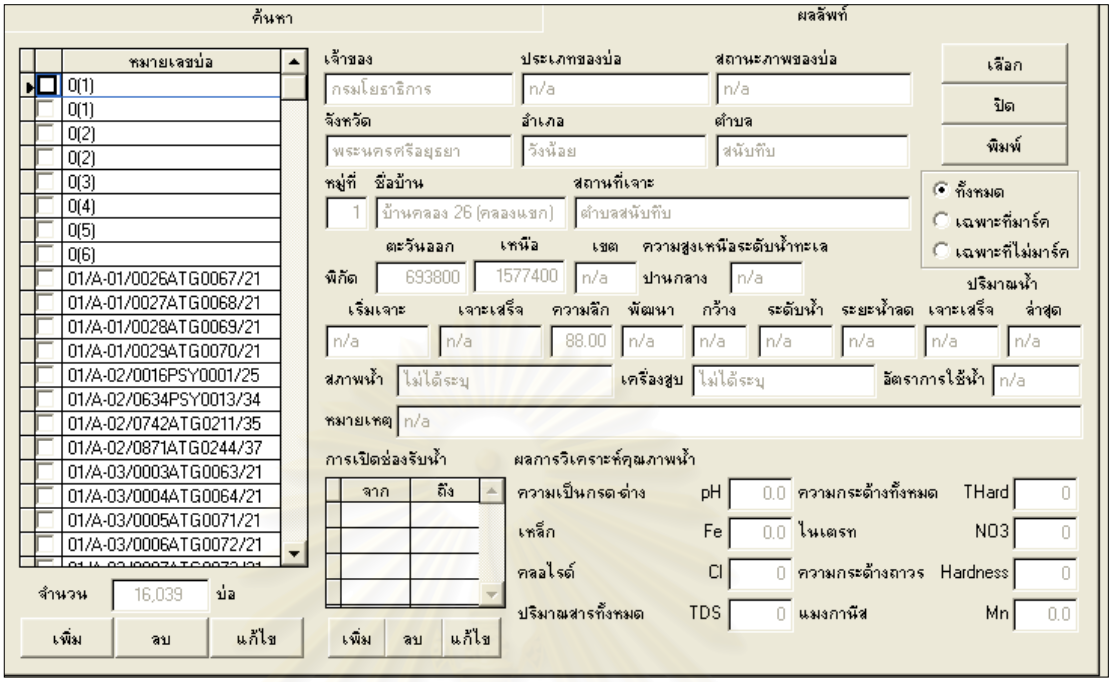
จากการนำระบบฐานข้อมูลไปใช้ ทำให้สามารถประเมินการใช้น้ำใต้ดิน และค่า source/sink ต่าง ๆ รวมถึงจัดรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลในโปรแกรม GMS/MODFLOW ได้ ในเวลาที่รวดเร็วและถูกต้อง

สำหรับการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล สามารถแก้ไขบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้ และติดต่อกับโปรแกรมภายนอกได้อย่างดี ทำให้ข้อมูลจัดเก็บอยู่ในที่เดียวกันอย่างมีระบบ และมีมาตรฐานเดียวกัน ทำให้สามารถกำหนดสิทธิการเข้าถึงข้อมูลได้

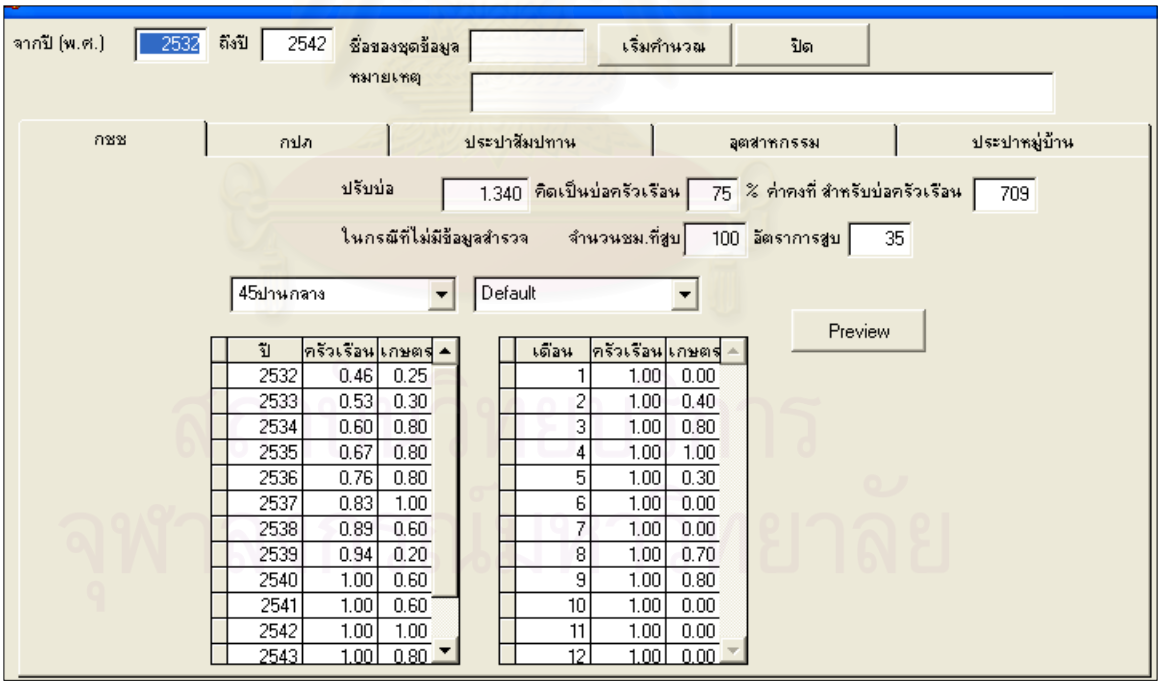
ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนา สามารถส่งถ่ายข้อมูลจากฐานข้อมูลไปยังผู้ใช้หรือโปรแกรม GMS/MODFLOW และสามารถรับข้อมูลจากผู้ใช้หรือโปรแกรม GMS/MODFLOW เพื่อนำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล



รูปที่ 6-1 ตารางข้อมูลในฐานข้อมูล



รูปที่ 6-2 หน้าจอค้นหาข้อมูลบ่อบาดาล



รูปที่ 6-3 หน้าจอสำหรับประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน

6.2 ผลการจำลองสภาพการไหล

6.2.1 ผลการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

- ผลการปรับเทียบแบบจำลองแบบจำลองในสภาวะการไหลคงตัว จะเป็นการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าอัตราการสูบน้ำ ลักษณะของโครงการ ตำแหน่งของบ่อสูบน้ำ และสัมประสิทธิ์ทางชลศาสตร์ทั้งหมด ยกเว้นในการปรับเทียบจะใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2542 เฉลี่ยรายปี ซึ่งในปี พ.ศ. 2542 เป็นกรณีปีน้ำน้อยมาก

ผลการปรับเทียบในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) พบว่า รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินสอดคล้องกับข้อมูลระดับน้ำในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลบ่อจากหน่วยงานราชการ และมีค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละชั้นน้ำดังแสดงในตารางที่ 6-1 และรูปที่ 6-4 ซึ่งค่ารากกำลังสองของความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 1-3 เมตร ตามลำดับ

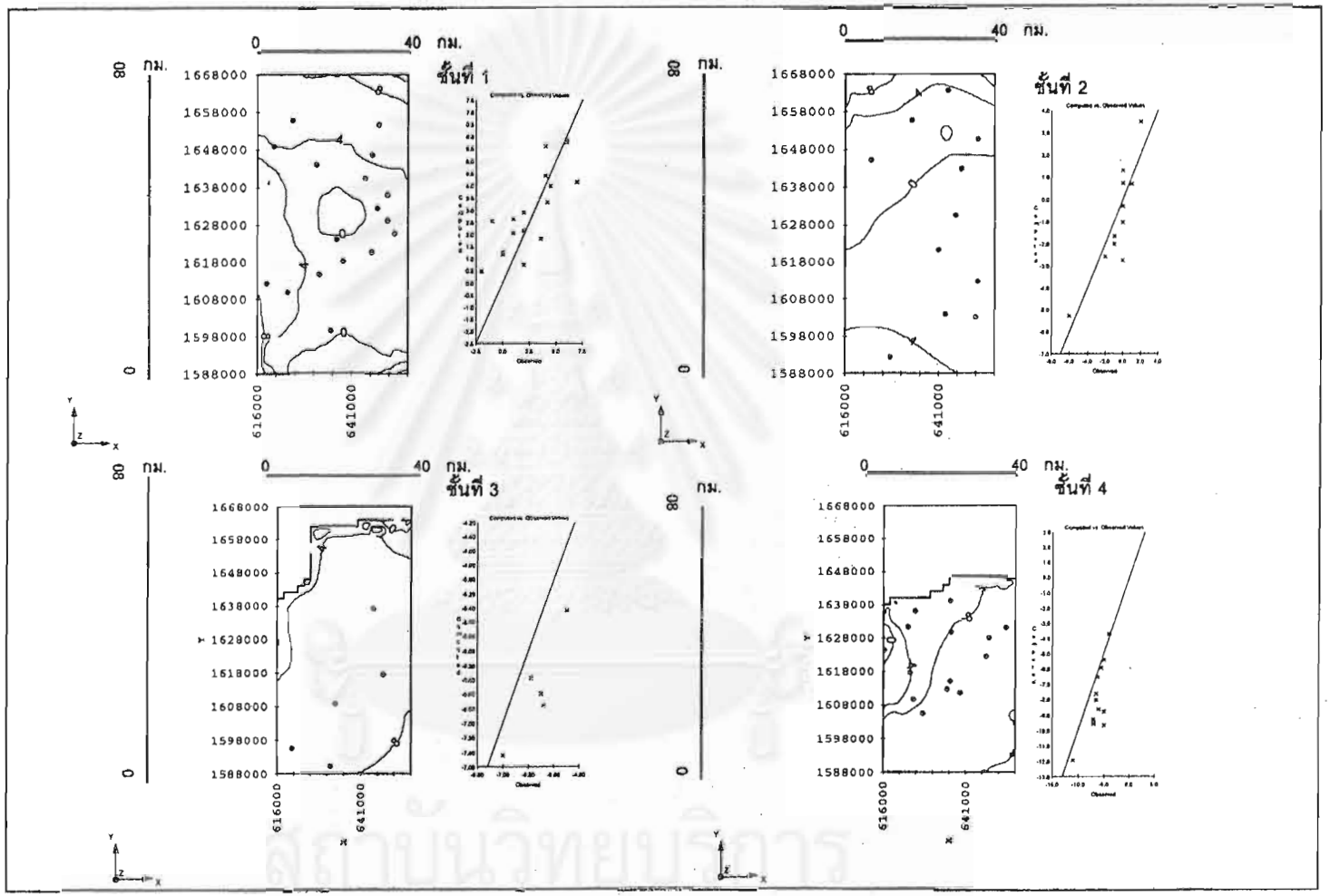
ตารางที่ 6-1 ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัว

หน่วย : เมตร

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error)	0.37	-0.23	-1.22	-1.85
ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error)	1.29	1.00	1.22	1.88
รากกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error)	1.59	1.20	1.31	2.30

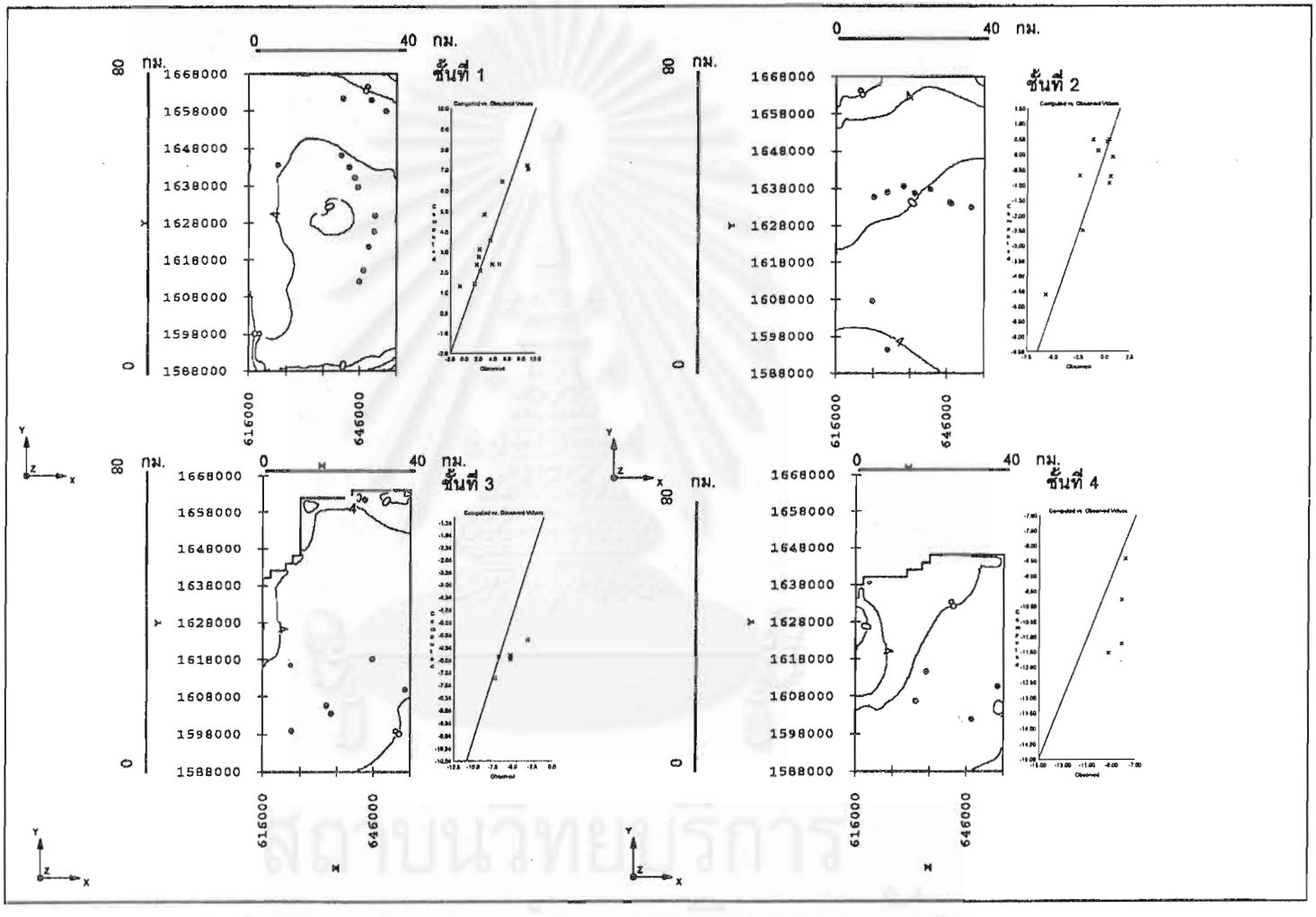
- ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว

การปรับเทียบในขั้นตอนนี้จะตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่ขึ้นกับเวลา ได้แก่ สัมประสิทธิ์การกักเก็บ และสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ สำหรับชั้นน้ำที่เป็นแบบไม่มีความดัน หรือแบบกึ่งมีความดัน ค่าเฉลี่ยสำหรับชั้นน้ำแต่ละชั้นเท่ากับ 1.5×10^{-3}, 1.0×10^{-3}, 5.0×10^{-4} และ 1.0×10^{-3} และปรับค่าสัมประสิทธิ์ในการประเมินอัตราการสูบน้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งได้มีการปรับเทียบกับข้อมูลสำรวจภาคสนามที่ได้เก็บข้อมูลระดับน้ำทุก ๆ 2 เดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2545 ผลการปรับเทียบ ในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัวในช่วงปี พ.ศ. 2543-2545 เปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำที่มีการเก็บรวบรวมทุก ๆ 2 เดือน จะได้ว่า รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณสอดคล้องกับข้อมูลระดับน้ำจริง และมีค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 6-2 และรูปที่ 6-5 และ รูปที่ 6-6 ซึ่งค่ารากกำลังสองของความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 1-3 เมตร

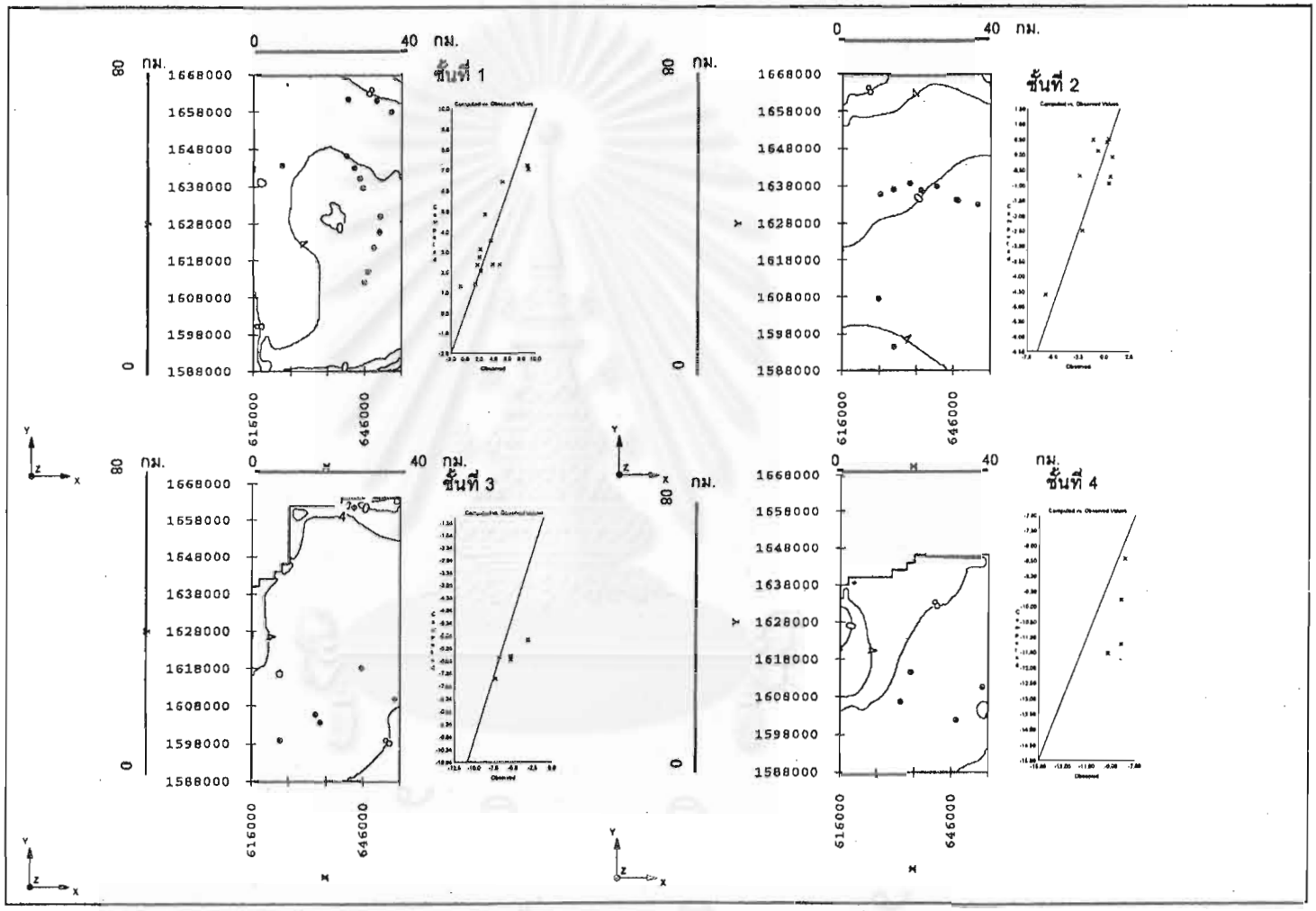


รูปที่ 6-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2542 (เมตร – รทก.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-5 ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2545 (เมตร – รทก.)



รูปที่ 6-6 ผลการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำเดือนตุลาคมปี พ.ศ. 2545 (เมตร – รทก.)

ตารางที่ 6-2 ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว

หน่วย : เมตร

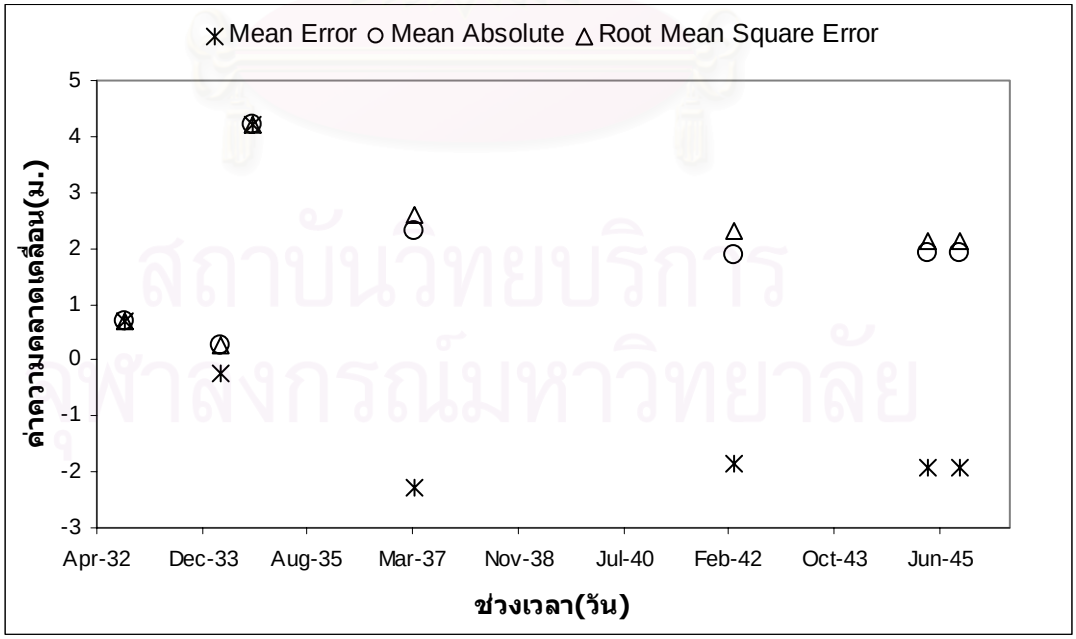
ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error)	-0.03	0.16	-1.18	-1.91
ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error)	1.18	0.93	1.21	1.91
รากกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error)	1.43	1.09	1.59	2.12

- ผลการสอบทานแบบจำลอง

เป็นการตรวจสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลปี พ.ศ. 2532-2545 โดยอาศัยข้อมูลระดับน้ำจากหน่วยงานต่าง ๆ

อัตราการสูบน้ำในอดีต สามารถประเมินโดยอาศัยหลักการที่หัวข้อ 5.4.9 สามารถให้ผลการคำนวณสอดคล้องกับระดับน้ำที่มีการบันทึก

ผลการสอบทานแบบจำลอง พบว่า รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำในปี พ.ศ. 2532-2545 โดยค่ารากกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองอยู่ในช่วง 1-3 เมตร รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ฉ



รูปที่ 6-7 ค่าความคลาสดเคลื่อนของแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2545

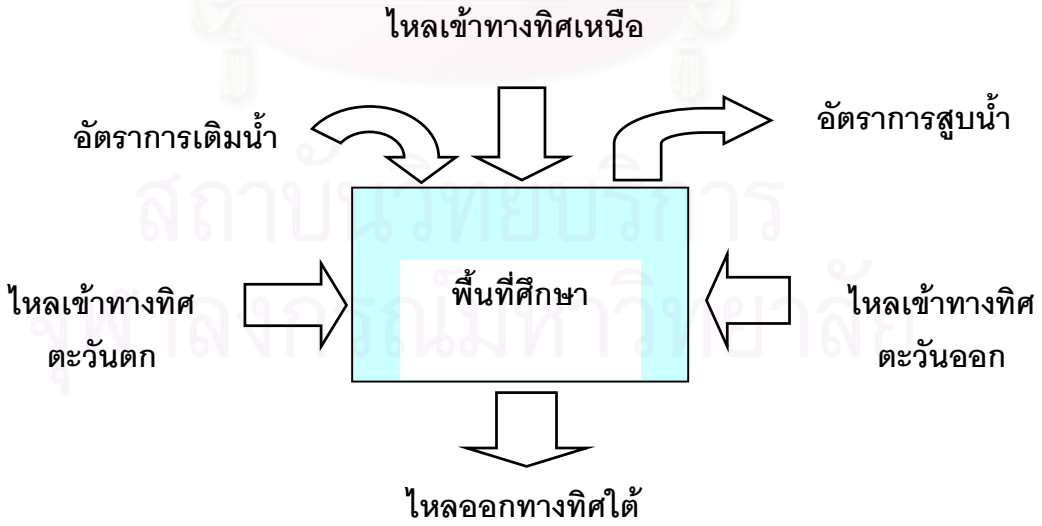
6.3 การวิเคราะห์ระบบสมดุลของน้ำ

จากการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล และระบบสมดุลของแหล่งน้ำใต้ดิน ในฤดูแล้งและฝน ได้ดังรูปที่ 6-9 และ รูปที่ 6-10

ระบบพฤติกรรมการไหลของน้ำใต้ดิน จะไหลเข้าสู่ส่วนกลาง จากทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก และไหลลงสู่ทิศใต้ สำหรับพฤติกรรมการใช้น้ำ จะมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้มาก ในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูฝน จะมีฝนตกในพื้นที่ปริมาณมาก

ระบบสมดุลน้ำ ของปีพ.ศ. 2545 มีการสูบน้ำในชั้นที่ 1 มากในช่วงฤดูแล้ง เพื่อนำมาใช้ในการเกษตรกรรม โดยจะสูบประมาณ 268,144 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีการเติมน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ประมาณ 176,204 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีการไหลเข้าทางด้านข้างประมาณ 231,592 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีปริมาณไหลออกจาก ระบบสู่พื้นที่ตอนใต้ประมาณ 33,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจากปริมาณดังกล่าว แสดงว่ามีปริมาณน้ำไหลออกจากระบบของแหล่งน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษา มากกว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ส่วนในช่วงฤดูฝน การใช้น้ำชั้นที่ 1 ลดลงเหลือ 337,830 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่วนปริมาณการเติมน้ำจากฤดูฝน มีค่าประมาณ 876,921 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณมาก ซึ่งไปชดเชยการสูบน้ำในหน้าแล้ง

จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินในระบบ ลดลงในช่วงแล้ง และระบบสามารถปรับตัวด้วยปริมาณน้ำที่เติมกลับเข้ามาในฤดูฝน



ตารางที่ 6-3 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำปกติ ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2532 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	656,979	4,704	1,300	2,097
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	124,061	9,920	44	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	139,203	6,673	13,523	5,717
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	112,371	12,883	6,991	1,566
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	4,554	4,000	8,585	4,614
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	39,612	6500	6,485	2,995

ตารางที่ 6-4 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำปกติ ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2532 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	30,994	5,417	1,320	2,172
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	559,479	11,240	35	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	138,740	13,761	15,024	6,595
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	479,123	6,071	5,576	1,237
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	58,785	8,146	9,027	4,362
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	725,645	2,843	6,576	2,999

ตารางที่ 6-5 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2534 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	1,297,030	4,936	1,316	2,211
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	97,827	10,983	31	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	95,708	13,549.30	14,711	6,546
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	70,920	6,463	6,035	1,245
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	110,045	8,256	9,012	4,364
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	43,709	3,772	6,628	2,999

ตารางที่ 6-6 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2534 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	30,994	5,361	1,324	2,164
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	559,479	11,240	35	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	138,740	13,761	15,024	6,595
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	479,123	6,071	5,576	1,237
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	58,785	8,146	9,027	4,362
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	1,177,765	4,900	6,654	3,100

ตารางที่ 6-7 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อยมาก ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2537 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	1,299,607	11,536	3,038	5,072
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	86,906	12,119	31	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	127,451	14,646	15,612	6,624
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	66,432	4,660	4,240	1,101
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	114,742	7,921	8,920	4,200
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	3,415	3,000	6,695	3,070

ตารางที่ 6-8 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อยมาก ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2537 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	35,712	12,536	3,596	4,963
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	793,992	12,410	31	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	153,103	14,779	15,739	6,609
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	663,240	4,151	3,889	1,087
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	96,325	7,896	8,889	4,183
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	573,687	4,545	6,692	3,096

ตารางที่ 6-9 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำน้อย พ.ศ. 2542 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	788,685	31,664	9,239	3,769
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	115,406	12,112	46	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	15,494	18,065	18,100	7,295
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	83,130	9,826	3,944	1,468
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	2,648	7,106	9,263	5,554
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	345,494	1,232	3,780	2,911

ตารางที่ 6-10 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำมาก ช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2545 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	268,144	19,911	9,475	8,548
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	110,556	10,531	44	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	41,036	14,619	14,800	3,702
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	80,000	7,060	4,842	693
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	33,000	9,044	9,943	6,561
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	176,204	5,700	6,600	2,906

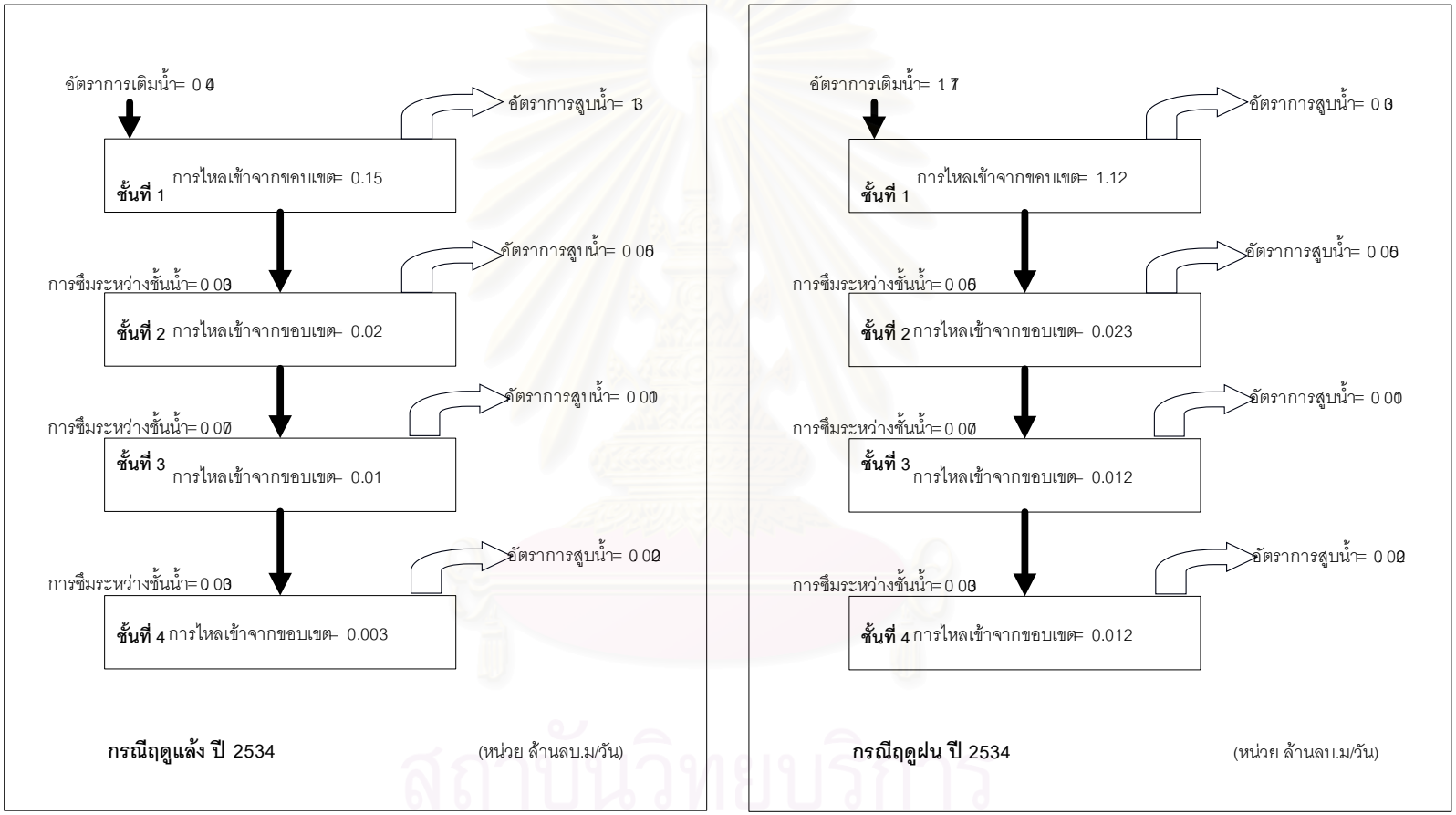
ตารางที่ 6-11 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีปีน้ำมาก ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2545 (หน่วยลบ.ม./วัน)

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ปริมาณการสูบน้ำ	337,830	20,040	9,427	8,264
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านเหนือ	82,057	10,503	44	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันตก	22,762	14,411	15,235	6,616
ปริมาณน้ำไหลเข้าจากด้านตะวันออก	10,352	6,964	5,853	229
ปริมาณน้ำไหลออกจากด้านใต้	47,382	10,766	9,803	4,262
การเติมจากผิวดิน/ชั้นน้ำชั้นบน	876,921	6,800	6,650	2,902

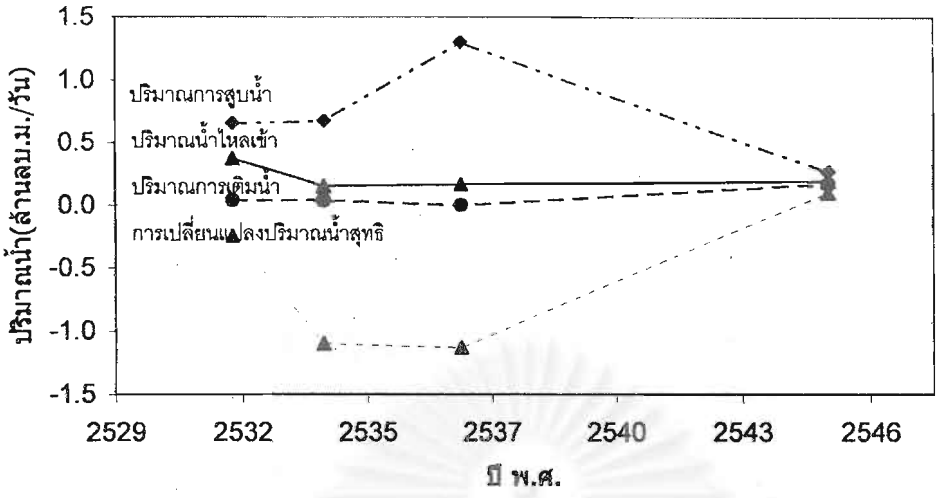
ตารางที่ 6-12 สมดุลของระบบน้ำใต้ดินในกรณีตัวอย่างสำหรับสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ

กรณีสถานการณ์น้ำ		อัตราการสูบน้ำ	อัตราการเติมน้ำ	การไหลที่ขอบเขต		การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำสุทธิ
		(ลบ.ม/วัน)	(ลบ.ม/วัน)	ไหลเข้า	ไหลออก	
น้ำมาก	**ฤดูแล้ง**	268,144	176,204	231,592	33,000	106,652
	ฤดูฝน	337,830	876,921	115,172	47,382	606,881
น้ำปกติ	**ฤดูแล้ง**	656,979	39,612	375,635	4,554	-246,287
	ฤดูฝน	30,994	725,645	1,177,342	58,785	1,813,209
น้ำน้อย	**ฤดูแล้ง**	1,297,030	43,709	264,455	110,045	-1,098,910
	ฤดูฝน	30,994	1,177,765	1,177,342	58,785	2,265,328
น้ำน้อยมาก	**ฤดูแล้ง**	1,299,607	3,415	280,789	114,742	-1,130,145
	ฤดูฝน	35,712	573,687	1,817,432	96,325	2,259,082

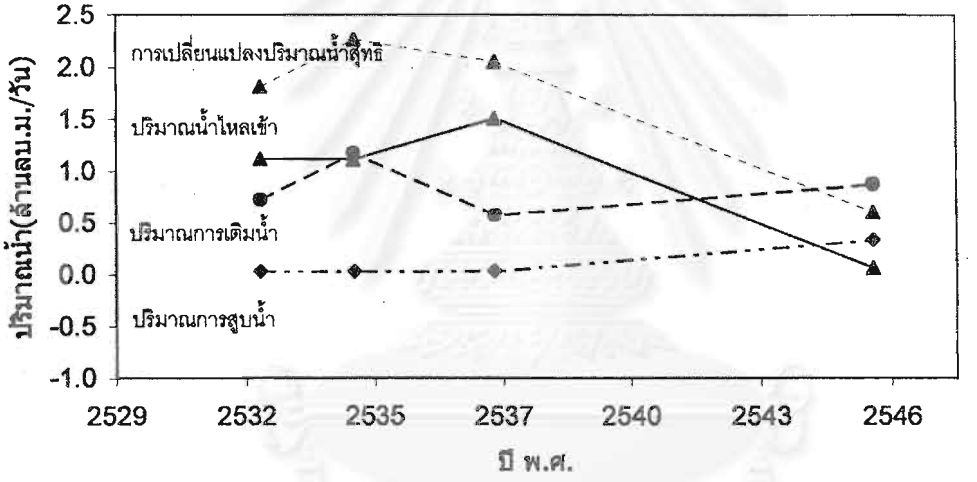
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-8 แผนภาพสมดุลน้ำของระบบแหล่งน้ำใต้ดินในปี พ.ศ. 2534



รูปที่ 6-9 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีฤดูแล้งปีพ.ศ.2532-2545



รูปที่ 6-10 สมดุลน้ำของระบบน้ำใต้ดินในกรณีฤดูฝนปีพ.ศ.2532-2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับน้ำใต้ดินกับอัตราการสูบน้ำ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการคำนวณของระดับน้ำจากแบบจำลอง กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่เป็นผลการคำนวณค่าระดับน้ำชั้นที่1 กับ ผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำ กับอัตราการเติมน้ำในช่วงแล้งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2545 โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ออกเป็น กลุ่มพื้นที่ชลประทาน (block) โดยการนำผลการคำนวณระดับน้ำชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นน้ำที่มีการใช้น้ำมากที่สุด ค่าอัตราการเติมน้ำในกลุ่มพื้นที่ชลประทาน(Recharge) ได้จากผลคูณของปริมาณฝนที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาพิจารณา(r)กับอัตราการซึมเฉลี่ย(i)(รายละเอียดในหัวข้อที่ 5.4.8) จะได้ว่า

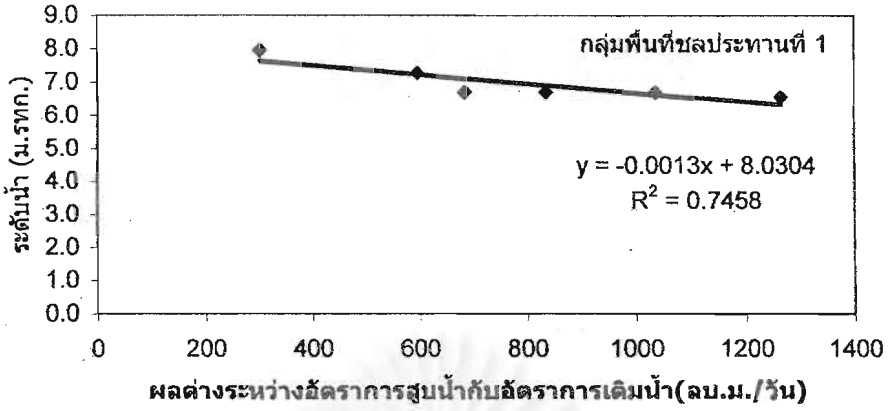
$$\mathrm{Re}\,ch\arg e = r \times (0.24i + 3.2) \times A \qquad (6\text{-}1)$$

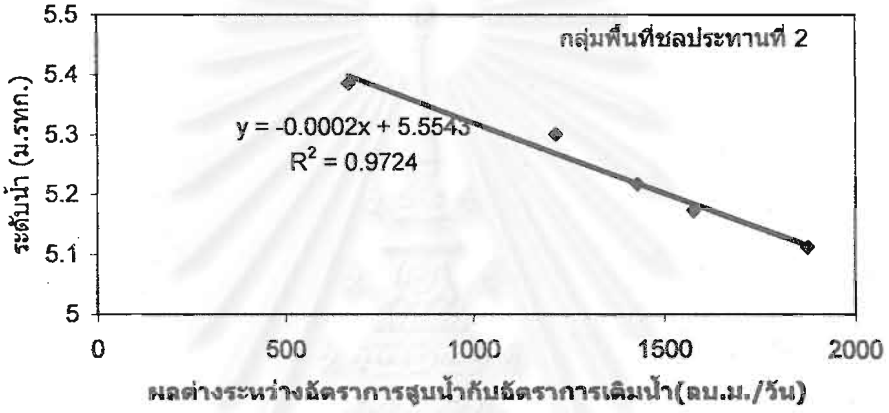
i = สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในหน่วยเมตรต่อวัน(จากแผนที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

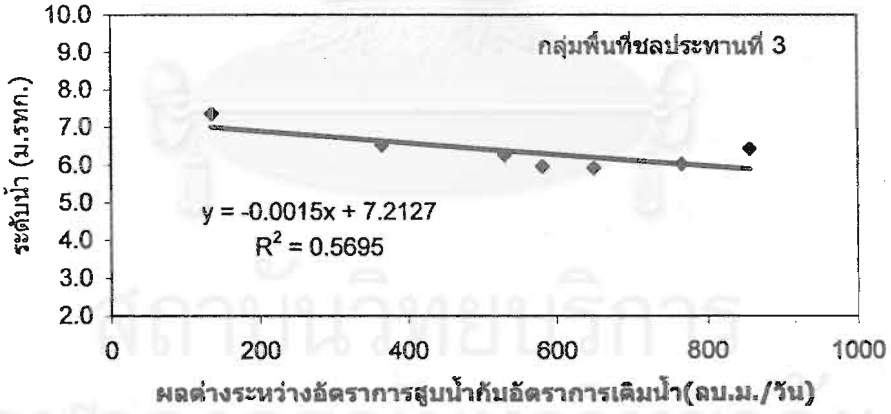
A = ขนาดของกลุ่มพื้นที่ชลประทาน (ตรม.)

กลุ่มพื้นที่ชลประทาน	พื้นที่ (ตร.กม.)
B01	90.74
B02	103.00
B03	31.47
B04	96.57
B05	63.22
B06	74.31
B07	45.10
B08	100.15
B09	85.25
B10	55.43
B11	97.95
รวม	843.20

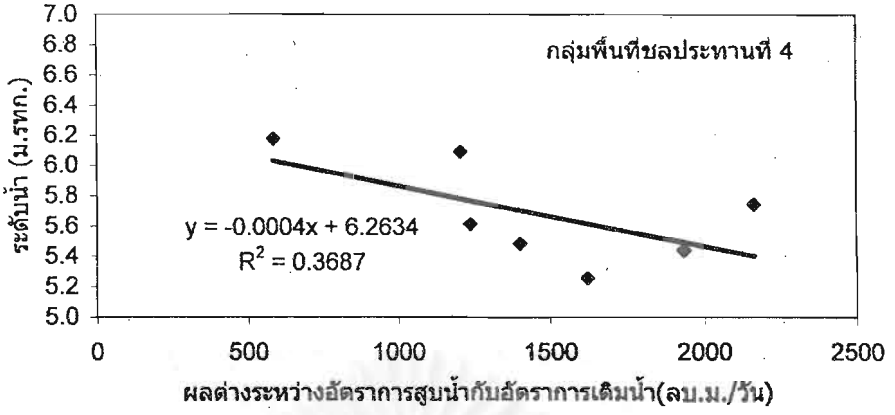
โดยสร้างเส้นแนวโน้มแทนความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 6- 11

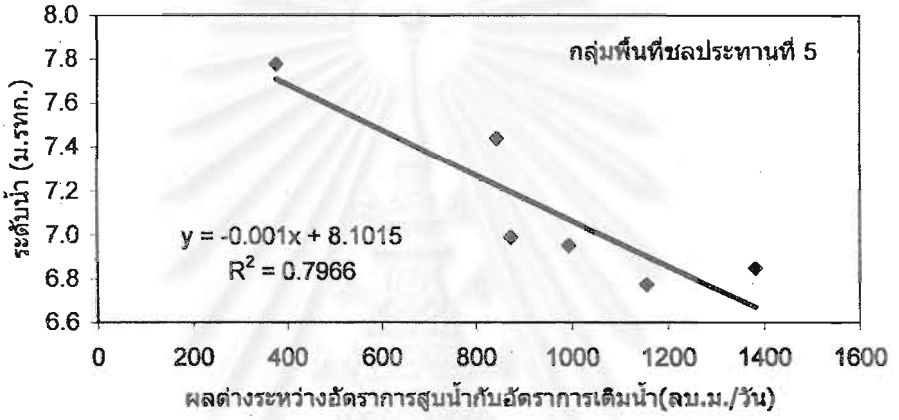


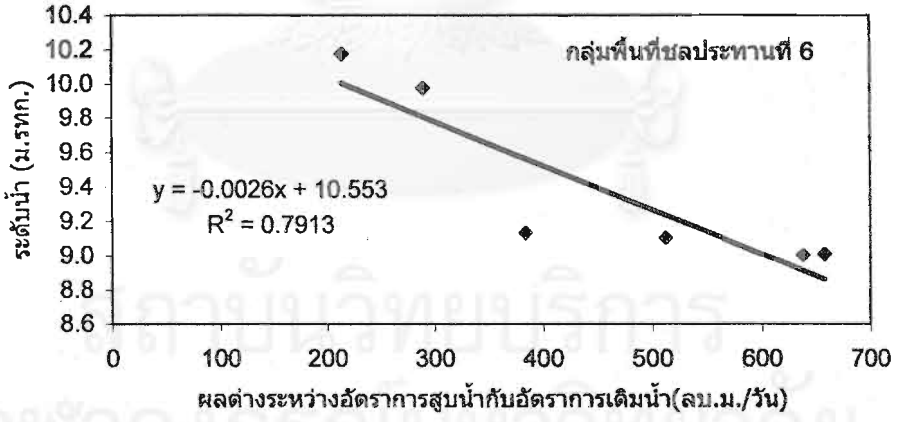




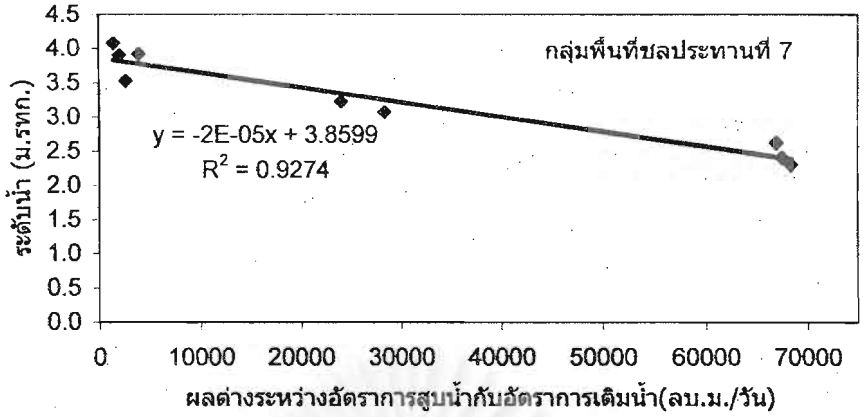
รูปที่ 6-11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำกับอัตราการเติมน้ำ

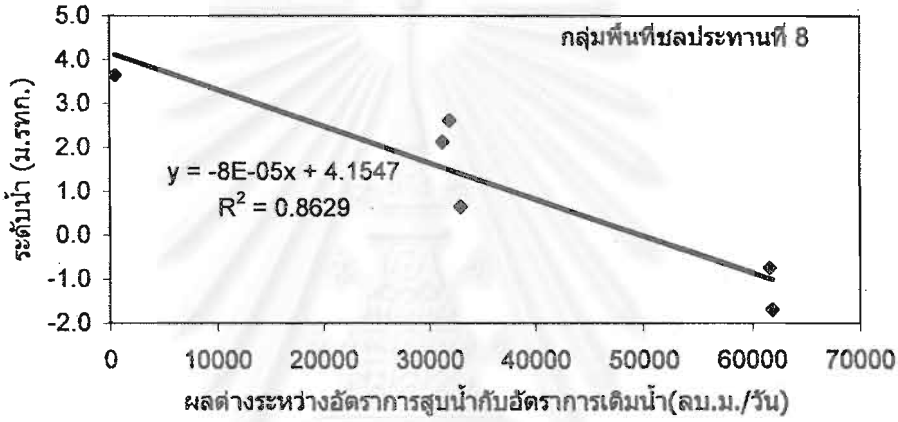


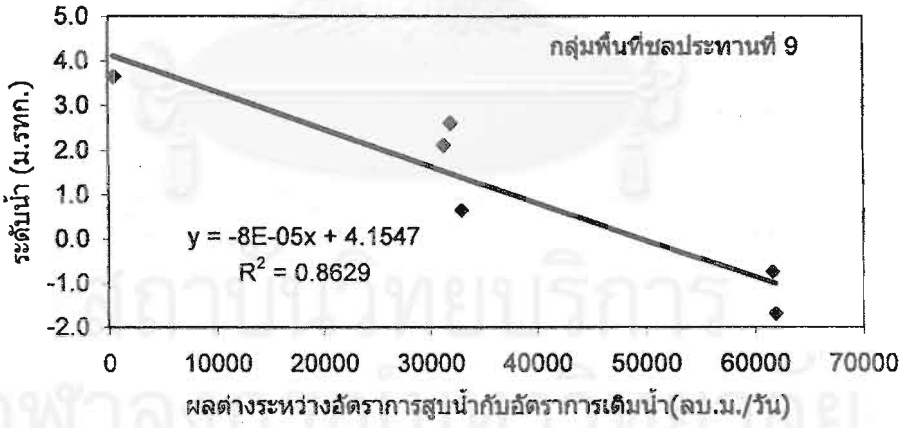




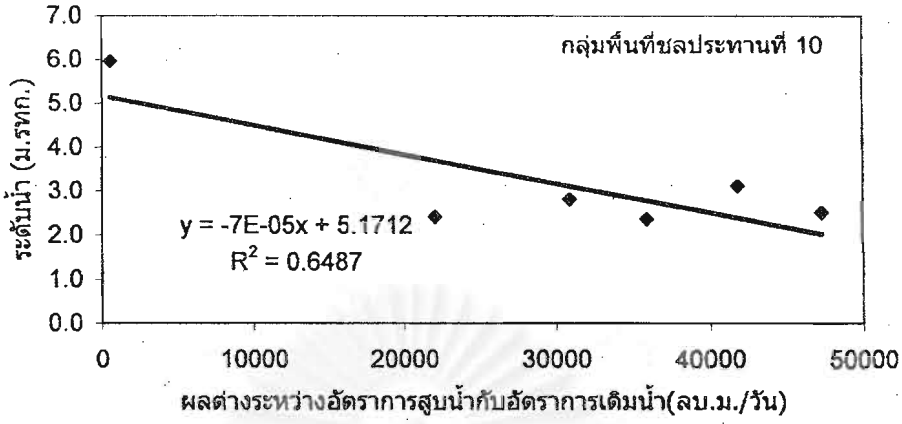
รูปที่ 6-11(ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำกับอัตราการเติมน้ำ

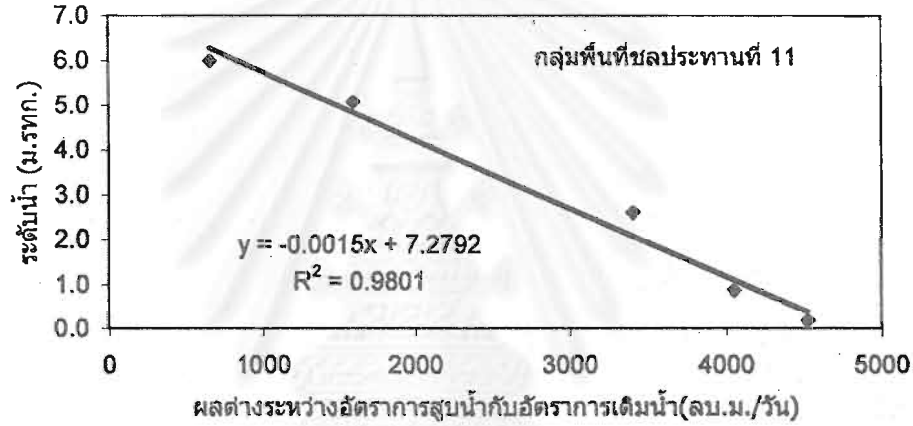






รูปที่ 6-11(ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำกับอัตราการเติมน้ำ





รูปที่ 6-11(ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับผลต่างระหว่างอัตราการสูบน้ำกับอัตราการ เติมน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

7.1.1 การออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลเพื่อการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลและการจำลอง น้ำใต้ดิน โดยเลือกใช้โปรแกรม Microsoft SQL server 2000 เป็นระบบฐานข้อมูล โดยออกแบบฐานข้อมูล (GWDATA) โดยจะเก็บข้อมูลด้านแหล่งน้ำใต้ดินอาทิเช่น รายละเอียดข้อมูลน้ำบาดาล ข้อมูลตรวจวัดระดับ เป็นต้น และ ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Foxpro V6.0 เป็นโปรแกรมประยุกต์ในการพัฒนาระบบ โดยสร้างโปรแกรม GWMMI_CU เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลเพื่อการจำลองน้ำใต้ดิน ซึ่งจะมีโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรม คือ GWMD และ GWUSE โปรแกรม GWMD ถูกพัฒนาขึ้นโดยแยกหน้าที่ออกเป็น 4 ส่วน คือ ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นส่วนที่กำหนดสิทธิระดับของผู้งาน รายการข้อมูล เป็นส่วนในการนำเอาข้อมูลจากฐานข้อมูล มาผ่านกระบวนการสอบถาม แสดงในส่วนของรายงาน สามารถเพิ่มข้อมูลและส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบ ตารางข้อมูลหลัก เป็นส่วนของ ข้อมูลพื้นฐานของบ่อน้ำใต้ดิน ซึ่งจะประกอบในการเพิ่มข้อมูลเข้าฐานข้อมูลเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน อย่างเช่น รายชื่อจังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน เป็นต้น ส่วนสุดท้ายของโปรแกรม GWMD คือ อรรถประโยชน์ เป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบต่าง ๆ ของหน้าจอ เมนู รวมถึงการสำรองฐานข้อมูล และเรียกคืนฐานข้อมูล สำหรับในส่วนของโปรแกรม GWUSE นั้น พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ใน การประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน และจัดรูปแบบของข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อใช้นำเข้าโปรแกรม GMS/MODFLOW ในส่วนของการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน จะกำหนดการใช้น้ำทุกประเภท ที่มีทั้งหมด และสามารถแก้ไขตัวแฟคเตอร์ที่ใช้ในการปรับอัตราการใช้น้ำใต้ดิน ซึ่งข้อมูลดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ ทำให้มีความยืดหยุ่นในการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดินได้

ทั้งนี้ หลังจากทำการทดลองและนำไปใช้จริง พบว่า ข้อมูลมีรูปแบบและมาตรฐานเดียวกัน สามารถเลือกข้อมูลตามที่ต้องการได้ง่ายและรวดเร็ว ลดความซ้ำซ้อนในข้อมูล เนื่องจากเดิมรูปแบบของข้อมูลขึ้นอยู่กับแหล่งที่นำข้อมูลมา และไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือกข้อมูลที่ต้องการได้ทั้งหมด

สำหรับในเรื่องการประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน และจัดรูปแบบโปรแกรม GMS/MODFLOW โปรแกรมทำให้ลดเวลาและความยุ่งยาก จัดรูปแบบของข้อมูล และสามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรได้ง่าย รวมทั้งสามารถนำผลการคำนวณระดับน้ำของโปรแกรม

GMS/MODFLOW และสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ประเมินอัตราการใช้น้ำใต้ดิน มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลได้ เนื่องจากการทำงานเดิมจะใช้ระยะเวลานานในการจัดรูปแบบ และเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในการแก้ไข ปรับปรุงข้อมูล เนื่องจากมีการแก้ไขข้อมูลบ่อย ๆ ครั้ง

7.1.2 การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินสำหรับพื้นที่ศึกษา

การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในการศึกษาในครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองโดยใช้โปรแกรม GMS/MODFLOW ในพื้นที่โครงการฯ ชัณสูตร โดยการออกแบบระบบกริด และกำหนดเงื่อนไขขอบเขต รวมทั้งได้ทำการปรับเทียบในกรณีการไหลแบบคงตัว โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2542 ทำการปรับเทียบ และทำการปรับเทียบในกรณีไม่คงตัว โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2543-2545 สำหรับการสอบทานข้อมูลได้ใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2532 – 2545 ซึ่งผลจากการจำลองสามารถสรุปได้ว่า สัมประสิทธิ์การซึมน้ำผ่านได้ของน้ำที่เหมาะสมของชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง 5.0 – 1.0 x 10^{3} และ 1.0 x10^{-1} – 5.0 x 10^{2} สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ ของชั้นน้ำชั้นที่ 1 เท่ากับ 0.25 สัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นน้ำชั้นที่ 1 เท่ากับ 1.0 x 10^{-3} ชั้นน้ำชั้นที่ 2 เท่ากับ 1.0 x 10^{-3} ชั้นน้ำชั้นที่ 3 เท่ากับ 5.0 x 10^{-4} ชั้นน้ำชั้นที่ 4 เท่ากับ 1.0 x 10^{-3} สัมประสิทธิ์การซึมได้ในแนวดิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 x 10^{-5}

ความแตกต่างกับการศึกษาของปณต (2546) เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ลงรายละเอียดในพื้นที่ย่อย และได้แบ่งแยกเป็นกลุ่มพื้นที่ชลประทาน จึงออกแบบกริดให้มีขนาดเล็กลงจากเดิม 2x2 กม. เป็น 1x1 กม. เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำใต้ดิน และอัตราการสูบน้ำใต้ดิน โดยแยกตามกลุ่มพื้นที่ชลประทาน และได้หาข้อมูลเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2545

7.1.3 การวิเคราะห์สมดุลน้ำ

จากการวิเคราะห์สมดุลน้ำ พบว่าระบบมีพฤติกรรมการไหลของน้ำใต้ดิน ซึ่งจะไหลเข้าสู่ส่วนกลาง จากทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก และไหลลงสู่ทิศใต้ สำหรับพฤติกรรมการใช้น้ำจะมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้มากในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูฝนจะมีฝนตกในพื้นที่ปริมาณมาก

ระบบสมดุลน้ำ ทำให้สามารถรู้ปริมาณน้ำไหลเข้าออก การสูบน้ำและปริมาณเปลี่ยนแปลงสุทธิ เช่นในปี พ.ศ. 2542 ในชั้นน้ำชั้นที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงจากปริมาณการสูบน้ำเท่ากับ 788,675 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีการเติมน้ำเท่ากับ 345,494 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำสุทธิเท่ากับ 231,808 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินในระบบ ลดลงในช่วงแล้ง และระบบสามารถปรับตัวด้วยปริมาณน้ำที่เติมกลับเข้ามาในฤดูฝน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการสูบและปริมาณฝนที่ตกในแต่ละปี

7.1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระดับน้ำกับอัตราการสูบน้ำใต้ดิน

การศึกษาในครั้งนี้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปัจจัยหลัก 2 ประการคืออัตราการสูบน้ำใต้ดิน กับอัตราการเติมน้ำจากผิวดิน ของแต่ละพื้นที่กลุ่มชลประทานเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการคาดการณ์ในอนาคต และการวางแผนการสูบน้ำในสนาม โดยความสัมพันธ์ที่ได้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง

7.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการเก็บระดับน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตการณ์ให้มีความต่อเนื่องและเป็นระบบ เพื่อให้ทราบถึงสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่จะศึกษา

2. ในการศึกษานี้เป็นการเชื่อมโยงระบบฐานข้อมูลกับโปรแกรม GMS/MODFLOW ซึ่งควรมีการพัฒนาเป็นระบบฐานข้อมูลเชื่อมโยงกับโปรแกรม MODFLOW โดยตรง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้อโปรแกรม GMS ซึ่งมีราคาสูง

3. เนื่องจากระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมีที่สามารถพัฒนาไปใช้กับระบบตัดสินใจ ดังนั้นจึงควรนำไปเชื่อมโยงกับระบบตัดสินใจ เพื่อความสะดวกในการประมวลผลและนำข้อมูลที่ประมูลผลแล้วไปใช้ในการจัดการ

4. ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น ได้จัดโครงสร้างและความสัมพันธ์ให้สามารถปรับไปใช้ในพื้นที่ศึกษาได้ และควรพัฒนาฐานข้อมูลดังกล่าวให้ขยายขอบเขตในพื้นที่อื่นของประเทศต่อไป เพื่อใช้ประกอบการจัดสรรทรัพยากรน้ำบาดาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมโยธาธิการ .(2538).โครงการศึกษาความเหมาะสมโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูน้ำใต้ดิน จ .กำแพงเพชร รายงานฉบับสมบูรณ์.(ม.ป.ท.).

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล,จำลอง ครูอุตสาหะ.(2544).คัมภีร์ระบบฐานข้อมูล.(ม.ป.ท.).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .(2543).โครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ภาคเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง, เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

เจริญ เพียรเจริญ , 2540 , น้ำบาดาล-บ่อบาดาล, กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น.(2543).การศึกษา Hydrogeological Model เพื่อการคาดคะเนการกระจายดินเค็มและน้ำเค็มในระยะยาว โครงการ โขง ชี มูล,รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5.(ม.ป.ท.).

วัชระ รัตนโชติ.(2542).การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริการการขนส่งน้ำมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วินัย เชาวน์วิวัฒน์ .(2542).การจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภารัตน์ สฤษฎ์ชัยกุล.(2542).การต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนฑ์ จินดาสงวน.(2541).การจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทิศา กมโล.(2542).ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการดำเนินงานองค์การบริหารส่วนตำบล, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Brigham Young University – Engineering Computer Graphics Labrotory.(1995). GMS: Reference Manual, Utah, USA.

Fook – Hou Lee,Thiam – Soon Tan , Karunaratne G.P., Seng – Lip Lee.(1990). Geotechnical Data Management System . Journal of Computing in Civil Engineering , ASCE: 239-254.

Ming – Shu Tsou,Donald O. Whittlemore.(2001).User Interface for Ground – Water Modeling :Arcview Extension.Journal of Hydrogic Engineer , ASCE: 251-257

McDonald,M.G.,and A.W. Harbaugh.(1984). A Modular three Dimensional Finite Difference Groundater flow Model . Manual.U.S.Geological Survey.

Ohmar Thwin.(1995) . Application of GIS for groundwater planning and management : The Sukhothai groundwater development project ,Thailand.Master thesis No wm-95-15 . Asian Institule of Teachnology , Bangkok, Thailand.

Oloufa Amr A.,Papacostas C.S.,Reynaldo Espino.(1992). Construction Applications of Relational Data bases in Three- Dimensional GIS . Journal of Computing in Civil Engineering: 72-84.

Rudolph D.L.,Sudicky E.A.(1990). Simulation of Groundwater Flow in Complex Multiaquifer System : Performance of a Quasi Three – Dimensional Technique in the steady–state case.Canadian. Geotechnical Journal: 590 – 599

Todd,D.K.(1980). Groundwater Hydrology.(n.p.):Wiley&Sons.

Waltkins D.W.,Mckinney D.C., Maidment D.R. (1996).Use of Geographic Information System in Ground- water flow modeling . Journal of Water Resourcs Planning and Management, ASCE: 88-96.

Tirtha Raj Gautam.(1998). Intergrated Simulation – MCDM – GIS approach for groundwater management .No wm-97-2 Asian Institule of Technology, Bangkok, Thailand.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลในระบบฐานข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อตารางในฐานข้อมูล

ลำดับที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	Province	รายชื่อจังหวัด
2	Ampur	รายชื่ออำเภอ
3	Tumbol	รายชื่อตำบล
4	Muban	รายชื่อหมู่บ้าน
5	Census	ผลการสำรวจการสำมโนประชากรของ กชช. เป็นรายปี
6	CensusLine	ผลการสำรวจสำมโนประชากรเพิ่มเติมจาก Census
7	GridMap	การแบ่งตารางแผนที่ของโครงการ
8	GridLandUse	รายละเอียดการใช้ที่ดินตาม Grid
9	GridTopSoil	รายละเอียดความสามารถในการซึมของหน้าดินตาม Grid
10	GridSand	ข้อมูลของแหล่งทรายตามความลึกและตาม Grid
11	GridLitho	รายละเอียดของชั้นดินชั้นหินในระดับความลึกต่างๆ ตาม Grid
12	GridAquifer	รายละเอียดของชั้นน้ำในระดับความลึกต่างๆ ตาม Grid
13	Well	รายละเอียดของบ่อน้ำบาดาลของหน่วยงานต่างๆ
14	Screen	รายละเอียดการติดตั้งท่อกรองในระดับความลึกต่างๆ ของบ่อน้ำบาดาล
15	LithoLog	รายละเอียดของชั้นดินชั้นหินในระดับความลึกต่างๆ ของบ่อน้ำบาดาล
16	LabHead	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลตามบ่อและน้ำผิวดินตามสถานี
17	LabLine	รายละเอียดการวิเคราะห์คุณภาพน้ำราย parameter ตามรายการใน Labhead
18	PumptestHead	รายการทำการสูบทดสอบรายบ่อน้ำบาดาล
19	PumptestLine	รายละเอียดของระดับน้ำขณะทำการสูบทดสอบตามรายการใน Pumptesthead
20	PumptestResult	ผลการวิเคราะห์ค่า T,K,S จากการสูบทดสอบตามรายการใน Pumptesthead
21	GWLevel	ผลการวัดระดับน้ำตามบ่อน้ำบาดาลในเวลาต่างๆ
22	Elog	ผลการทดสอบทางธรณีฟิสิกส์ของบ่อน้ำบาดาล
23	SWLevel	ผลการวัดระดับน้ำรายสถานีในเวลาต่างๆ
24	RXHead	รายการตรวจวัดหน้าตัดของแม่น้ำตามสถานีในเวลาต่างๆ
25	RxLine	รายละเอียดการวัดหน้าตัดของแม่น้ำตามรายการใน RXHead

ลำดับที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
26	MetData	ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยารายสถานีในเวลาต่างๆ
27	WaterUsage	ข้อมูลการใช้น้ำในประเภทต่างๆ แบ่งตามแหล่งที่มาของน้ำ
28	WaterDemand	ข้อมูลความต้องการใช้น้ำที่ประเมินได้จากข้อมูลประกอบต่างๆ
29	WaterSurvey	ข้อมูลผลการสำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำส่วนหัว
30	Formation	ชื่อของชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยา
31	Aquifer	รายละเอียดของชั้นน้ำตามชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยา
32	Name	รายชื่อทั่วไป เช่น ชื่อเจ้าของบ่อน้ำบาดาล เจ้าของสถานีวัดระดับน้ำ ฯลฯ
33	Welltype	ประเภทของบ่อน้ำบาดาล เช่น บ่ออุปโภค/บริโภค บ่อเกษตร
34	WellStatus	สถานะของบ่อน้ำบาดาล เช่น ปิดบ่อ กลบบ่อ ยังใช้งานอยู่ ฯลฯ
35	PumpType	ประเภทของเครื่องสูบที่ใช้กับบ่อน้ำบาดาล เช่น สูบไฟฟ้า สูบมือโยก ฯลฯ
36	BWD	ลักษณะของน้ำบาดาล เช่น น้ำจืด น้ำกร่อย น้ำแห้ง มีกลิ่นสนิม ฯลฯ
37	WSMth	วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์
38	TemplateHead	วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแบบต่างๆ เช่น แบบเต็ม แบบย่อ
39	TemplateLine	รายการสารเคมีที่วิเคราะห์ใน TemplateHead ประเภทต่างๆ
40	ChemTrace	รายชื่อสารเคมี
41	PTType	วิธีการที่ใช้ในการทำการสูบทดสอบ
42	PTFlow	วิธีการวัดการไหลเวียนของน้ำในการสูบทดสอบ
43	PTAnalysis	วิธีการวิเคราะห์ผลจากการสูบทดสอบเพื่อให้ได้ค่า T,K,S
44	LithoType	รายชื่อประเภทของชั้นดินชั้นหิน
45	WlMonMth	รายชื่อวิธีการตรวจวัดระดับน้ำ เช่น Recorder
46	SWStation	รายละเอียดของสถานีตรวจวัดข้อมูลต่างๆ ของน้ำผิวดิน
47	WQStdHead	รายการมาตรฐานของคุณภาพน้ำต่างๆ
48	WQStdLine	รายละเอียดของมาตรฐานของคุณภาพน้ำตามรายการใน WQStdHead
49	CensusItem	รายการที่ทำการสำรวจสำมโนประชากร
50	SandType	รายชื่อประเภทของทรายในแหล่งทราย
51	Project	รายละเอียดของโครงการ โดยเฉพาะรายละเอียดการแบ่งตารางย่อย
52	SurveyArea	รายละเอียดของพื้นที่ที่ทำการสำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำ

ลำดับที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
53	GridSurvey	รายละเอียดตารามแผนที่ของพื้นที่สำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำ
54	WsurveyLine	รายการสำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำ
55	SyrveyItem	หัวข้อการสำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำเพิ่มเติม
56	agrhead	ประเภทของอัตราการใช้น้ำเพื่อการเกษตร
57	agrline	อัตราการใช้น้ำเพื่อการเกษตร
58	ampur	รายชื่ออำเภอ
59	block	ปะเภทของพื้นที่สำรวจ
60	consumehead	ประเภทของอัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค
61	consumeline	ข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค
62	factoragrh	ประเภทของแฟกเตอร์การใช้น้ำเพื่อการเกษตร
63	factoragrl	แฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่อการเกษตร
64	factorconsumeh	ประเภทของแฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค
65	factorconsumel	แฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค
66	factorfutindh	ประเภทของแฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมในอนาคต
67	factorfutindl	แฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมในอนาคต
68	factorindh	ประเภทของแฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม
69	factorindl	แฟคเตอร์การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม
70	factormonth	แฟคเตอร์รายเดือนของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค
71	factormonthh	ประเภทแฟคเตอร์รายเดือนของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค
72	factorvilkh	ประเภทของแฟคเตอร์ของประปาหมู่บ้าน
73	factorvilkl	แฟคเตอร์ของประปาหมู่บ้าน
74	factoryearh	ประเภทแฟคเตอร์รายปีของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค
75	grid	รายละเอียดการแบ่งกริด
76	hboundary	รายละเอียดของขอบเขตของพื้นที่
77	inactivecell	ตำแหน่งของกริดที่เป็นแบบ inactive
78	indfuthead	ประเภทข้อมูลการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมในอนาคต
79	indfutline	ข้อมูลการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมในอนาคต

ลำดับที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
80	indwater	ข้อมูลการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม
81	levelriver	ข้อมูลระดับน้ำในแม่น้ำ
82	muban	รายชื่อหมู่บ้าน
83	nrd	ผลการสำรวจการสำมโนประชากร ของ กชช. เป็นรายปี
84	precharge	ข้อมูลอัตราการซึมน้ำในแต่ละกลุ่มดิน
85	province	ข้อมูลรายชื่อจังหวัด
86	prvwater	ข้อมูลการใช้น้ำของประปาสัมปทาน
87	pwahead	ประเภทข้อมูลการใช้น้ำของประปาส่วนภูมิภาค
88	pwaline	ข้อมูลการใช้น้ำของประปาส่วนภูมิภาค
89	qb	อัตราการไหลของบริเวณขอบเขต
90	rain	ข้อมูลฝน
91	sand	ข้อมูลทราย
92	soil	ข้อมูลดิน
93	surveyarea	รายละเอียดชั่วโมงการสูบน้ำ อัตราการสูบน้ำ ตามพื้นที่สำรวจ
94	tumbol	ข้อมูลรายชื่อตำบล
95	vilwater	ข้อมูลการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดตารางข้อมูลในระบบฐานข้อมูล (Data Dictionary)

1. Province (**รายชื่อจังหวัด**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	TinyInt Iden	รหัสจังหวัด
2	Name	VC 50	ชื่อจังหวัด
3	Ename	VC 50 null	ชื่อจังหวัดเป็นภาษาอังกฤษ
4	DolaNo	CHAR 2	รหัสจังหวัดตามกรมการปกครอง
5	CensusNo	CHAR 2	รหัสจังหวัดตาม กชช.
6	UtmEast	INT null	พิกัดตะวันออก
7	UtmNorth	INT null	พิกัดเหนือ
8	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
9	Utm47East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 47
10	Utm47North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 47
11	Utm48East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 48
12	Utm48North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 48

Primary key constraint pkProvince (id)

Unique key constraint(s) uqName (name), uqDolaNo (dolano), uqCensusNo (censusno)

Foreign key(s) none

2. Ampur (**รายชื่ออำเภอ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	INT Iden	รหัสจังหวัด
2	ProvinceID	TinyInt	รหัสจังหวัดที่อำเภอนี้ขึ้นอยู่
3	Name	VC 50	ชื่ออำเภอ
4	Ename	VC 50 null	ชื่ออำเภอเป็นภาษาอังกฤษ
5	DolaNo	CHAR 2	รหัสอำเภอตามกรมการปกครอง
6	CensusNo	CHAR 2	รหัสอำเภอตาม กชช.
7	UtmEast	INT null	พิกัดตะวันออก
8	UtmNorth	INT null	พิกัดเหนือ
9	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
10	Utm47East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 47
11	Utm47North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 47
12	Utm48East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 48
13	Utm48North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 48

Primary key constraint pkAmpur (id)

Unique key constraint(s) uqName (name), uqDolaNo (dolano), uqCensusNo (censusno)

Foreign key(s) (provinceid) references (province.id)

3. Tumbol (**รายชื่อตำบล**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสตำบล
2	AmpurID	Int	รหัสอำเภอที่ตำบลนี้ขึ้นอยู่
3	Name	VC 50	ชื่อตำบล
4	Ename	VC 50 null	ชื่อตำบลเป็นภาษาอังกฤษ
5	DolaNo	CHAR 2	รหัสตำบลตามกรมการปกครอง
6	CensusNo	CHAR 2	รหัสตำบลตาม กชช.
7	HasMuban	TinyInt Default (1)	0 คือตำบลนี้เป็นเขตสุขาภิบาลไม่มีหมู่บ้าน 1 คือตำบลนี้มีหมู่บ้าน
8	UtmEast	INT null	พิกัดตะวันออก
9	UtmNorth	INT null	พิกัดเหนือ
10	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
11	Utm47East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 47
12	Utm47North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 47
13	Utm48East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 48
14	Utm48North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 48

Primary key constraint pkTumbol (id)
Unique key constraint(s) uqName (name), uqDolaNo (dolano), uqCensusNo (censusno)
Foreign key(s) (ampurid) references (ampur.id)

4. Muban (**รายชื่อหมู่บ้าน**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสหมู่บ้าน
2	TumbolID	Int	รหัสตำบลที่หมู่บ้านนี้ขึ้นอยู่
3	No	TinyInt	เลขที่หมู่บ้าน เช่น หมู่ 1 หมู่ 10
4	Name	VC 50	ชื่อหมู่บ้าน
5	Ename	VC 50 null	ชื่อหมู่บ้านเป็นภาษาอังกฤษ
6	AltName	Text null	ชื่อเรียกอื่นของหมู่บ้าน
7	DolaNo	CHAR 2	รหัสหมู่บ้านตามกรมการปกครอง
8	CensusNo	CHAR 2	รหัสหมู่บ้านตาม กชช.
9	UtmEast	INT null	พิกัดตะวันออก
10	UtmNorth	INT null	พิกัดเหนือ
11	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
12	Utm47East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 47
13	Utm47North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 47
14	Utm48East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 48
15	Utm48North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 48

Primary key constraint pkMuban (id)
Unique key constraint(s) uqName (name), uqNo (no), uqDolaNo (dolano), uqCensusNo (censusno)
Foreign key(s) (tumbolid) references (tumbol.id)

5. Census (**สำมโนประชากร รายหมู่บ้าน/ตำบล** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	ProvinceId	TinyInt	รหัสจังหวัด
3	AmpurID	Int null	รหัสอำเภอ
4	TumbolID	Int null	รหัสตำบล
5	MubanID	Int null	รหัสหมู่บ้าน
6	Year	SmallInt	ปีที่ทำการสำรวจ
7	Male	Int null	จำนวนประชากรเพศชาย
8	Female	Int null	จำนวนประชากรเพศหญิง
9	HouseHold	Int null	จำนวนครัวเรือน
10	PrvShWCnt	TinyInt null	จำนวนบ่อน้ำตื้นส่วนตัวทั้งหมด
11	PrvShWUse	TinyInt null	จำนวนบ่อน้ำตื้นส่วนตัวที่ใช้ได้
12	PubShWCnt	TinyInt null	จำนวนบ่อน้ำตื้นสาธารณะทั้งหมด
13	PubShWUse	TinyInt null	จำนวนบ่อน้ำตื้นสาธารณะที่ใช้ได้
14	PrvDpWCnt	TinyInt null	จำนวนบ่อบาดาลส่วนตัวทั้งหมด
15	PrvDpWUse	TinyInt null	จำนวนบ่อบาดาลส่วนตัวที่ใช้ได้
16	PubDpWCnt	TinyInt null	จำนวนบ่อบาดาลสาธารณะทั้งหมด
17	PubDpWUse	TinyInt null	จำนวนบ่อบาดาลสาธารณะที่ใช้ได้

Primary key constraint pkCensus (id)

Unique key constraint(s) uqName (name), uqDolaNo (dolano), uqCensusNo (censusno)

Foreign key(s) (provinceid) references (province.id), (ampurid) references (ampur.id), (tumbolid) references (tumbol.id), (mubanid) references (muban.id)

6. CensusLine (**ข้อมูลการสำรวจสำมโนประชากรเพิ่มเติม** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	CensusID	Int	รหัสการสำรวจสำมโนประชากรหลัก
3	CensusItemId	Int	รหัสรายการสำรวจ
4	ItemValue	Real	ผลของการสำรวจ

Primary key constraint pkCensusLine (id)

Unique key constraint(s) uqCensusLine (censusid,censusitemid)

Foreign key(s) (cencusid) references (census.id), (censusitemid) references (censusitem.id)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. GridMap (**ตารางแผนที่ในโครงการ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสตารางแผนที่
2	ProjectId	Int	รหัสโครงการ (ในกรณีที่จะมีโครงการอื่นในอนาคต)
3	No	Varchar 10	หมายเลขตาราง
4	ICoordinate	Int	พิกัดค่า I
5	JCoordinate	Int	พิกัดค่า J
6	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
7	HSize	Int	ขนาดความกว้างของตารางในหน่วย utm
8	Vsize	Int	ขนาดความสูงของตารางในหน่วย utm
9	ULEast	Int	พิกัดตะวันออกสำหรับมุมซ้ายบน
10	ULNorth	Int	พิกัดเหนือสำหรับมุมซ้ายบน
11	UL47East	Int	พิกัดตะวันออกสำหรับมุมซ้ายบนใน zone 47
12	UL47North	Int	พิกัดเหนือสำหรับมุมซ้ายบนใน zone 47
13	UL48East	Int	พิกัดตะวันออกสำหรับมุมซ้ายบนใน zone 48
14	UL48North	Int	พิกัดเหนือสำหรับมุมซ้ายบนใน zone 48

Primary key constraint pkGridMap (id)
Unique key constraint(s) uqGridMap (projectid,no)
Foreign key(s) (projectid) references (project.id)

8. GridLandUse (**รายละเอียดการใช้ที่ดินตาม** Grid – time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	GridMapID	Int	รหัสตาราง
3	Year	Int	ปีที่ทำการสำรวจ
4	Rice	Real	อัตราส่วนการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกข้าว
5	Crop	Real	อัตราส่วนการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชอื่นๆ
6	LiveStock	Real	อัตราส่วนการใช้ที่ดินในการเลี้ยงสัตว์
7	Industry	Real	อัตราส่วนการใช้ที่ดินในการอุตสาหกรรม
8	Forrest	Real	อัตราส่วนพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ไม่ได้ใช้ประโยชน์
9	Water	Real	อัตราส่วนพื้นที่ที่เป็นทางน้ำ
10	Other	Real	อัตราส่วนการใช้ที่ดินในการอื่น เช่น เพื่อการอยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถานที่ราชการ

Primary key constraint pkGridLandUse (id)
Unique key constraint(s) uqGridLandUse (gridid,year)
Foreign key(s) (gridmapid) references (gridmap.id)

9. GridTopSoil (**ความสามารถในการซึมของหน้าดินตาม** Grid)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	GridMapID	Int	รหัสตาราง
3	Permeability	Real	ความสามารถในการซึม

Primary key constraint pkGridTopSoil (id)
Unique key constraint(s) uqGridTopSoil (gripmapid)
Foreign key(s) (gridmapid) references (gridmap.id)

10. GridSand (**ข้อมูลของแหล่งทรายตาม Grid และ ความลึก**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	GridMapID	Int	รหัสตาราง
3	SandTypeID	Int	รหัสประเภทของทราย
4	DepthFrom	Real	ระดับความลึกจาก
5	DepthTo	Real	ระดับความลึกถึง

Primary key constraint pkGridSand (id)

Unique key constraint(s) uqGridSand (gripmapid,depthfrom,depthto)

Foreign key(s) (gridmapid) references (gridmap.id), (sandtypeid) references (sandtype.id)

11. GridLitho (**รายละเอียดการบรรยายชั้นดินชั้นหิน ตาม Grid และความลึก**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	GridMapID	Int	รหัสตาราง
3	DepthFrom	Real	ระดับความลึกจาก
4	DepthTo	Real	ระดับความลึกถึง
5	LithoType1ID	Int	รหัสของประเภทชั้นดินชั้นหินตัวที่ 1
6	LithoType2ID	Int null	รหัสของประเภทชั้นดินชั้นหินตัวที่ 2 (option)
7	LithoDesc	Text	คำบรรยายชั้นดินชั้นหิน

Primary key constraint pkGridLitho (id)

Unique key constraint(s) uqGridLitho (gripmapid,depthfrom,depthto)

Foreign key(s) (gridmapid) references (gridmap.id), (lithotype1id) references (lithotype.id), (lithotype2id) references (lithotype.id)

12. GridAquifer (**รายละเอียดการบรรยายชั้นน้ำตาม Grid และ ความลึก**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	GridMapID	Int	รหัสตาราง
3	DepthFrom	Real	ระดับความลึกจาก
4	DepthTo	Real	ระดับความลึกถึง
5	AquiferID	Int	รหัสของชั้นน้ำและชั้นหิน

Primary key constraint pkGridAquifer (id)

Unique key constraint(s) uqGridLitho (gripmapid,depthfrom,depthto)

Foreign key(s) (gridmapid) references (gridmap.id), (aquiferid) references (aquifer.id)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13. Well (**ทะเบียนบ่อน้ำบาดาล**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสบ่อน้ำบาดาล
2	No	VC 15	หมายเลขบ่อน้ำบาดาล
3	OwnerId	Int	รหัสเจ้าของบ่อน้ำบาดาล
4	WellTypeID	Int	รหัสประเภทของบ่อน้ำบาดาล
5	WellStatusID	Int	รหัสแสดงสถานภาพของบ่อ เช่น ใช้การได้ ปิดบ่อ
6	ProvinceID	Int	รหัสจังหวัดที่บ่อน้ำบาดาลนี้ตั้งอยู่
7	AmpurID	Int	รหัสอำเภอ
8	TumbolID	Int	รหัสตำบล
9	MubanID	Int null	รหัสหมู่บ้าน
10	Location	VC 50 null	ที่ตั้งของบ่อฯ เช่น ชื่อโรงเรียน,ชื่อวัด,บ้านคน ฯลฯ
11	Direction	Text null	ทิศทางแสดงที่ตั้งของบ่อ
12	UtmEast	INT null	พิกัดตะวันออก
13	UtmNorth	INT null	พิกัดเหนือ
14	UtmZone	CHAR 3 null	หมายเลขตารางพิกัด เช่น 47P,47Q,48P และ 48Q
15	Utm47East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 47
16	Utm47North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 47
17	Utm48East	INT null	พิกัดตะวันออกในตารางพิกัด 48
18	Utm48North	INT null	พิกัดเหนือในตารางพิกัด 48
19	MSLElevation	Real null	ระดับความสูงของบ่อจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
20	DateStart	Datetime null	วันที่เริ่มเจาะ
21	DateComplete	Datetime null	วันที่เจาะเสร็จ
22	DepthDrill	Real null	ความลึกเจาะ
23	DepthDevelop	Real null	ความลึกพัฒนา
24	Diameter	Real null	ความกว้างของปากบ่อ (ม.ม.)
25	WLStatic	Real null	ระดับน้ำ ณ เวลาที่เจาะเสร็จ
26	Drawdown	Real null	ระยะน้ำลด
27	Yield	Real null	ปริมาณน้ำ ลบ.ม./ช.ม.
28	BWDId	Int null	สภาพน้ำ ณ เวลาที่เจาะเสร็จ เช่น น้ำจืด,น้ำกร่อย
29	PumpTypeID	INT null	รหัสประเภทของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้ง
30	PumpCapacity	Real null	ขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำ
31	DepthPumpSet	Real null	ความยาวของท่อดูดน้ำ
32	ActualYield	Real null	ความสามารถในการให้น้ำ ลบ.ม./ช.ม.
33	PumpingRate	Real null	ปริมาณน้ำที่สูบใช้งาน ลบ.ม./วัน
34	ElvDatum	Real null	ความสูงของปากบ่อ

Primary key constraint	pkWell (id)
Unique key constraint(s)	uqWellNo (ownerid,no)
Foreign key(s)	(provinceid) references (province.id), (ampurid) references (ampur.id), (tumbolid) references (tumbol.id), (mubanid) references (muban.id), (welltypeid) references (welltype.id),(wellstatusid) references (wellstatus.id), (ownerid) references (name.id), (bwdid) references (bwd.id), (pumptypeid) references (pumptype.id)

14. Screen (**รายละเอียดการติดตั้งท่อกรอง**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int	รหัสบ่อน้ำบาดาล
3	DepthFrom	Real	ระดับความลึกจาก
4	DepthTo	Real	ระดับความลึกถึง
5	FittingType	Char 1	ประเภทของชั้น เช่น Perforate,Screen,Casing
6	Material	VC 10	ประเภทของวัสดุ เช่น PVC, Steel, S#40
7	Diameter	Real null	ความกว้างของชั้น

Primary key constraint pkScreen (id)
Unique key constraint(s) uqScreen (wellid,depthfrom,depthto)
Foreign key(s) (wellid) references (well.id)

15. LithoLog (**รายละเอียดการบรรยายชั้นดินชั้นหินของบ่อน้ำบาดาล**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int	รหัสบ่อน้ำบาดาล
3	DepthFrom	Real	ระดับความลึกจาก
4	DepthTo	Real	ระดับความลึกถึง
5	LithoType1ID	Int	รหัสของประเภทชั้นดินชั้นหินตัวที่ 1
6	LithoType2ID	Int null	รหัสของประเภทชั้นดินชั้นหินตัวที่ 2 (option)
7	LithoDesc	Text	คำบรรยายชั้นดินชั้นหิน

Primary key constraint pkLithoLog (id)
Unique key constraint(s) uqScreen (wellid,depthfrom,depthto)
Foreign key(s) (wellid) references (well.id), (lithotype1id) references (lithotype.id), (lithotype2id) references (lithotype.id)

16. LabHead (**รายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ของทั้งน้ำใต้ดินและ ผิวดิน** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int null	รหัสบ่อน้ำบาดาล
3	SWStationID	Int null	รหัสสถานีตรวจวัดระดับน้ำ
4	FormNo	VC 15 null	เลขที่ใบวิเคราะห์
5	DateLab	Datetime null	วันที่วิเคราะห์
6	DateSample	Datetime null	วันที่ที่เก็บตัวอย่าง
7	WSMthID	Int null	รหัสวิธีเก็บตัวอย่าง
8	ApprTaken	Text null	สภาพน้ำขณะเก็บตัวอย่าง
9	ApprTested	Text null	สภาพน้ำขณะทดสอบ
10	TemplateHeadID	Int	รหัสแบบฟอร์มผลวิเคราะห์

Primary key constraint pkLabhead (id)
Foreign key(s) (wellid) references (well.id), (swstationid) references (swstation.id), (wsmthid) references (wsmth.id), (templateheadid) references (templatehead.id)

17. LabLine (**รายละเอียดของผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	LabHeadID	Int	รหัสรายการของ labhead
3	ChemID	Int	รหัสสารที่วิเคราะห์
4	ChemValue	Real null	ผลของการวิเคราะห์

Primary key constraint pkLabline (id)

Unique key constraint(s) uqLabline (labheadid,chemid)

Foreign key(s) (labheadid) references (labhead.id), (chemid) references (chemtrace.id)

18. PumpTestHead (**รายงานการสูบทดสอบของบ่อน้ำบาดาล** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int	รหัสบ่อน้ำบาดาล
3	FormNo	VC 15 null	เลขที่ใบสูบทดสอบ
4	DateStart	Datetime null	วันที่เริ่มทำการทดสอบ
5	DateComplete	Datetime null	วันที่ทำการทดสอบเสร็จ
6	PTTypeID	Int null	รหัสวิธีการสูบทดสอบ เช่น single pumping rate
7	PTFlowID	Int null	รหัสวิธีวัดการไหลของน้ำ ???
8	WellDepth	Real	ความลึกของบ่อ
9	ElvDatum	Real	ความสูงของปากบ่อ
10	WlBelowDatum	Real	ระดับน้ำก่อนสูบทดสอบ
11	WellType	Tiny int	1=บ่อสูบI,2=บ่อสังเกตุการณ์
12	Dist2Pumping	Real null	ระยะห่างจากบ่อสูบ
13	PumpingWellId	Int null	รหัสบ่อสูบ

Primary key constraint pkPumptestHead (id)

Foreign key(s) (wellid) references (well.id), (pttypeid) references (pttype.id),
(ptflowid) references (ptflow.id), (pumpingwellid) references (well.id)

19. PumpTestLine (**รายละเอียดของการสูบทดสอบ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	Pumptestheadid	Int	รหัสรายการสูบทดสอบ
3	DataType	Tinyint	ประเภทของรายการ 1=pumping,2=recovery
4	TimeSince	SmallInt	เวลาตั้งแต่เริ่มสูบ/หยุดสูบ (นาที)
5	WlBelowDatum	Real	ระดับน้ำที่วัดได้
6	FlowRate	Real	อัตราการสูบ (ลบ./ชม.)

Primary key constraint pkPumpTestLine (id)

Unique key constraint(s) uqPumpTestLine (pumptestheadid,datatype,timesince)

Foreign key(s) (pumptestheadid) references (pumptesthead.id)

20. PumpTestResult (**ผลของการสูบทดสอบ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	Pumptestheadid	Int	รหัสรายการสูบทดสอบ
3	ResultBy	VC 30	ผู้ทำการคำนวณ
4	DateResult	Datetime	วันที่ทำการคำนวณ
5	PTAnalysisID	Int	รหัสวิธีการคำนวณ
6	Tvalue	Real	ค่า T
7	Kvalue	Real	ค่า K
8	Svalue	Real	ค่า S

Primary key constraint pkPumpTestResult (id)

Foreign key(s) (pumptestheadid) references (pumptesthead.id), (ptanalysisid) references (ptanalysis.id)

21. GWLevel (**ผลการวัดระดับน้ำของบ่อน้ำบาดาล** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int	รหัสบ่อ
3	DateMonitor	Datetime	วันที่และเวลาที่ทำการวัดระดับ
3	WlStatic	Real	ระดับน้ำที่วัดได้
4	WlMonMthID	Int null	รหัสวิธีการวัดระดับน้ำ
5	CanUse	Tinyint	ความถูกต้องของข้อมูล 1=ใช้ได้,2=ใช้ไม่ได้

Primary key constraint pkGWLevel (id)

Unique key constraint(s) uqGWLevel (wellid,datemonitor)

Foreign key(s) (wellid) references (well.id), (wlmonmthid) references (wlmonmth)

22. Elog (**รายละเอียดการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของหลุมเจาะ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	WellID	Int	รหัสบ่อ
3	TraceID	Int	รหัสรายการที่ทดสอบ เช่น sp, r
4	Depth	Real	ที่ระดับความลึก
5	TraceValue	Real	ค่าที่วัดได้

Primary key constraint pkELog (id)

Unique key constraint(s) uqELog (wellid,traceid,depth)

Foreign key(s) (wellid) references (well.id), (traceid) references (chemtrace.id)

23. SWLevel (**ผลการวัดระดับน้ำของแม่น้ำ** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	SWStationID	Int	รหัสของสถานีวัดระดับน้ำ
3	MonitorType	Tinyint	วิธีในการวัดระดับน้ำ 1=รายชั่วโมง, 2=รายเดือน
3	DateMonitor	Datetime	วันที่และเวลาที่ทำการวัดระดับ
3	WaterLevel	Real	ระดับน้ำที่วัดได้
5	CanUse	Tinyint	ความถูกต้องของข้อมูล 1=ใช้ได้,2=ใช้ไม่ได้

Primary key constraint pkSWLevel (id)

Unique key constraint(s) uqSWLevel (swstationid,datemonitor)

Foreign key(s) (swstationid) references (swstation.id)

24. RXHead (**รายงานการวัดหน้าตัดของแม่น้ำ** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	SWStationID	Int	รหัสของสถานีวัด
3	MonitorType	Tinyint	วิธีในการวัดระดับน้ำ 1=รายชั่วโมง, 2=รายเดือน,3=รายปี
3	DateMonitor	Datetime	วันที่และเวลาที่ทำการวัดระดับ
4	BottomLevel	Real	ระดับท้องน้ำ
5	BottomWidth	Real	ความกว้างของท้องน้ำ
6	SurfaceWidth	Real	ความกว้างของผิวน้ำ
7	Depth	Real	ความลึก
8	WaterLevel	Real	ระดับน้ำที่วัดได้ ณ เวลาที่วัดหน้าตัด
9	BedMaterial	VC 30	คุณสมบัติของวัสดุท้องน้ำ
10	LBE	Real	Left Bank Elevation ?? 6.323
11	RBE	Real	Right Bank Elevation ?? 3.318
12	RIV	Real	???-2.675
13	Zero	Real	???-0.500

Primary key constraint pkRXHead (id)

Foreign key(s) (swstationid) references (swstation.id)

25. RXLine (**รายละเอียดการวัดหน้าตัดของแม่น้ำ**)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	RXHeadID	Int	รหัสรายการวัดหน้าตัดของแม่น้ำ
3	Distance	Real	ระยะทาง
4	Depth	Real	ความลึก

Primary key constraint pkRXLine (id)

Unique key constraint(s) uqRXLine (rxheadid,distancer)

Foreign key(s) (rxheadid) references (rxhead.id)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

26. MetData (**ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา** – Time-series)

#	ชื่อสดมภ์	คุณสมบัติ	คำอธิบาย
1	Id*	Int Iden	รหัสรายการ
2	StationID	Int	รหัสสถานีทางอุตุนิยมวิทยา
3	FromYear	Smallint	ปีที่เริ่มวัดค่า
4	ToYear	Smallint	ปีที่สิ้นสุดการวัดค่า
5	MonthOF	Tinyint	เดือนที่ทำการวัดค่า
6	PresMean	Real	ความดัน หน่วยเป็น Hectopascal
7	PresXMax	Real	
8	PresXMin	Real	
9	PresDayRange	Real	
10	TempMean	Real	อุณหภูมิ หน่วยเป็น องศาเซลเซียส
11	TempMeanMax	Real	
12	TempMeanMin	Real	
13	TempXMax	Real	
14	TempXMin	Real	
15	HumidMean	Real	ความชื้นสัมพัธ %
16	HumidMeanMax	Real	
17	HumidMeanMin	Real	
18	HumidXMin	Real	
19	DewPointMean	Real	อุณหภูมิเฉลี่ยที่น้ำค้างเริ่มจับ องศาเซลเซียส
20	EvapMeanPan	Real	การระเหย มิลลิเมตร
21	CloudMeanPan	Real	ค่าเฉลี่ยของการมีเมฆมาก (cloudiness 0-10)
22	SunShineDuration	Real	ค่าเฉลี่ยของวันที่แดดออก ชั่วโมง
23	VisibilityMorning	Real	ระยะความสามารถในการมองเห็น กิโลเมตร ตอนเช้า
24	VisibilityMean	Real	ความสามารถในการมองเห็นเฉลี่ย
25	WindMean	Real	ความเร็วลมเฉลี่ย น็อต
26	WindMax	Real	ความเร็วลมสูงสุด
27	WindPrevail	Char 2	ทิศทางลม N,S,E,W,NE ฯลฯ
28	RainMean	Real	น้ำฝนเฉลี่ย มิลลิเมตร
29	RainyDayMean	Real	จำนวนวันเฉลี่ยที่มีผนตก
30	RainDayMax	Real	ปริมาณน้ำฝนที่ตกมากที่สุด มิลลิเมตร
31	HazeDay	Real	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่มีฟ้าหลัว
32	FogDay	Real	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่มีหมอกลง
33	HailDay	Real	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่มีลูกเห็บตก
34	StormDay	Real	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง
35	SquallDay	Real	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่มีพายุฝน

Primary key constraint pkMetData (id)

Foreign key(s) (swstationid) references (swstation.id)

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของฟอร์มในโปรแกรม GWMMI_CU

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดของฟอร์มในโปรแกรม GWMMI_CU ประกอบด้วย

โปรแกรม GWMD ประกอบด้วยฟอร์มต่างๆ ดังนี้

Logon เป็นฟอร์มแรกของระบบที่ปรากฏขึ้น โดยจะคอยรับการใส่ค่ารหัสผู้ใช้งาน และรหัสผ่านในการใช้งาน เมื่อรับค่าครบถ้วนแล้วโปรแกรมจะนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบกับตารางการเก็บรหัสผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน ถ้าตรงกันและถูกต้องจะอนุญาตให้ผู้ใช้รายนั้น

Main เป็นฟอร์มของเมนูหลัก หลังจากผ่านกระบวนการใส่ข้อมูลผู้ใช้

Users เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงและแก้ไขรายชื่อ และรายละเอียดของผู้ใช้ทั้งหมด สามารถเพิ่มสิทธิและลดสิทธิของผู้ใช้ได้

Usergroup เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงกลุ่มของผู้ใช้

Rights เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงรหัสสิทธิและคำอธิบายสิทธิของผู้ใช้ สามารถเพิ่ม ลบ หรือแก้ไข ข้อมูลได้

Currentlog เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงชื่อผู้ใช้ที่กำลังเข้าสู่ระบบ รวมทั้งแสดงเวลาการเข้าสู่ระบบและเวลาที่ติดต่อระบบครั้งล่าสุด

Findwell เป็นฟอร์มสำหรับการสอบถามเกี่ยวกับรายละเอียดข้อบ่อน้ำบาดาล

Ampur เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อ อำเภอ รหัสอำเภอ

Quifer เป็นฟอร์มแสดงชื่อย่อ และชื่อเต็มของชั้นน้ำ

AutoRound เป็นฟอร์มเพื่อกำหนดเวลาในการตรวจวัดระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์

Bwd เป็นฟอร์มแสดงลักษณะของบ่อน้ำบาดาล

Census เป็นฟอร์มแสดงและแก้ไขข้อมูลสำมะโนประชากร ประกอบด้วย จำนวนครัวเรือน จำนวนประชากร จำนวนบ่อน้ำตื้น และจำนวนบ่อบาดาล รายหมู่บ้าน

Chemtrace เป็นฟอร์มแสดงรายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

Exportdialog เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งออก

Fillwatersurvey เป็นฟอร์มแสดงรายละเอียดในการออกไปสำรวจภาคสนาม ซึ่งประกอบไปด้วย พื้นที่สำรวจ วันที่เริ่มสำรวจ วันที่สำรวจเสร็จ และจำนวนตัวอย่าง

Findhead เป็นฟอร์มแสดงและแก้ไข ข้อกำหนดในหน้าจอค้นหา

Finditem เป็นฟอร์มแสดงและแก้ไข หัวข้อในการค้นหา

Formation เป็นฟอร์มแสดงรายชื่อของข้อมูลชั้นหินอุ้มน้ำ

Getampur เป็นฟอร์มที่ใช้แก้ไขหรือบันทึก รายละเอียดของอำเภอ ประกอบด้วย ชื่ออำเภอ ชื่อภาษาอังกฤษ รหัส พิกัดทางภูมิศาสตร์

Getaquifer เป็นฟอร์มที่ใช้แก้ไขหรือบันทึก ข้อมูลชั้นหินอุ้มน้ำ

Getbwd เป็นฟอร์มที่ใช้แก้ไขหรือบันทึก ข้อมูลลักษณะของน้ำบาดาล

Getchemtrace เป็นฟอร์มที่ใช้แก้ไขหรือบันทึก รายละเอียดของสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

Getfindhead เป็นฟอร์มที่ใช้เพิ่ม ข้อกำหนดในหน้าจอค้นหา

Getfinditem เป็นฟอร์มที่ใช้เพิ่ม หัวข้อในการค้นหา

Getformation เป็นฟอร์มที่ใช้แก้ไข รายชื่อของข้อมูลชั้นหินอุ้มน้ำ

Getgridmap เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข การแบ่งขนาด Grid ของโครงการ

Getgwrunhead เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของชุดการตรวจวัดระดับน้ำ

Getgwrunline เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของบ่อสังเกตการณ์

Getgwrunround เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รอบในการตรวจวัดระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์

Getmemfile เป็นฟอร์มที่ใช้ในการตั้งค่าของระบบ

Getmuban เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของหมู่บ้าน

Getname เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของรายชื่อหน่วยงานที่เป็นเจ้าของบ่อ

Getolescriet เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของชุดคำสั่งสำหรับเรียกใช้ข้อมูลภายนอก

Getproject เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของโครงการ

Getprovince เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของจังหวัด

Getpumptype เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข ประเภทของเครื่องสูบน้ำ

Getscreen เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของบ่อน้ำบาดาลในส่วนของการเปิดช่องรับน้ำ

Getsurveyarea เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดพื้นที่การสำรวจภาคสนาม

Getsurveyitem เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข หัวข้อที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

Gettable เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของตำบล

Getudfform เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข หน้อจอแบบกำหนดเอง

Getudfmenu เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข การกำหนดผังเมนูรายงาน

Getudfrep เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รูปแบบรายงานแบบกำหนดเอง

Getusers เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของผู้ใช้

Getwatersurvey เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดการออกสำรวจพื้นที่

Getwell เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดของบ่อบาดาล

Getwellstatus เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข รายละเอียดในการเพิ่มลักษณะของน้ำในบ่อบาดาล

Getwelltype เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไข ประเภทของบ่อน้ำบาดาล

Gridmap เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดของ Grid ของโครงการ

Ggwlevel เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงระดับน้ำที่ตรวจวัดจากบ่อสังเกตการณ์

Gwrunhead เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อชุดในการตรวจวัดระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์

Gwrunline เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงหมายเลขบ่อของบ่อสังเกตการณ์

Gwrunround เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดรอบในการตรวจวัดระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์

Muban เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อหมู่บ้าน รหัสหมู่บ้าน

Name เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อของหน่วยงาน

Descript เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงชุดคำสั่งสำหรับเรียกใช้โปรแกรมภายนอก

Printdialog เป็นฟอร์มที่ใช้ในการพิมพ์รายงานต่างๆ เช่น รายงาน รายละเอียดของบ่อน้ำบาดาล

Project เป็นฟอร์มที่ใช้แสดรายละเอียดของพื้นที่โครงการ

Province เป็นฟอร์มที่ใช้แสดรายละเอียดรายชื่อจังหวัด รหัสจังหวัด

Pumetype เป็นฟอร์มที่ใช้แสดรายละเอียดของประเภทของเครื่องสูบน้ำ

Rigthuser เป็นฟอร์มที่ใช้แสดรายละเอียดของสิทธิในการใช้ระบบ

Setudform เป็นฟอร์มที่ใช้แสดรายละเอียดการกำหนดผังเมนูรายงาน

Sql Direct เป็นฟอร์มที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยผู้ใช้เป็นผู้กำหนดเอง

Surveyarea เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดพื้นที่สำรวจภาคสนาม

Surveyitem เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดหัวข้อที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

Surveyline เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ที่ไปสำรวจภาคสนาม

Udfform เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อและรหัสของหน้าจอที่กำหนดเอง

Udfrep เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายชื่อและรหัสของรายงานที่กำหนดเอง

Waterservey เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรายละเอียดการออกสำรวจพื้นที่ ประกอบไปด้วย พื้นที่สำรวจ วันที่เริ่มสำรวจ วันที่สำรวจเสร็จ และจำนวนตัวอย่าง

Wellstatus เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงสถานะของบ่อน้ำบาดาล

Welltype เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงประเภทของบ่อบาดาล

โปรแกรม GWUSE ประกอบด้วยฟอร์มต่าง ๆ ดังนี้

Basic เป็นฟอร์มที่ใช้กำหนดปี พ.ศ. ที่ต้องการจัดรูปแบบของระดับน้ำเริ่มต้น เพื่อนำเข้า Basic Package

Bcf เป็นฟอร์มที่ใช้กำหนดชั้นน้ำที่ต้องการจัดรูปแบบของพารามิเตอร์ เพื่อนำเข้า BCF Package

Browseqfut เป็นฟอร์มที่แสดงรายการคำนวณอัตราการใช้น้ำในอนาคต ประกอบด้วย ชื่อชุดข้อมูล ปีที่กำหนดในการคำนวณ

Browseqhist เป็นฟอร์มที่แสดงรายการคำนวณอัตราการใช้น้ำในอดีต ประกอบด้วย ชื่อชุดข้อมูล ปีที่กำหนดในการคำนวณ

Exportbasic เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของระดับน้ำ ในรูปแบบ Text File

ExportK เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของพารามิเตอร์ ในรูปแบบ Text File

Exportqfut เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของอัตรการใช้น้ำในอนาคต

Exportrain เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของข้อมูลฝน และข้อมูลชนิดของดิน

Exportrecharge เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของข้อมูลอัตราการเติมน้ำ

Exportriver เป็นฟอร์มที่ใช้ในการส่งออกข้อมูลของข้อมูลระดับน้ำในแม่น้ำ และสัมประสิทธิ์หน้าตัดแม่น้ำ

Getqfut เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดปี พ.ศ. และกำหนดแฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการใช้น้ำในอนาคต

Getqhist เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดปี พ.ศ. และกำหนดแฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการใช้น้ำในอดีต

Recharge เป็นฟอร์มที่ใช้กำหนดปี พ.ศ. ของข้อมูลฝนที่ต้องการจัดรูปแบบเพื่อนำเข้า Recharge Package

River เป็นฟอร์มที่ใช้จัดรูปแบบของระดับน้ำของแม่น้ำ

Importhead เป็นฟอร์มที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลระดับน้ำที่คำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

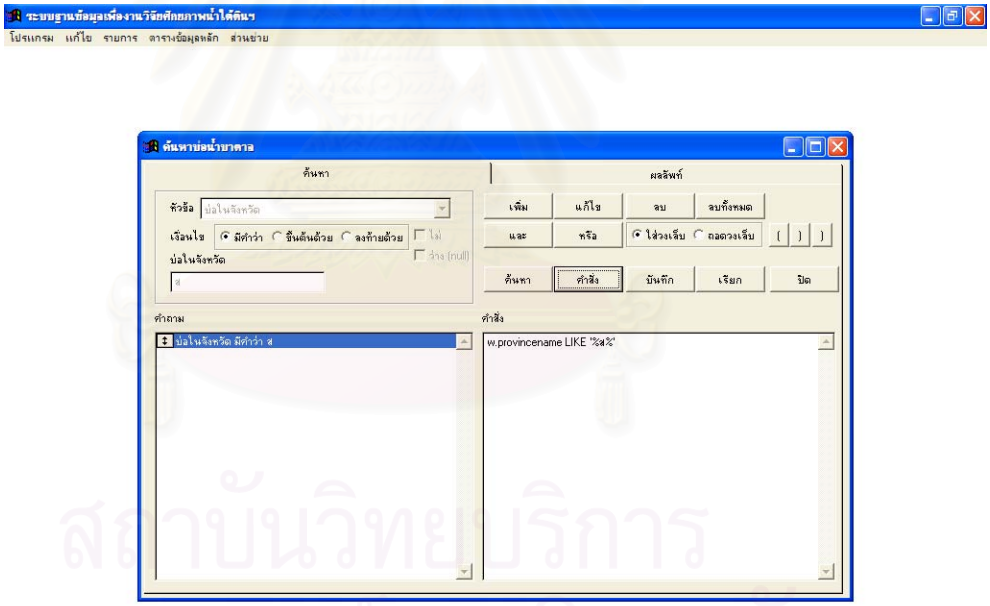
ภาคผนวก ค

หน้าจอโปรแกรม GWMMI_CU

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

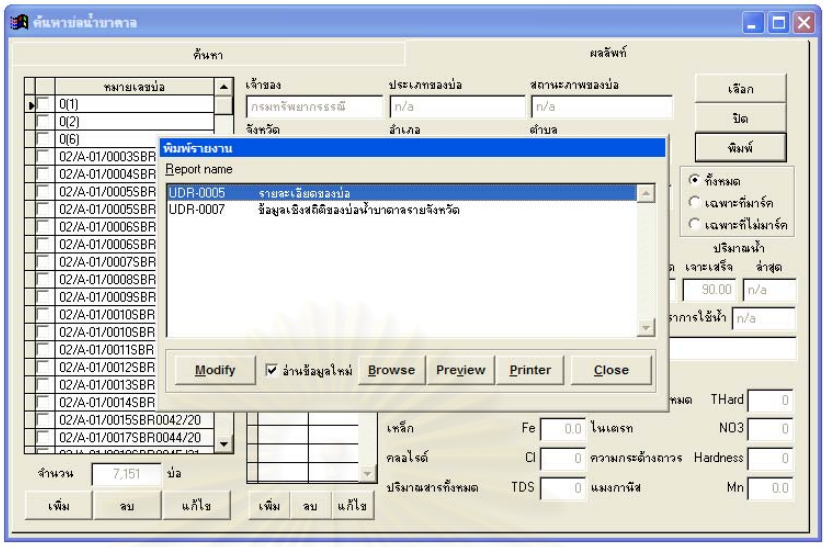
หน้าจอโปรแกรม GWMMI

รูปที่ ค-1 จอภาพการเข้าสู่ระบบ

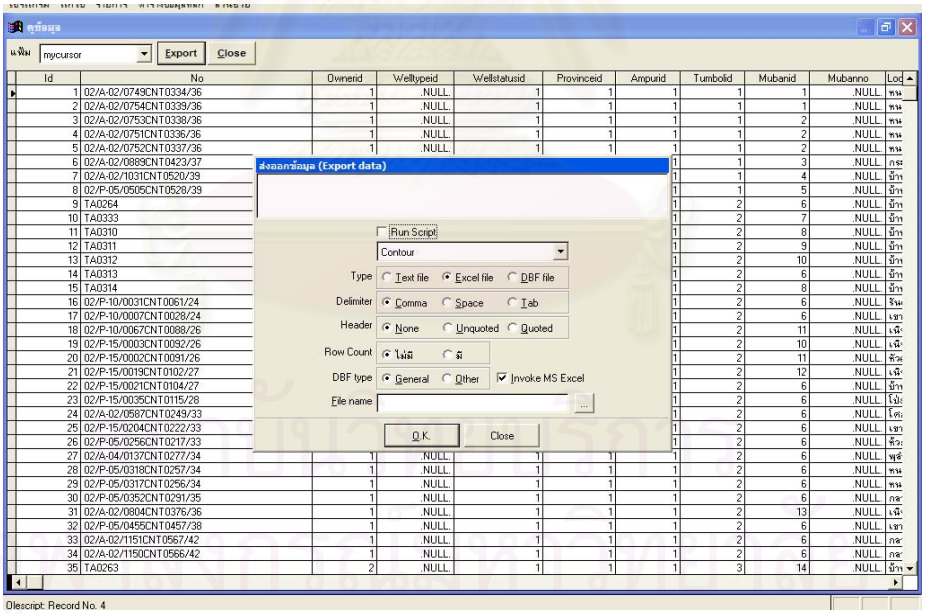


รูปที่ ค-2 จอภาพค้นหาข้อมูลบ่อบาดาล

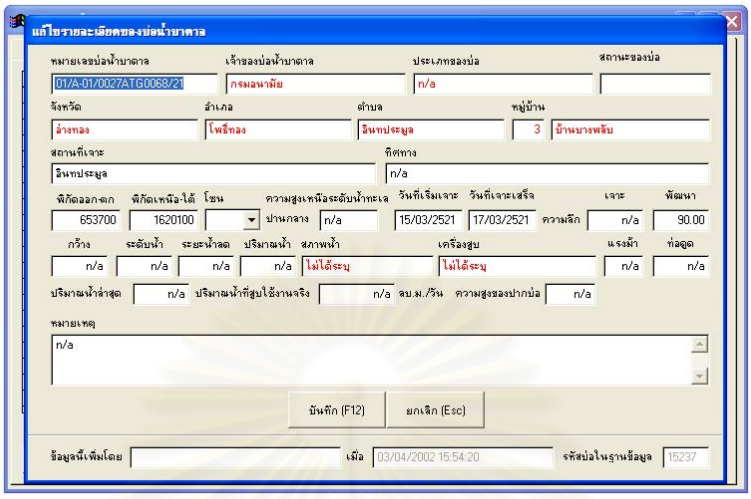
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค-3 จอภาพผลการค้นหาข้อมูลบ่อบาดาล



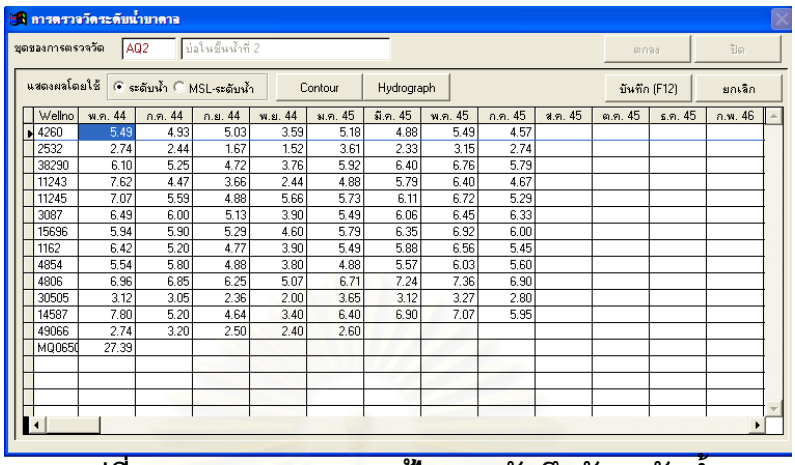
รูปที่ ค-4 จอภาพส่งออกข้อมูลบ่อน้ำบาดาล



รูปที่ ค-5 จอภาพผลการแก้ไขและบันทึกข้อมูลบ่อบาดาล

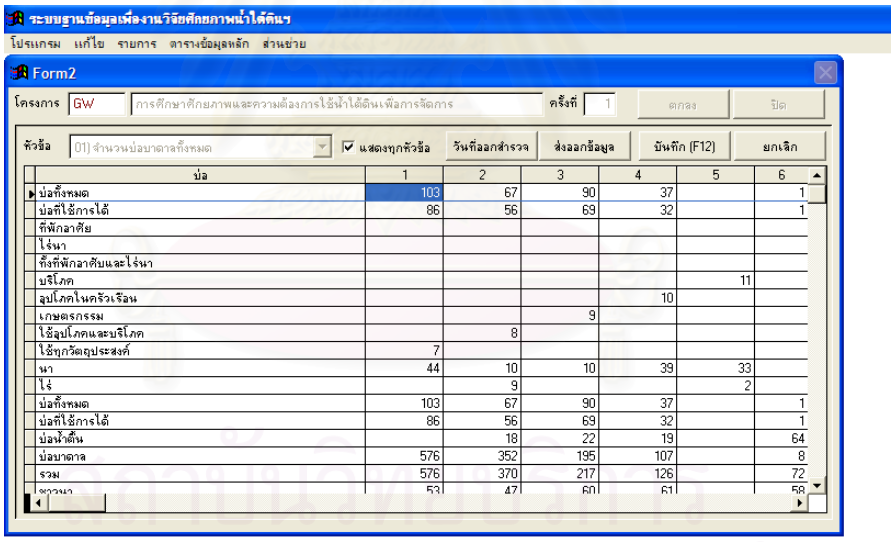
จังหวัด	จำนวน (บ่อ)	ความลึก (ม.)			ระดับน้ำ (ม.)			ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ช.ม.)			ระยะน้ำลด (ม.)		
		เฉลี่ย	สูงที่สุด	ต่ำที่สุด	เฉลี่ย	สูงที่สุด	ต่ำที่สุด	เฉลี่ย	สูงที่สุด	ต่ำที่สุด	เฉลี่ย	สูงที่สุด	ต่ำที่สุด
ชัยนาท	2,180	78.39	420.00	6.00	12.77	80.00	1.00	16.49	150.00	1.00	28.16	140.00	1.00
พระนครศรีอยุธยา	1,744	144.76	800.00	24.00	20.24	195.00	1.00	25.82	161.00	1.00	33.26	330.00	1.00
ลพบุรี	3,791	65.92	560.00	9.00	12.48	150.00	1.00	9.63	513.00	1.00	20.79	200.00	1.00
สระบุรี	2,400	77.94	1,060.00	11.00	12.08	180.00	1.00	9.32	96.00	1.00	21.65	250.00	1.00
สิงห์บุรี	1,421	82.73	325.00	24.00	10.80	40.00	2.00	32.59	140.00	1.00	31.92	112.00	1.00
สุพรรณบุรี	3,330	99.97	1,020.00	9.00	11.50	160.00	1.00	15.80	278.00	1.00	28.89	243.00	1.00
อ่างทอง	1,173	121.17	570.00	24.00	13.25	204.00	1.00	32.31	200.00	2.00	28.04	180.00	1.00

รูปที่ ค-6 จอภาพผลเป็นรายงานของข้อมูลบ่อน้ำบาดาล



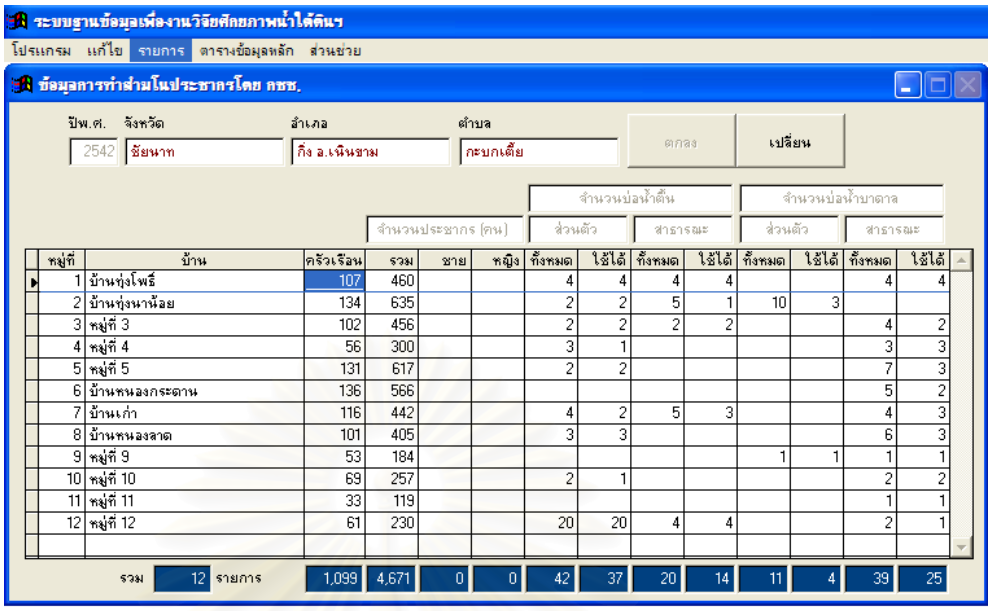
Wellno	พ.ค. 44	ก.ค. 44	ก.ย. 44	พ.ย. 44	ม.ค. 45	มี.ค. 45	พ.ค. 45	ก.ค. 45	ส.ค. 45	ต.ค. 45	ธ.ค. 45	ก.พ. 46
4260	5.49	4.93	5.03	3.59	5.18	4.88	5.49	4.57				
2532	2.74	2.44	1.67	1.52	3.61	2.33	3.15	2.74				
38290	6.10	5.25	4.72	3.76	5.92	6.40	6.76	5.79				
11243	7.62	4.47	3.66	2.44	4.88	5.79	6.40	4.67				
11245	7.07	5.59	4.88	5.66	5.73	6.11	6.72	5.29				
3087	6.49	6.00	5.13	3.90	5.49	6.06	6.45	6.33				
15696	5.94	5.90	5.29	4.60	5.79	6.35	6.92	6.00				
1162	6.42	5.20	4.77	3.90	5.49	5.88	6.56	5.45				
4854	5.54	5.80	4.88	3.80	4.88	5.57	6.03	5.60				
4806	6.96	6.85	6.25	5.07	6.71	7.24	7.36	6.90				
30505	3.12	3.05	2.36	2.00	3.65	3.12	3.27	2.80				
14587	7.80	5.20	4.64	3.40	6.40	6.90	7.07	5.95				
49066	2.74	3.20	2.50	2.40	2.60							
MQ065(	27.39											

รูปที่ ค-7 จอภาพผลการแก้ไขและบันทึกวัดระดับน้ำ

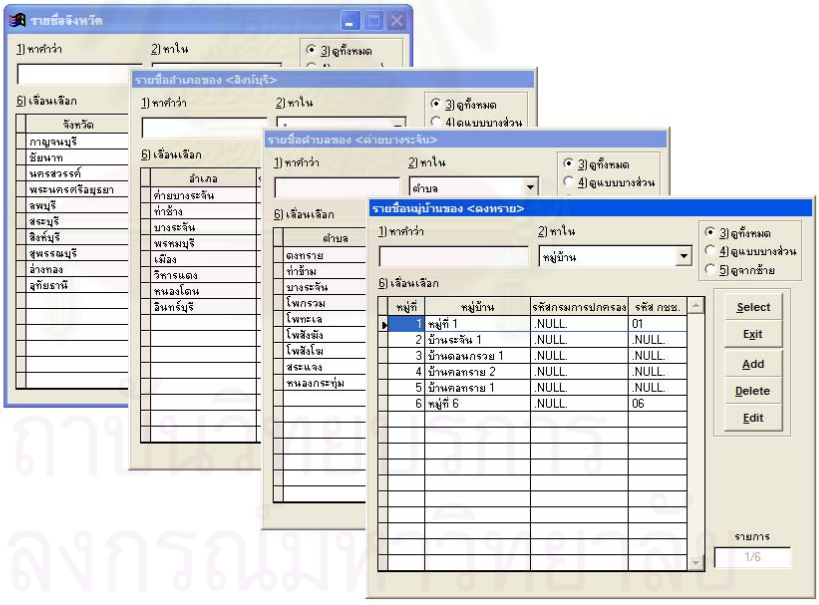


บ่อ	1	2	3	4	5	6
บ่อทั้งหมด	103	67	90	37		1
บ่อที่ใช้การได้	86	56	69	32		1
ที่พักอาศัย						
ไร่นา						
ทั้งที่พักอาศัยและไร่นา						
บริโภค					11	
อุปโภคในครัวเรือน				10		
เกษตรกรรม			9			
ใช้อุปโภคและบริโภค		8				
ใช้ทุกวัตถุประสงค์	7					
นา	44	10	10	39	33	
ไร่		9			2	
บ่อทั้งหมด	103	67	90	37		1
บ่อที่ใช้การได้	86	56	69	32		1
บ่อน้ำตื้น		18	22	19		64
บ่อบาดาล	576	352	195	107		8
รวม	576	370	217	126		72
ขาวนา	53	47	60	61		58

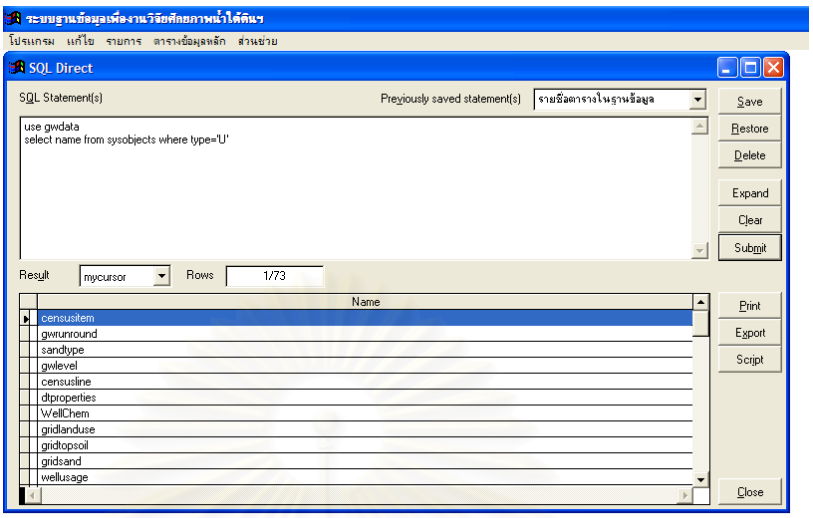
รูปที่ ค-8 จอภาพผลการแก้ไขและบันทึกสำรวจภาคสนาม



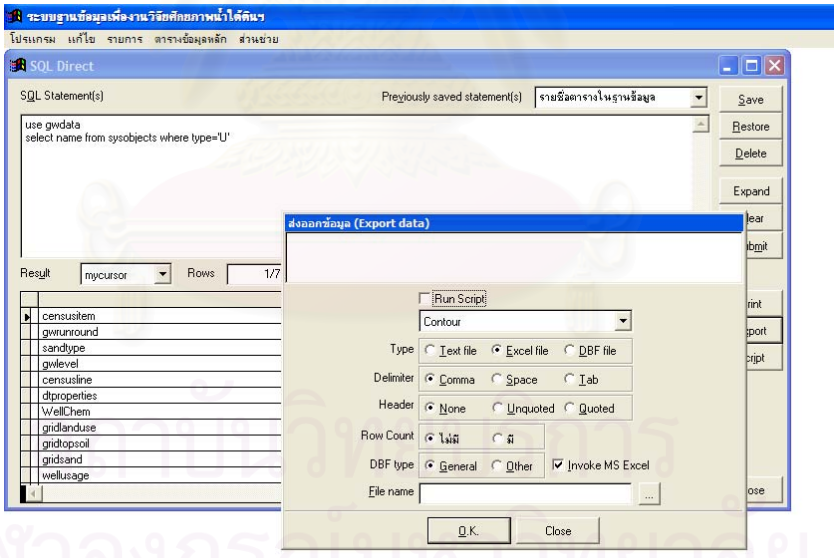
รูปที่ ค-9 จอภาพผลการแสดงข้อมูลสำรวจสำมะโนประชากร



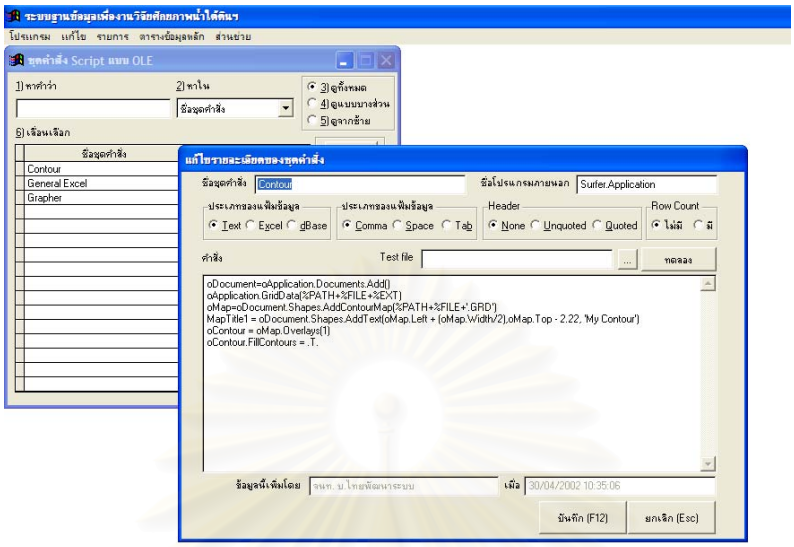
รูปที่ ค-10 จอภาพผลการแสดงรายชื่อจังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน



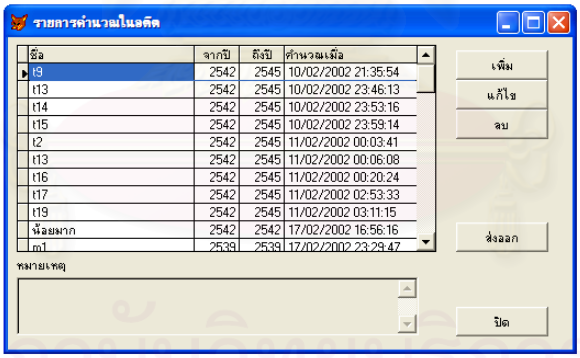
รูปที่ ค-11 จอภาพ SQL Direct



รูปที่ ค-12 จอภาพส่งออกข้อมูลที่เป็นคำตอบของ SQL Direct

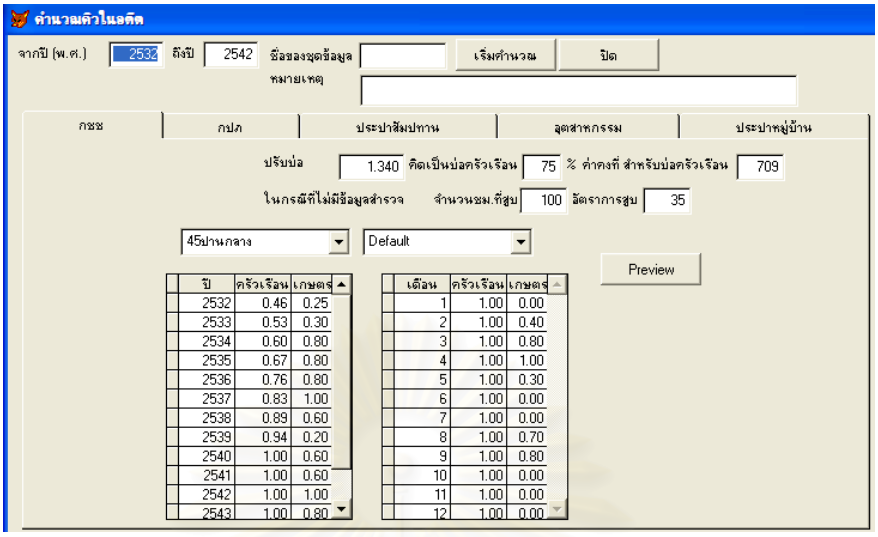


รูปที่ ค-13 จอภาพรายละเอียดชุดคำสั่งโปรแกรมภายนอก

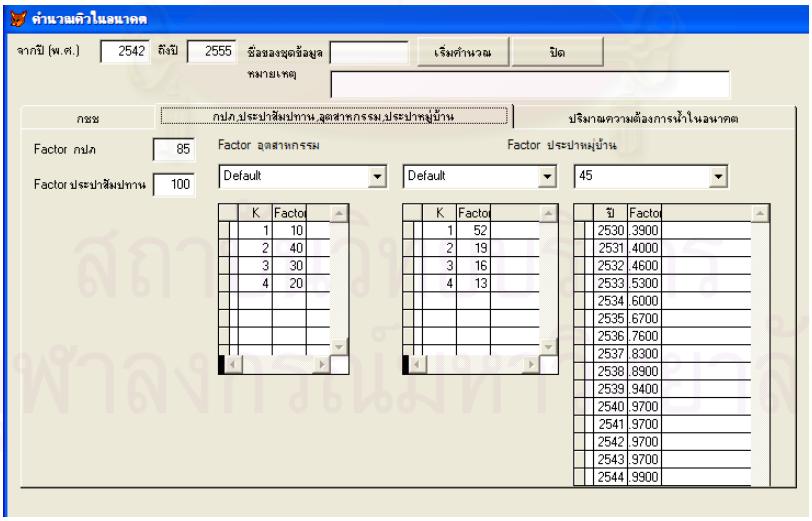


รูปที่ ค-14 จอภาพรายการคำนวณปริมาณการใช้น้ำในอดีต

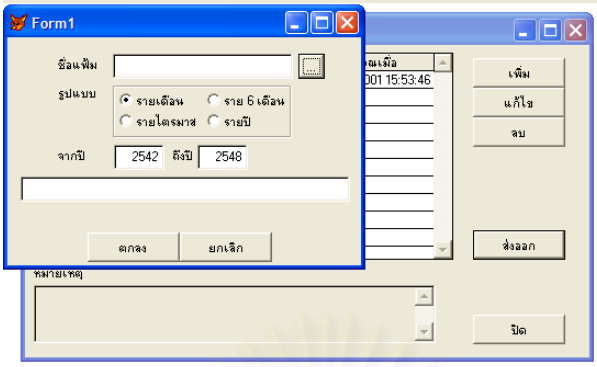
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



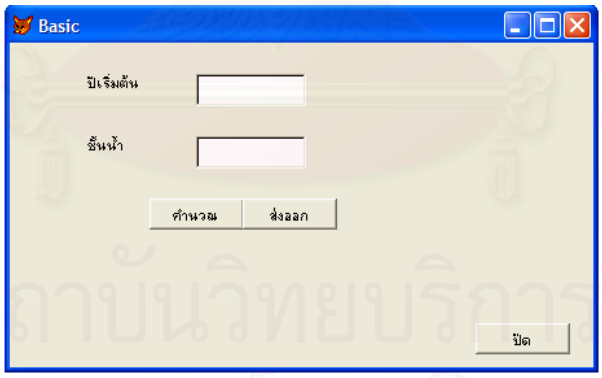
รูปที่ ค-15 จอภาพคำนวณปริมาณการใช้น้ำในอดีต



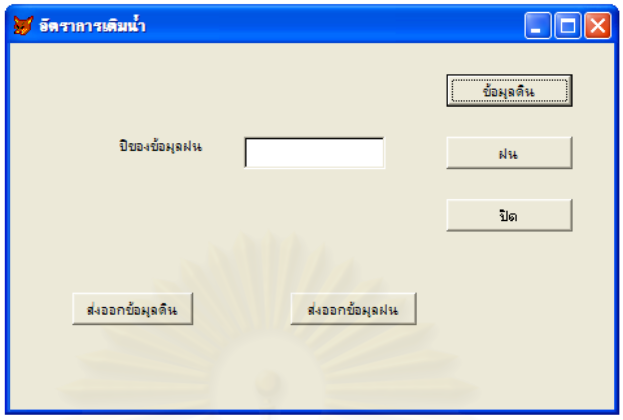
รูปที่ ค-16 จอภาพคำนวณปริมาณการใช้น้ำในอนาคต



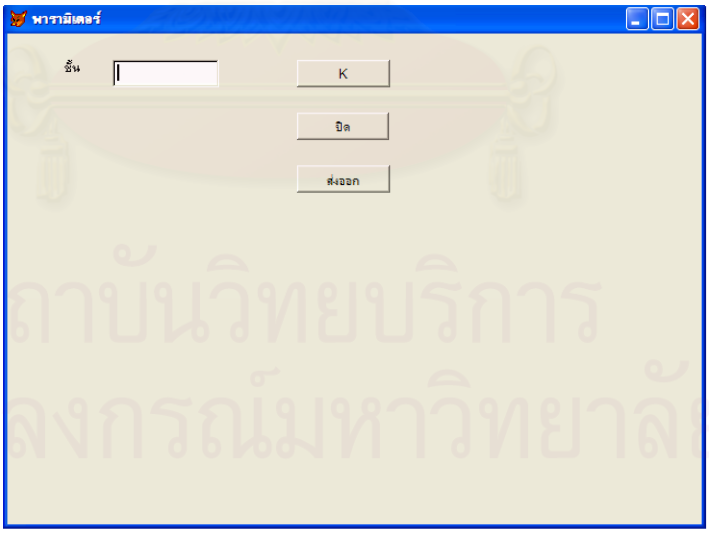
รูปที่ ค-17 จอภาพส่งออกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ



รูปที่ ค-18 จอภาพจัดรูปแบบและส่งออกข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้น

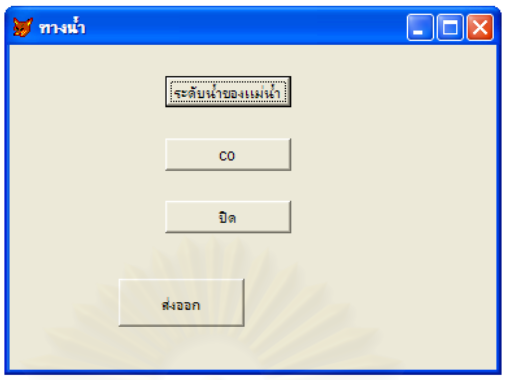


รูปที่ ค-19 จอภาพจัดรูปแบบและส่งออกข้อมูลอัตราการเติมน้ำ

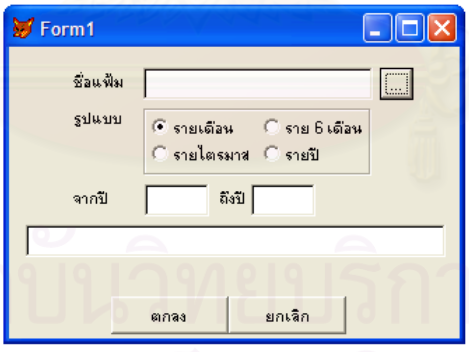


รูปที่ ค-20 จอภาพจัดรูปแบบและส่งออกข้อมูลพารามิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค-20 จอภาพจัดรูปแบบและส่งออกระดับน้ำของแม่น้ำ



รูปที่ ค-21 จอภาพนำเข้าผลการคำนวณระดับน้ำ

ภาคผนวก ง

ตัวอย่าง source code ของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง source code ของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล

```
lnFrom          = This Form.txt From Year.Value
lnTo            = This Form.txt To Year.Value
lnFactorID      = This Form.pf.Page4.ComboHead.ListItemID
lcAdjustWell    = ALLTRIM (STR(This Form.pf.Page1.txtAdjustwell.Value,20,4))
lcRatio         = ALLTRIM (STR(This Form.pf.Page1.txtWellRatio.Value,20,4))
lcConst         = ALLTRIM (STR(This Form.pf.Page1.txtConsumeConstant.Value,20,4))
lcHour          = ALLTRIM (STR(This Form.pf.Page1.txtUsageHour.Value,20,4))
lcPump          = ALLTRIM (STR(This Form.pf.Page1.txtPumpingRate.Value,20,4))
=Sqlexec(gnHandle,"DROP TABLE #tnrd1")
lcCommand    ="SELECT n.mubanid,n.totalwells,g.ino,g.jno,1 AS kno,g.surveyareaid "+;
"INTO #tnrd1 "+;
"FROM  gw2.dbo.nrd n "+;
"LEFT JOIN gw2.dbo.muban m ON m.id=n.mubanid "+;
"LEFT JOIN gw2.dbo.grid g ON m.utme >= g.uleast and m.utme < g.lreast and "+;
"m.utmn <= g.ulnorth and m.utmn > g.lrnorth "+;
"LEFT JOIN gw2.dbo.surveyarea s ON s.id = g.surveyareaid "+;
"WHERE m.utme is not null AND g.ino IS NOT NULL AND g.jno IS NOT NULL "
yy = SqlExec(gnHandle,lcCommand)
IF yy <= 0
        =aError( la )
        =MessageBox( "ไม่สามารถทำตามคำสั่งได้"+CHR(13)+;
        lcCommand+CHR(13)+;
        la[2],0+16,gcAppName)
RETURN .F.
ENDIF
=Sqlexec(gnHandle,"DROP TABLE #tnrd2")
lcCommand = "SELECT n.*,i.inactivecell "+;
"INTO #tnrd2 "+;
"FROM  #tnrd1 n "+;
```

```
"LEFT JOIN gw2.dbo.InactiveCell i ON i.ino = n.ino AND i.jno=n.jno AND i.kno=n.kno "+;
"WHERE i.inactivecell = 1 "
yy = SqlExec(gnHandle,lcCommand)
IF yy <= 0
        =aError( la )
        =MessageBox( "ไม่สามารถทำตามคำสั่งได้"+CHR(13)+;lcCommand+CHR(13)+;
        la[2],0+16,gcAppName)
        RETURN .F.
ENDIF
lcCommand = "CREATE TABLE #tnrd3 (ino int null,jno int null,kno INT NULL,qConsume
MONEY NULL,qAgr MONEY NULL)"
=SqlExec(gnHandle,lcCommand)
lcCommand = "INSERT #tNrd3 (ino,jno,kno,qConsume,qAgr) "+;
"SELECT n.ino,n.jno,n.kno, "+;
"ROUND((((n.totalwells*"+lcAdjustWell+")*(ISNULL(s.wellratio,"+lcRatio+"))/100)*"+lcCon
st+"*1/1000),0) as QConsume,"+;
"ROUND((ROUND(((ROUND(n.totalwells*"+lcAdjustWell+",0))                    -
((ROUND(n.totalwells*"+lcAdjustWell+",0))*(ISNULL(s.wellratio,"+lcRatio+"))/100)),0))*
ISNULL(s.usagehour,"+lcHour+")*(ISNULL(s.pumpingrate,"+lcPump+"))*60/(1000*30),0)
AS QAgr "+;
"FROM  #tNrd2 n "+;
"LEFT JOIN gw2.dbo.surveyarea s ON s.id = n.surveyareaid "
yy = SqlExec(gnHandle,lcCommand)
IF yy <= 0
        =aError( la )
        =MessageBox( "ไม่สามารถทำตามคำสั่งได้"+CHR(13)+;lcCommand+CHR(13)+;
        la[2],0+16,gcAppName)
        RETURN .F.
ENDIF
=Sqlexec(gnHandle,"DROP TABLE #tnrd4")
lcCommand = "CREATE TABLE #tnrd4 ("+;"ino int null,jno int null,kno int null,"+;
```

```
"year int null,month tinyint null,"+;"qConsume MONEY NULL,"+;"qAgr MONEY NULL)"
=SqlExec(gnHandle,lcCommand)
lcCommand = "INSERT #tNrd4 (ino,jno,kno,year,month,qConsume,qAgr) "+;
"SELECT t.ino,t.jno,t.kno,f1.year,f2.month,"+;
"f1.fconsume*f2.fconsume*t.qconsume AS qConsume, "+;
"f1.fagr*f2.fagr*t.qagr AS qAgr "+;
"FROM #tnrd3 t,gw2.dbo.factoryear f1,gw2.dbo.factormonth f2 "+;
"WHERE f1.year >= "+ALLTRIM(STR(lnFrom))+" AND f1.year<= "+ALLTRIM(STR(lnTo))
yy = SqlExec(gnHandle,lcCommand)
IF yy <= 0
        =aError( la )
        =MessageBox ("ไม่สามารถทำตามคำสั่งได้"+CHR(13)+;lcCommand+CHR(13)+;
        la[2],0+16,gcAppName)
        RETURN .F.
ENDIF

lcFile = this.txtFileName.Value
IF EMPTY(lcFile)
        =MessageBox( "¡ÃØ³ÒàÅ×Í¡á¿éÁ»ÅÒÂ·Ò§àÊÕÂ¡èÍ¹",0+64,gcAppName)
        ThisForm.Command1.Click()
        RETURN .F.
ENDIF
gnErrFile = FCREATE( lcFile )  && If not create it
IF gnErrFile < 0            && Check for error opening file
        =MessageBox( 'Cannot open or create output file',0+16,gcAppName)
        RETURN .F.
ENDIF
crlf                        = CHR(13)+CHR(10)
ktab              = CHR(9)
        =SqlExec( gnHandle,"DROP TABLE gw2.dbo.kout")
        lcCommand = "CREATE TABLE gw2.dbo.kout ( "+;
```

```
                "id                         int        identity not null,"+;
                "UtmE              int null,"+;
                "UtmN              int null,"+;
                "k         money null,"+;
                "CONSTRAINT pkkout PRIMARY KEY CLUSTERED (id)) "
        = SqlExec( gnHandle, lcCommand )
        lcCommand = "INSERT  gw2.dbo.kout (utme,utmn,k) "+;
                        " SELECT b.utme,b.utmn,b.t FROM gw2.dbo.t1 b"
        =SqlExec( gnHandle,lcCommand)
DO WHILE ! EOF()
                lcCommand = "SELECT * FROM  gw2.dbo.kout   "
                =SqlExec( gnHandle,lcCommand,"output")
                SELECT output
                GO TOP
                lcString =  '"ID" "X" "Y" "k"'+crlf
                DO WHILE ! EOF()
                                lcLine = ALLTRIM(STR(output.ID))+" "+;
                                                ALLTRIM(STR(output.utme))+" "+;
                                                ALLTRIM(STR(output.utmn))+" "+;
                                                ALLTRIM(STR(output.k,20,4))
                        lcString = lcString + lcLine + crlf
                        skip
                ENDDO
                =FWRITE( gnErrFile, lcString )
                =FFLUSH( gnErrFile )

        ENDDO
        =FCLOSE(gnErrFile )     && Close file
        this.Release()
RETURN .T.
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

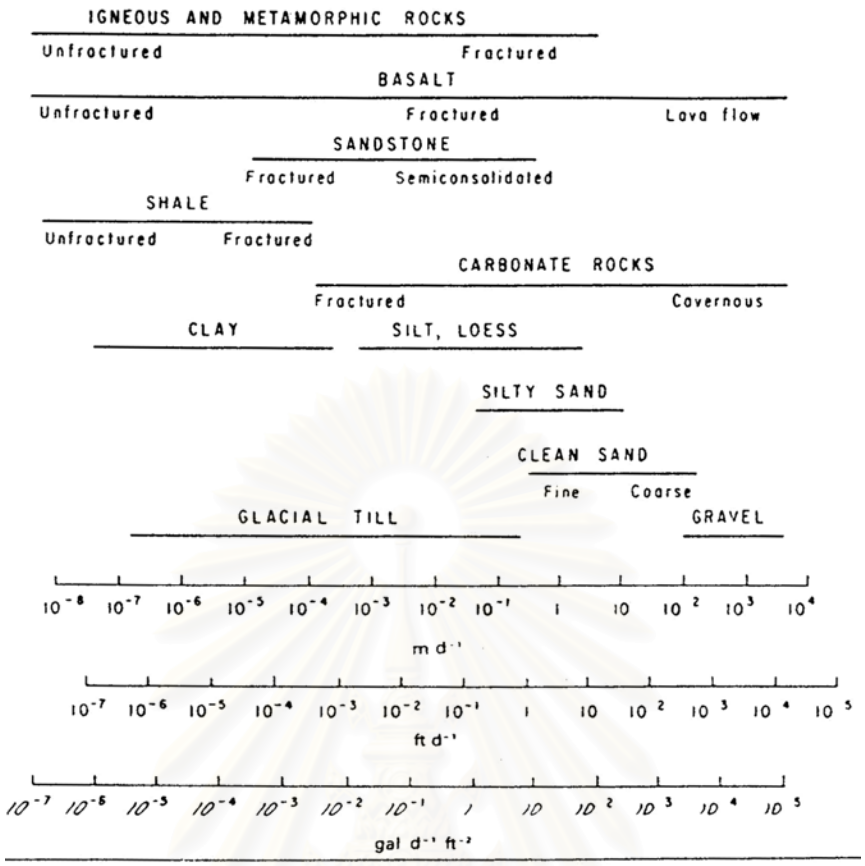
พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ – 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองน้ำใต้ดิน MODFLOW

ลำดับ	พารามิเตอร์	คำที่ใช้
1	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)	$5.0 \times 10^{-4} – 1.5 \times 10^{-3}$
2	สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ (Specific Storage)	0.25 เฉพาะชั้นน้ำชั้นที่ 1 เพราะเป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน
3	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity)	$5.0 - 1.0 \times 10^{-3}$ เมตรต่อวัน สำหรับ Q_{cp} และ $1.0 \times 10^{-1} - 5.0 \times 10^{2}$ เมตรต่อวัน สำหรับ Q_{cr}
4	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Hydraulic Conductivity)	2.0×10^{-5} เมตรต่อวัน
5	ระดับของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น (Top and Bottom Elevations)	รูปที่ 5-5
6	ประเภทของชั้นน้ำใต้ดิน (Type of Each Layer)	ชั้นที่ 1 เป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 2, 3 และ 4 เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน
7	อัตราการเติมน้ำ (Recharge Rate)	$5.0 \times 10^{-5} - 5.0 \times 10^{-4}$ เมตรต่อวัน (18-180 มิลลิเมตรต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา: Anderson M. P., and Woessner W. W. (1992)

รูปที่ จ -1ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำเสนอโดยHeath (1983)

ตารางที่ จ-2 การจำแนกประเภทของวัสดุท้องน้ำตามขนาด เสนอโดย Morris and Johnson(1967) **อ้างอิงใน** Todd,1980)

Material	Porosity, Percent	Material	Porosity, Percent
Gravel, coarse	28[a]	Loess	49
Gravel, medium	32[a]	Peat	92
Gravel, fine	34[a]	Schist	38
Sand, coarse	39	Siltstone	35
Sand, medium	39	Claystone	43
Sand, fine	43	Shale	6
Silt	46	Till,	
Clay	42	predominantly silt	34
Sandstone,		Till,	
fine-grained	33	predominantly sand	31
Sandstone,		Tuff	41
medium-grained	37	Basalt	17
Limestone	30	Gabbro, weathered	43
Dolomite	26	Granite, weathered	45
Dune sand	45		

[a]These values are for repacked samples; all others are undisturbed.

ที่มา : Todd(1980)

ตารางที่ จ-3 ค่าความพรุนของวัสดุท้องน้ำ เสนอโดย Morris and Johnson(1967)

Material	Particle Size, mm
Clay	<0.004
Silt	0.004–0.062
Very fine sand	0.062–0.125
Fine sand	0.125–0.25
Medium sand	0.25–0.5
Coarse sand	0.5–1.0
Very coarse sand	1.0–2.0
Very fine gravel	2.0–4.0
Fine gravel	4.0–8.0
Medium gravel	8.0–16.0
Coarse gravel	16.0–32.0
Very coarse gravel	32.0–64.0

ที่มา : Todd(1980)

ตารางที่ จ-4 ค่า Specific Storage ของวัสดุชั้นน้ำ ปรับปรุงโดย Domenico(1972)

Material	Specific storage (S_s) (m^{-1})
Plastic clay	2.0×10^{-2}–2.6×10^{-3}
Stiff clay	2.6×10^{-3}–1.3×10^{-3}
Medium-hard clay	1.3×10^{-3}–9.2×10^{-4}
Loose sand	1.0×10^{-3}–4.9×10^{-4}
Dense sand	2.0×10^{-4}–1.3×10^{-4}
Dense sandy gravel	1.0×10^{-4}–4.9×10^{-5}
Rock, fissured, jointed	6.9×10^{-5}–3.3×10^{-6}
Rock, sound	Less than 3.3×10^{-6}

Adapted from Domenico, 1972.

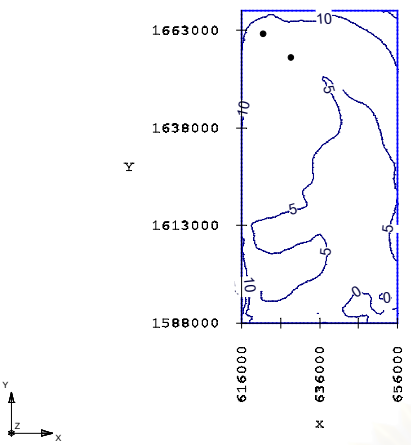
ที่มา: Anderson M. P., and Woessner W. W. (1992)

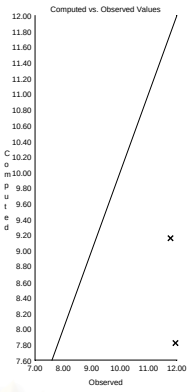
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ผลการคำนวณจากแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



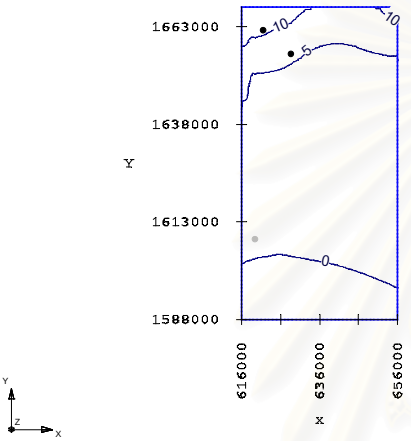


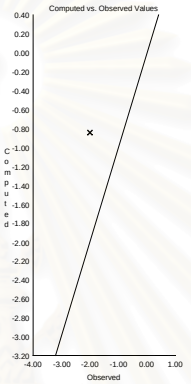
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2532
ชั้นที่ 1

Mean Error = -3.39

Mean Absolute Error = 3.39

Root Mean Square Error = 3.48



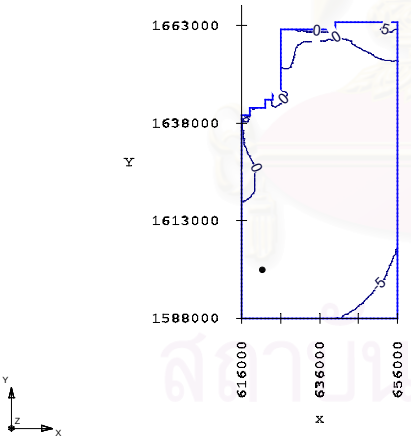


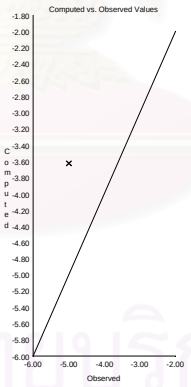
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2532
ชั้นที่ 2

Mean Error = 1.15

Mean Absolute Error = 1.15

Root Mean Square Error = 1.15



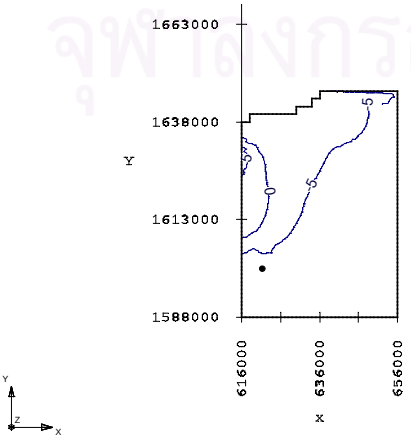


กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2532
ชั้นที่ 3

Mean Error = 1.38

Mean Absolute Error = 1.38

Root Mean Square Error = 1.38



กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2532
ชั้นที่ 4

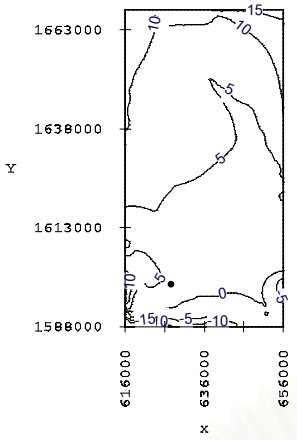
Mean Error =

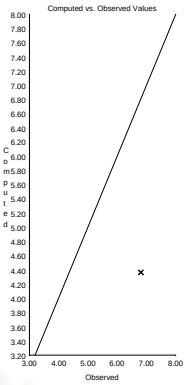
Mean Absolute Error =

Root Mean Square Error =

*หมายเหตุ ไม่มีบ่อสังเกตการณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



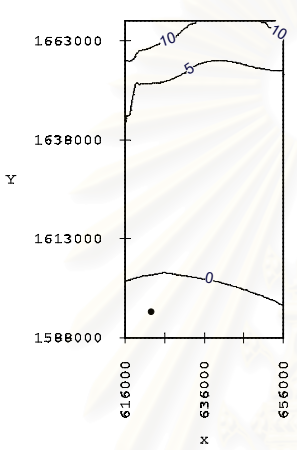


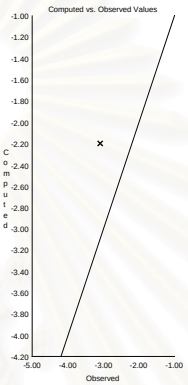
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2532 ชั้นที่ 1

Mean Error = -2.43

Mean Absolute Error = 2.43

Root Mean Square Error = 2.43



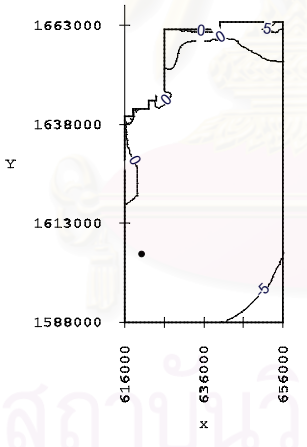


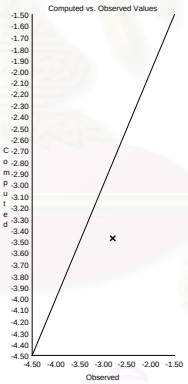
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2532 ชั้นที่ 2

Mean Error = 0.90

Mean Absolute Error = 0.90

Root Mean Square Error = 0.90



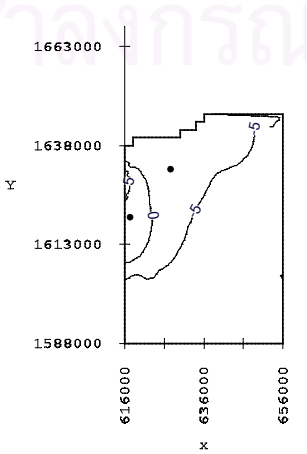


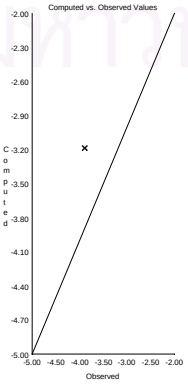
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2532 ชั้นที่ 3

Mean Error = -0.67

Mean Absolute Error = 0.67

Root Mean Square Error = 0.67





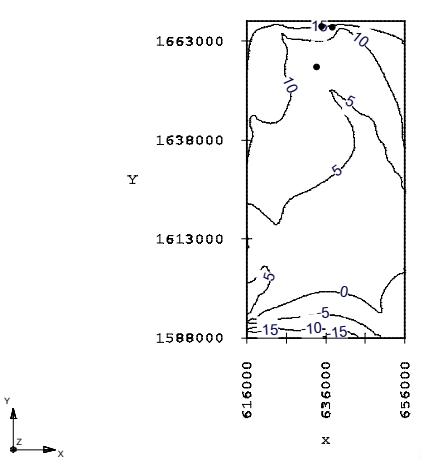
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2532 ชั้นที่ 4

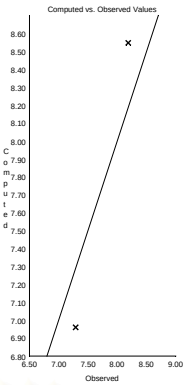
Mean Error = 0.71

Mean Absolute Error = 0.71

Root Mean Square Error = 0.71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



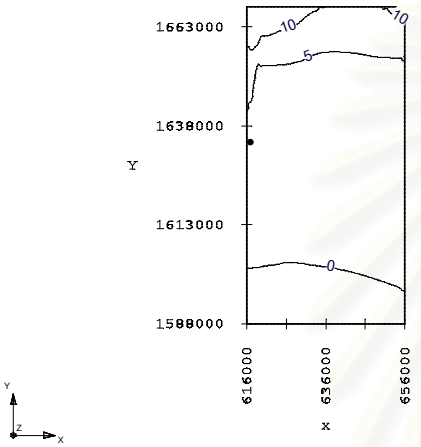


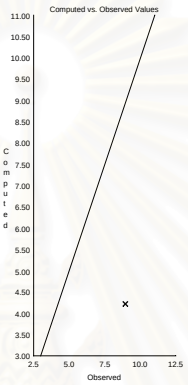
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2534 ชั้นที่ 1

Mean Error = 0.46

Mean Absolute Error = 0.78

Root Mean Square Error = 0.90



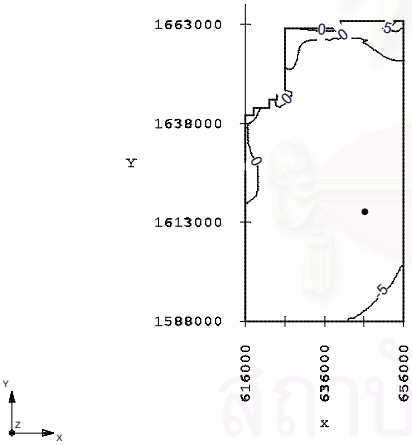


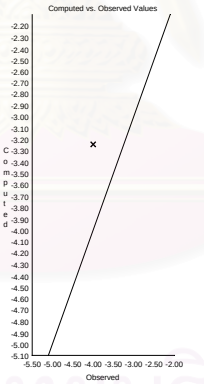
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2534 ชั้นที่ 2

Mean Error = -4.76

Mean Absolute Error = 4.76

Root Mean Square Error = 4.76



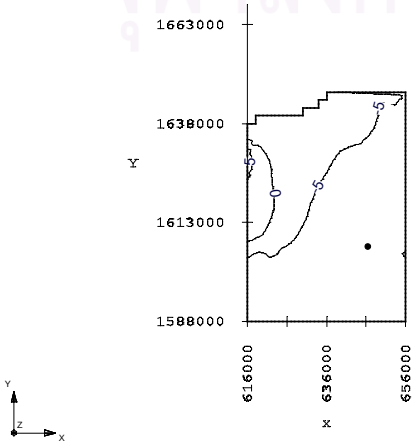


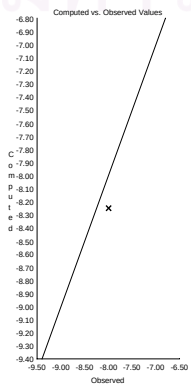
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2534 ชั้นที่ 3

Mean Error = 0.76

Mean Absolute Error = 0.76

Root Mean Square Error = 0.76





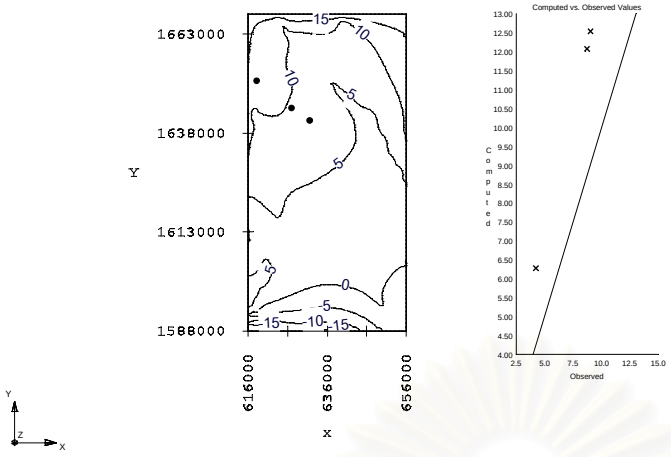
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2534 ชั้นที่ 4

Mean Error = -0.25

Mean Absolute Error = 0.25

Root Mean Square Error = 0.25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

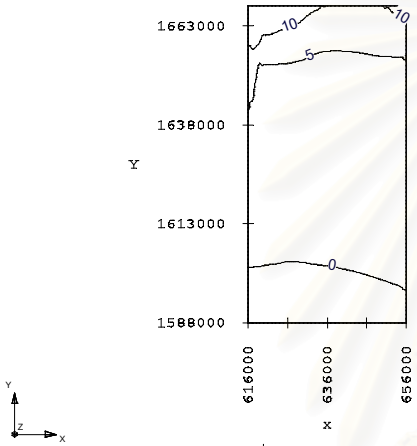


กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2534
ชั้นที่ 1

Mean Error = 2.97

Mean Absolute Error = 2.97

Root Mean Square Error = 3.04



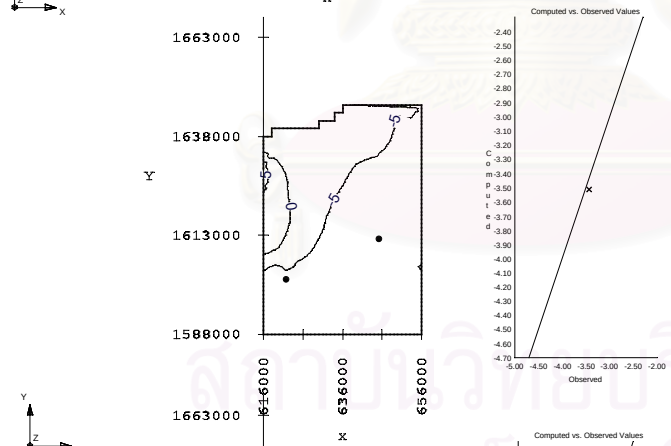
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2534
ชั้นที่ 2

Mean Error =

Mean Absolute Error =

Root Mean Square Error =

* หมายเหตุ ไม่มีบ่อสังเกตการณ์

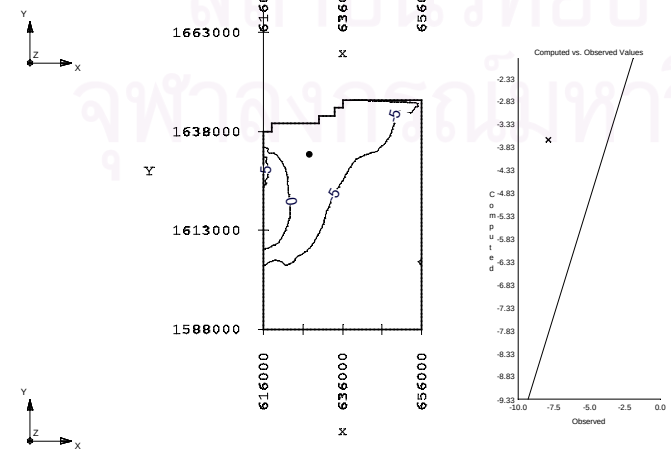


กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2534
ชั้นที่ 3

Mean Error = -0.07

Mean Absolute Error = 0.07

Root Mean Square Error = 0.07



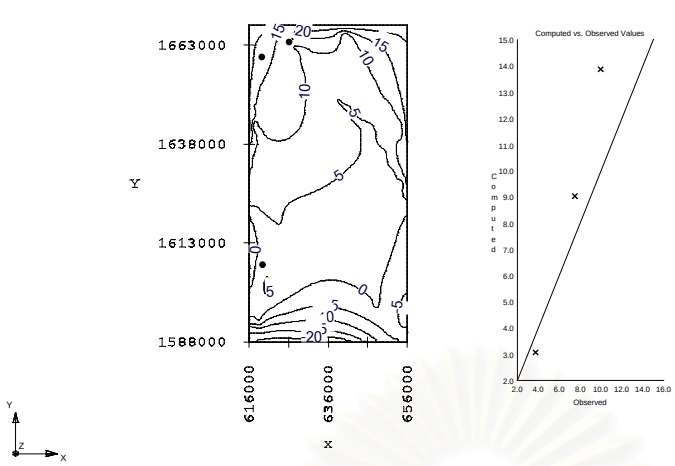
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2534
ชั้นที่ 4

Mean Error = 4.21

Mean Absolute Error = 4.21

Root Mean Square Error = 4.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

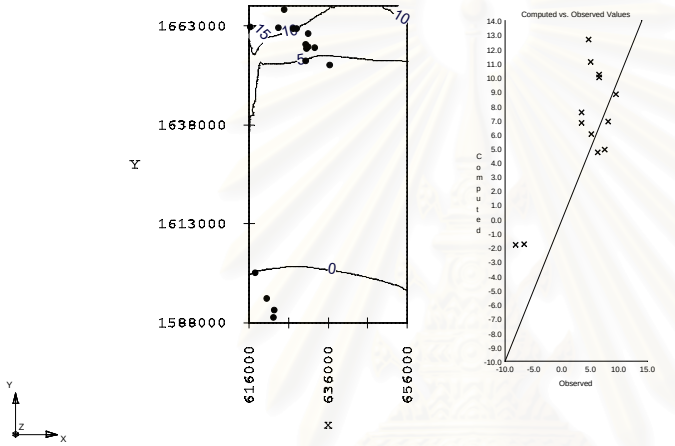


กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2537
ชั้นที่ 1

Mean Error = 1.59

Mean Absolute Error = 2.06

Root Mean Square Error = 2.47

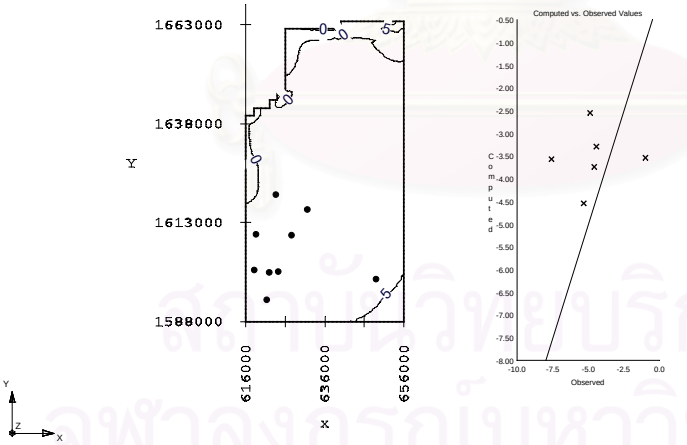


กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2537
ชั้นที่ 2

Mean Error = 2.69

Mean Absolute Error = 3.62

Root Mean Square Error = 4.23

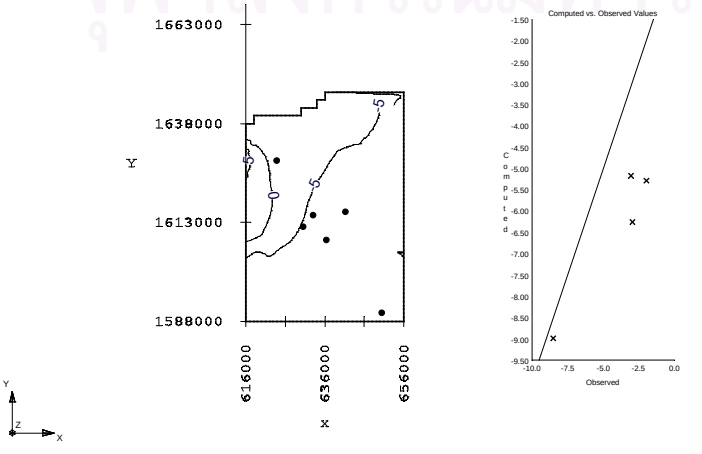


กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2537
ชั้นที่ 3

Mean Error = 1.09

Mean Absolute Error = 1.94

Root Mean Square Error = 2.26



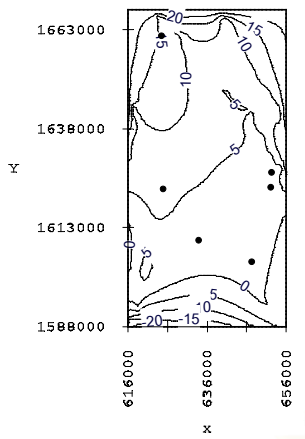
กรณีฤดูแล้ง เดือน เมษายน พ.ศ. 2537
ชั้นที่ 4

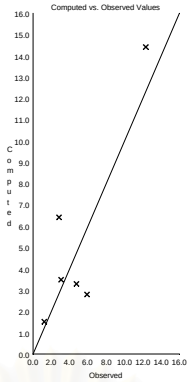
Mean Error = -2.30

Mean Absolute Error = 2.30

Root Mean Square Error = 2.58

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



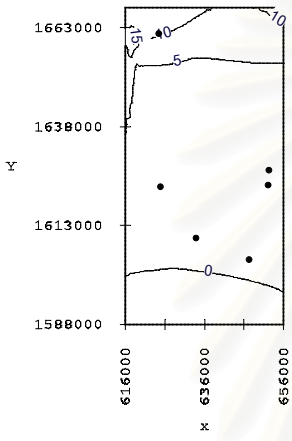


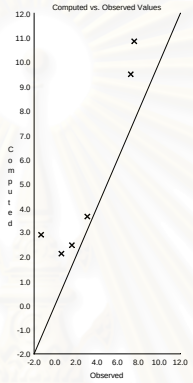
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2537 ชั้นที่ 1

Mean Error = 0.30

Mean Absolute Error = 1.82

Root Mean Square Error = 2.20



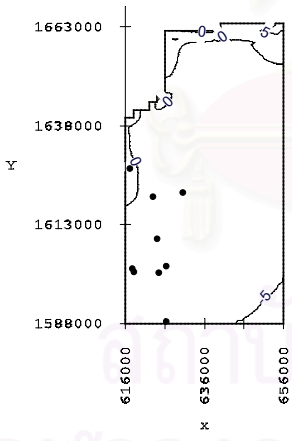


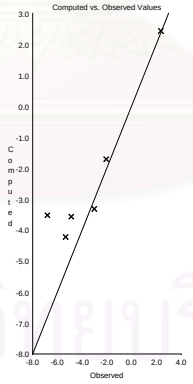
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2537 ชั้นที่ 2

Mean Error = 2.12

Mean Absolute Error = 2.12

Root Mean Square Error = 2.49



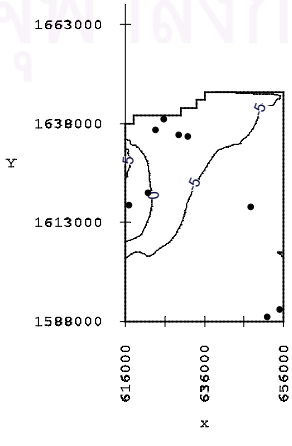


กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2537 ชั้นที่ 3

Mean Error = 0.97

Mean Absolute Error = 1.07

Root Mean Square Error = 1.53



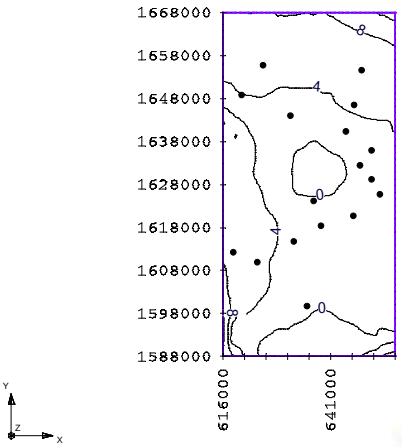
กรณีฤดูฝน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2537 ชั้นที่ 4

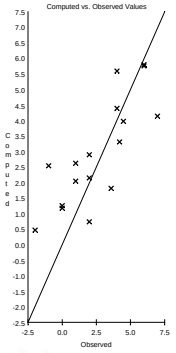
Mean Error =

Mean Absolute Error =

Root Mean Square Error =

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



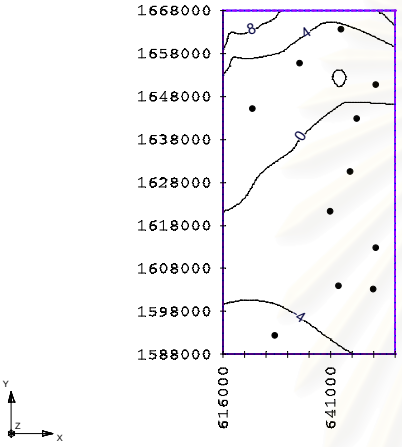


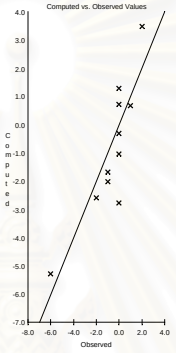
กรณีปี พ.ศ. 2542 ชั้นที่ 1

Mean Error = 0.37

Mean Absolute Error = 1.29

Root Mean Square Error = 1.59



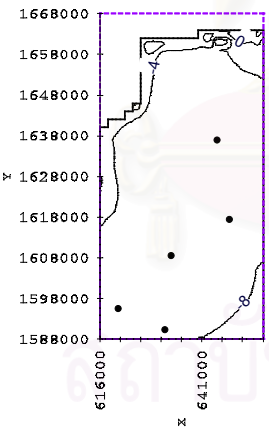


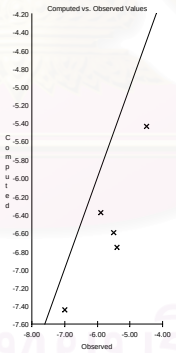
กรณีปี พ.ศ. 2542 ชั้นที่ 2

Mean Error = -0.23

Mean Absolute Error = 1.00

Root Mean Square Error = 1.20



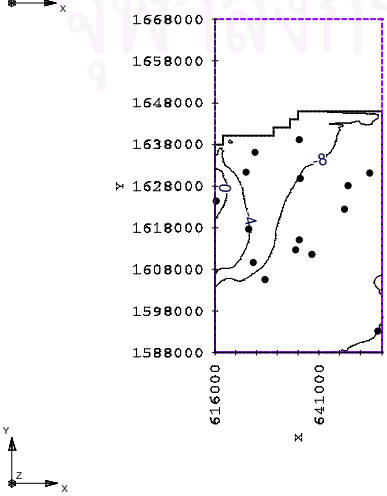


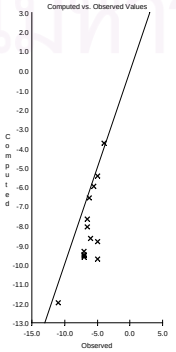
กรณีปี พ.ศ. 2542 ชั้นที่ 3

Mean Error = -1.22

Mean Absolute Error = 1.22

Root Mean Square Error = 1.31





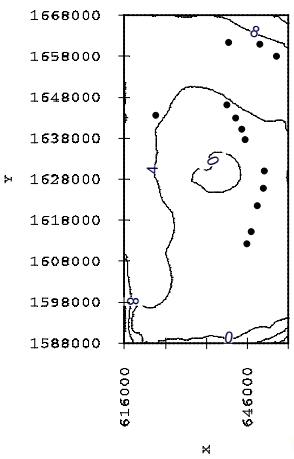
กรณีปี พ.ศ. 2542 ชั้นที่ 4

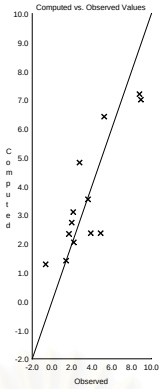
Mean Error = -1.85

Mean Absolute Error = 1.88

Root Mean Square Error = 2.30

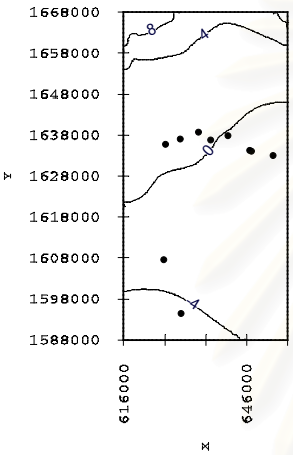
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

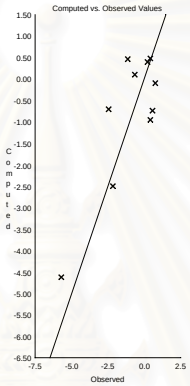




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 1
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูแล้ง พ.ศ. 2545

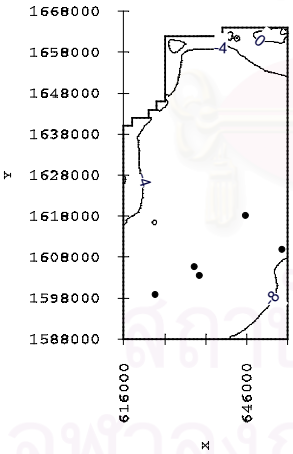
Mean Error = -0.03
Mean Absolute Error = 1.18
Root Mean Square Error = 1.43

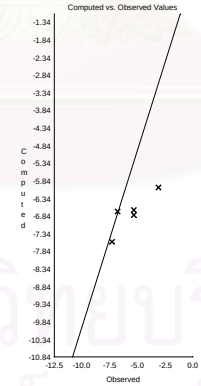




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 2
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูแล้ง พ.ศ. 2545

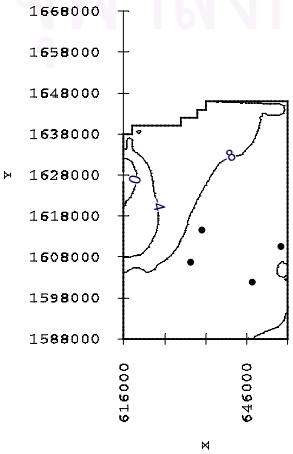
Mean Error = 0.16
Mean Absolute Error = 0.93
Root Mean Square Error = 1.09

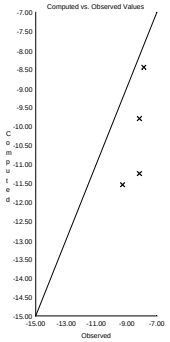




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 3
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูแล้ง พ.ศ. 2545

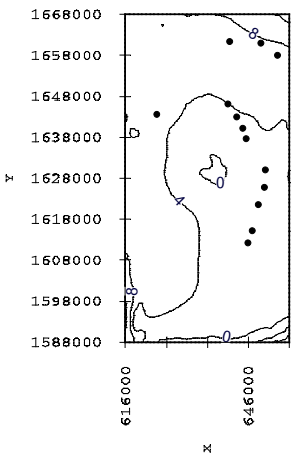
Mean Error = -1.18
Mean Absolute Error = 1.21
Root Mean Square Error = 1.59

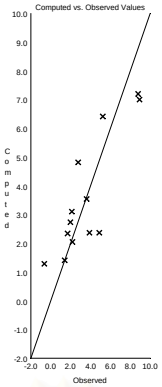




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 4
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูแล้ง พ.ศ. 2545

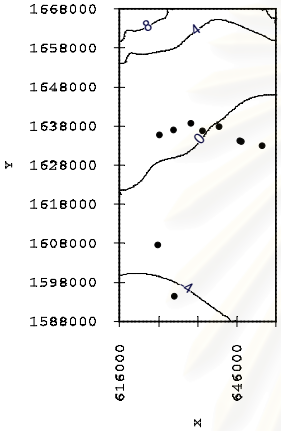
Mean Error = -1.91
Mean Absolute Error = 1.91
Root Mean Square Error = 2.12

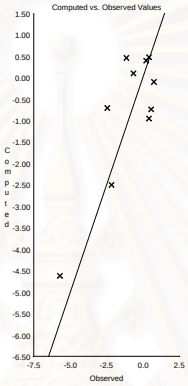




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 1
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูฝน พ.ศ. 2545

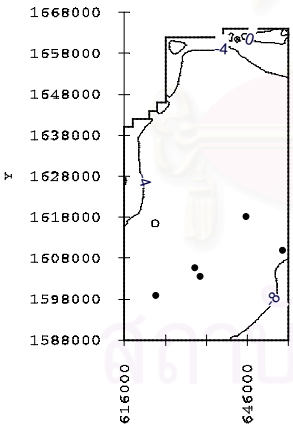
Mean Error = 0.56
Mean Absolute Error = 1.51
Root Mean Square Error = 1.73

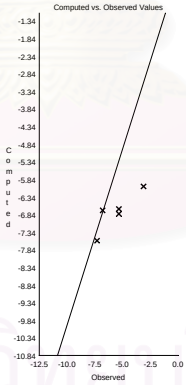




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 2
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูฝน พ.ศ. 2545

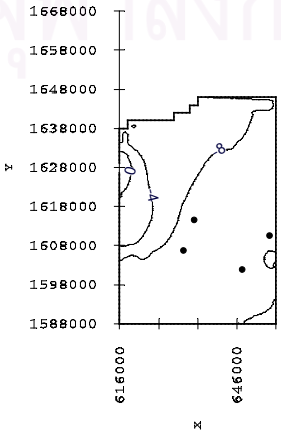
Mean Error = 0.16
Mean Absolute Error = 0.93
Root Mean Square Error = 1.09

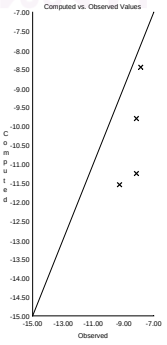




ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 3
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูฝน พ.ศ. 2545

Mean Error = -1.28
Mean Absolute Error = 1.58
Root Mean Square Error = 1.94





ผลการคำนวณระดับน้ำ ชั้นที่ 4
จากจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
กรณี ฤดูฝน พ.ศ. 2545

Mean Error = -1.91
Mean Absolute Error = 1.91
Root Mean Square Error = 2.14

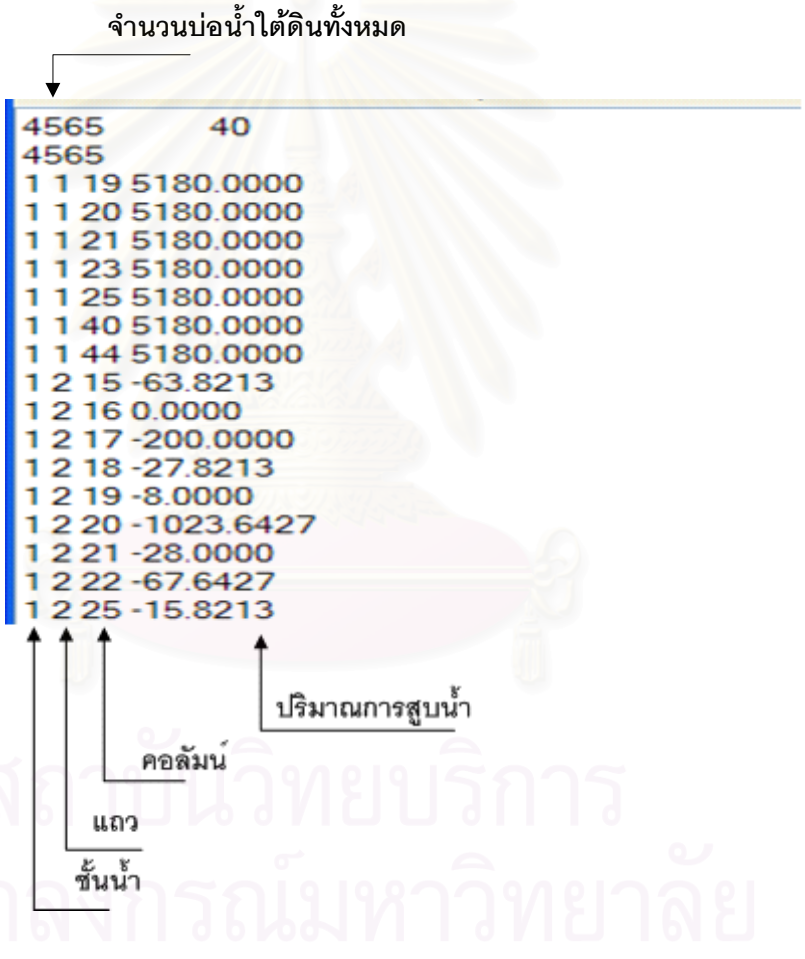
ภาคผนวก ซ

ผลลัพธ์ของโปรแกรม GWUSE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์ของโปรแกรม GWUSE เพื่อส่งออกไปยังแบบจำลองน้ำใต้ดิน

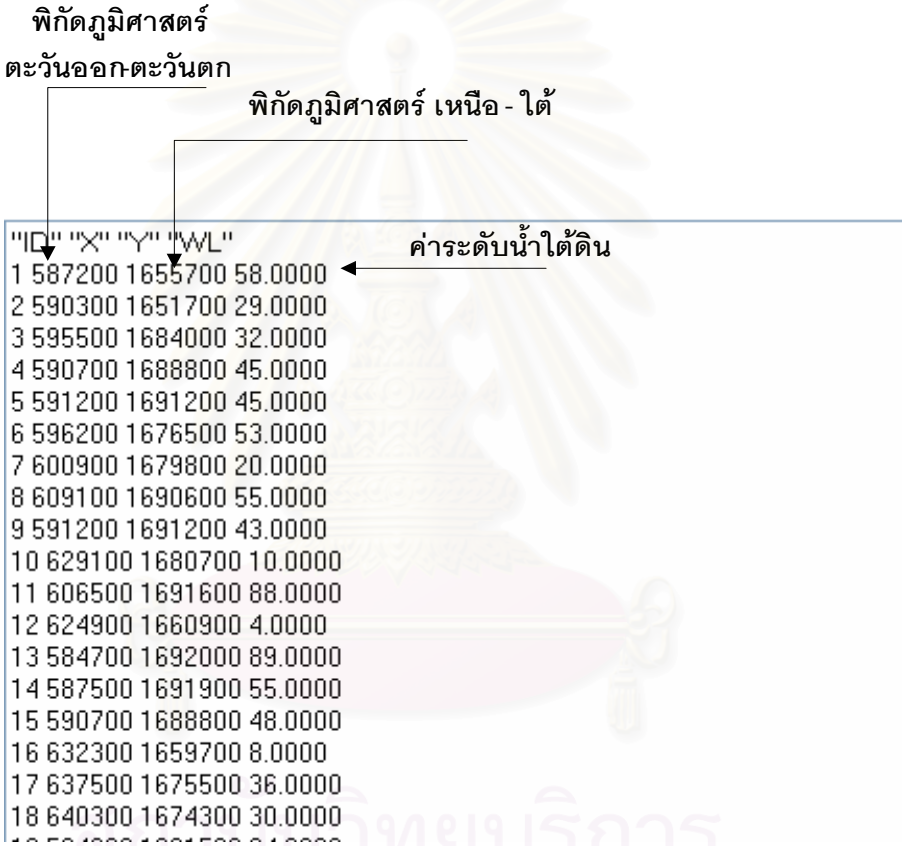
รูปที่ ช-1 แสดงการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของข้อมูลการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ของ ปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าในชุดการคำนวณ Well Package ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนบ่อน้ำใต้ดินทั้งหมด ชั้นน้ำ แถว คอลัมน์ และปริมาณการสูบน้ำ



รูปที่ ช-1 ไฟล์นำเข้า Well Package

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ซ-2 แสดงการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าในชุดการคำนวณ Basic Package ซึ่งประกอบไปด้วย พิกัดภูมิศาสตร์ และค่าระดับน้ำใต้ดิน เพื่อนำไปใช้เป็นค่าระดับน้ำเริ่มต้น(Starting Head) ในการคำนวณ



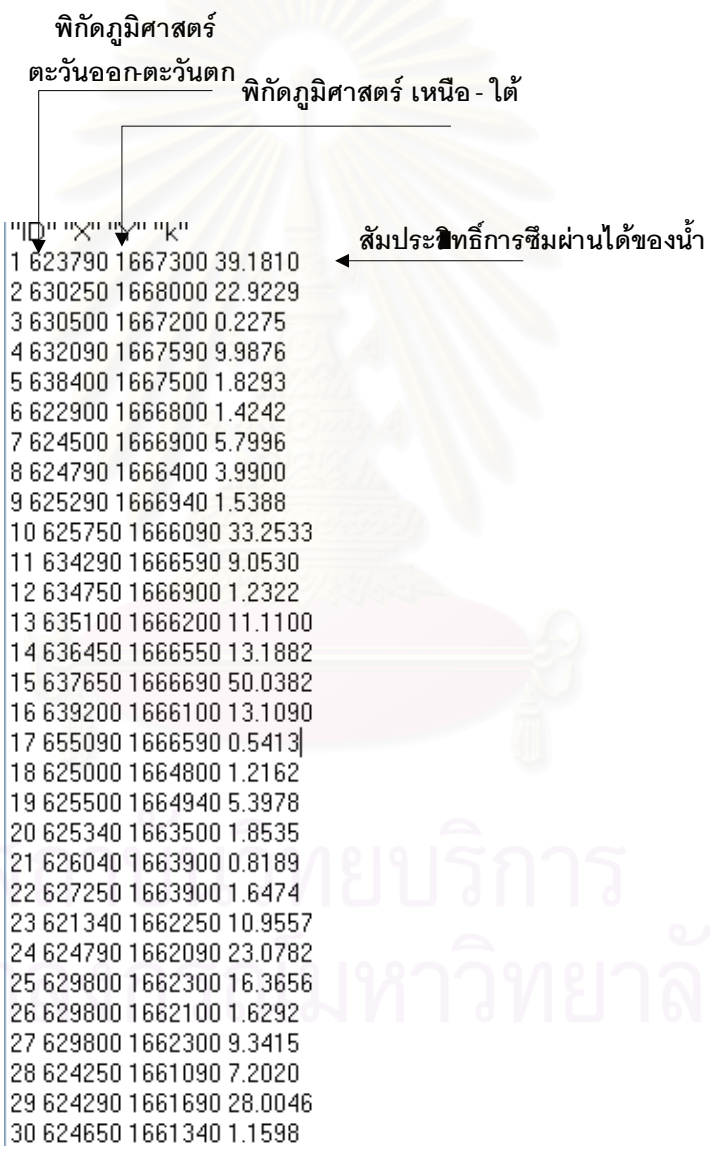
รูปที่ ซ-2 ไฟล์นำเข้า Basic Package

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ซ-3 แสดงการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าในชุดการคำนวณ Basic Package ซึ่งประกอบไปด้วย พิกัดภูมิศาสตร์ และค่าปริมาณฝน เพื่อนำไปใช้เป็นอัตราการเติมน้ำ ในการคำนวณ

รูปที่ ซ-3 ไฟล์นำเข้า Rechage Package

รูปที่ ช-4 แสดงการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าในชุดการคำนวณ Block Center Flow Package ซึ่งประกอบไปด้วย พิกัดภูมิศาสตร์ และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน



รูปที่ ช-4 ไฟล์นำเข้า Block Center Flow Package

รูปที่ ช-5 แสดงการใช้ระบบฐานข้อมูลในการสร้างไฟล์ของค่าระดับน้ำในแม่น้ำในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2542 โดยมีลักษณะเป็น Text File และมีรูปแบบเพื่อนำเข้าในชุดการคำนวณ River Package ซึ่งประกอบไปด้วย พิกัดภูมิศาสตร์ และค่าระดับน้ำของแม่น้ำ

รูปที่ ช-5 ไฟล์นำเข้า River Package

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวมานิศา วีรวิกรม

เกิด 7 ตุลาคม 2521 กรุงเทพมหานคร

การศึกษา พ.ศ.2543 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.)
สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ.2543 เข้าศึกษาต่อหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.)
สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย