รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำสำหรับระบบประปาชุมชนเพื่อการใช้น้ำอย่างยั่งยืน

Development of an Induced Infiltration Gallery for Rural Water Supply System for Sustainable Use

รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง

รศ.สุพจน์ ศรีนิล

นางสาวอุบะ ศิริแก้ว

นายวุฒิภัทร เตาะเจริญสุข

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำสำหรับระบบประปาชุมชนเพื่อการใช้น้ำอย่างยั่งยืน

Development of an Induced Infiltration Gallery for Rural Water Supply System for Sustainable Use

รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง

รศ.สุพจน์ ศรีนิล

นางสาวอุบะ ศิริแก้ว

นายวุฒิภัทร เตาะเจริญสุข

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ การพัฒนาทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำสำหรับระบบประปาชุมชนเพื่อการใช้น้ำอย่างยั่งยืน
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 500,000.00 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 (ขยายเพิ่ม 1 ปี) ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2557
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. รศ.สุพจน์ ศรีนิล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. นางสาวอุบะ ศิริแก้ว คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. นายวุฒิภัทร เตาะเจริญสุข คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

"น้ำประปาที่สะอาด" ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆการพัฒนากระบวนการผลิต "น้ำประปา" ให้ได้คุณภาพ ได้มาตรฐาน และเพียงพอต่อความต้องการจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญยิ่ง ปัจจุบันประชาชนไทยที่อาศัยอยู่ตามหมู่บ้านในพื้นที่ห่างไกลอีกจำนวนหนึ่ง ยังไม่มีโอกาสเข้าถึงน้ำประปาที่มีคุณภาพและสะอาดทั้งนี้ก็ด้วยสาเหตุหลายอย่าง อาทิเช่น เมื่อระบบประปาหมู่บ้านเกิดความชำรุดเสียหาย หน่วยงานในชุมชนบางครั้งก็ไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากขาดงบประมาณและขาดองค์ความรู้ในการแก้ไขปรับปรุง ในเรื่องของคุณภาพน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาเมื่อปริมาณแหล่งน้ำผิวดินลดลงในฤดูแล้งทำให้ไม่สามารถดึงน้ำไปใช้เป็นแหล่งน้ำดิบได้ด้วยวิธีดั้งเดิมแหล่งน้ำดิบบางแห่งมีความขุ่นและสารปนเปื้อน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนเพิ่มขึ้น และปัญหาในเรื่องของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายและพืชน้ำบางชนิดที่มีเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดปัญหาต่อกระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นต้น ซึ่งแนวทางหนึ่งที่สำคัญและหลายๆประเทศทั่วโลกเลือกใช้ก็คือ การปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำประปาในขั้นต้นให้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินมีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อนเข้าสู่กระบวนการอื่นๆในขั้นตอนต่อไป โดยกระบวนการที่ว่านี้ควรทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไป ทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำระบบ Induced Infiltration Gallery (IIG) มาประยุกต์เพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำหรือลำคลอง ให้เข้าสู่ชั้นดินกรองและทางน้ำซับที่ถูกสร้างขึ้นมาบริเวณตลิ่งของช่วงลำน้ำโดยอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ เพื่อให้มีการกำจัดอนุภาคแขวนลอยต่างๆ ตามวิธีทางกายภาพของธรรมชาติ ทำให้น้ำดิบผิวดินมีคุณภาพที่ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ และยังลดขั้นตอนในการบำบัดเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายโดยรวมก็ลดลงและนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ชายฝั่งหรือพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำใต้ดินเค็มได้อีกด้วย โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกเอาพื้นที่บริเวณ อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำซึ่งกำลังประสบปัญหาน้ำบาดาลกร่อยและน้ำผิวดินมีความขุ่นสูงโดยเฉพาะในฤดูแล้งเป็นพื้นที่ตัวอย่างในการทดลอง

คำสำคัญ ทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำ ประปาชนบท การใช้น้ำร่วมกัน

Research Title: Development of an Induced Infiltration Gallery for Rural Water Supply System for Sustainable Use

Researchers:

1. Assoc.Prof.Dr. Uma Seeboonruang
2. Assoc.Prof. Supoj Srinil
3. Miss Uba Sirikaew
4. Mr. Wutthiphat Tocharoensuk

Faculty: Engineering **Department**: Civil Engineearing King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

Abstract

"Clean water supply" is one of the most crucial factors. Procedures of water supply production to maintain high quality within acceptable standard and sufficient for water demand are hence necessary and important. Currently, villagers who live in some rural areas do not have access to clean water because of many reasons. For examples, when a water supply system is out of order, the local water sector sometimes is not able to repair the water supply system due to either the lack of financial resource and technical knowledge. River water in the summer time is typically low and unable to be taken for raw water resource through the conventional piping system. Sometimes, river water is too turbid and contaminated with suspended solids and as the result higher expense and more process are required to get rid of those sediments. Growth of algae and other water plants is also a problem of a water supply system. An effective method that is applied worldwide is to improve the preliminary water treatment process such that the raw water is initially better in quality before the water is entered into following procedures. This improved preliminary treatment should be simple and lower in maintenance cost than the conventional preliminary treatment. This research introduces the Induced Infiltration Gallery (IIG) applied in order to hydraulically induce water from surface water, rivers or streams, into either naturally or artificially filter media connecting to manmade trenches, which located along the water resource. The method generates the natural filtration mechanism, which should remove most of the suspended solids through the physical filtration process. The raw water then becomes less in turbidity and is ready for the next water treatment steps. The introduced process reduces further water treatment chemicals and steps and so treatment expenses. This technique can be applied in the coastal areas or the area with saline groundwater. The method is applied numerically to Bang Nam Phrew district in Chachoengsao province, which is located in the central floodplain and facing the problems of groundwater salinity and high turbidity in surface water especially in the summer time.

Keywords: Infiltration gallery, rural water supply, conjunctive use

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ฯ ประจำปี 2556 ขอขอบคุณนักวิจัยร่วมทุกท่านอันประกอบไปด้วย รศ.สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว และดร.ภาสกร ขันทองทิพย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนักศึกษาช่วยงานระดับบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือมาโดยตลอด

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องด้านงานประปาชุมชน และผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ด้านการจัดแหล่งน้ำต่อไป

อุมา สีบุญเรือง

กันยายน 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สมมติฐาน	4
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	4
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 พื้นที่การศึกษา	10
2.1 ประวัติความเป็นมา	10
2.2 ภูมิประเทศ	10
2.3 ธรณีวิทยา	12
2.4 อุทกวิทยาและอุทกธรณี	12
บทที่ 3 อธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้	15
3.1 การสร้างโมเดล	15

3.2 การออกแบบสถานการณ์จำลอง (Scenario) 29

บทที่ 4 ผลสำรวจเบื้องต้น 32

4.1 ผลการสำรวจปัญหาของระบบน้ำประปาชุมชนจากหน่วยงานต่างๆ 32

4.2 ผลการเจาะสำรวจชั้นดิน 43

4.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน 47

4.4 ผลการตรวจวัดระดับน้ำผิวดินและระดับน้ำใต้ดิน 48

บทที่ 5 ผลการศึกษา 49

5.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ 49

5.2 ค่าระดับของน้ำบาดาลจากการวิเคราะห์ 53

บทที่ 6 การนำไปใช้กับพื้นที่จริง 57

6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่การศึกษา 57

6.2 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ 58

6.3 การกำหนดขอบเขต (Boundary) 59

6.4 ผลการทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล 60

บรรณานุกรม 65

ภาคผนวก 68

ภาคผนวก ก 69

ภาคผนวก ข 73

ภาคผนวก ค 84

ประวัตินักวิจัย 113

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โครงการชลประทานในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราที่ก่อสร้าง	13
2.2 จำนวนบ่อน้ำบาดาลภายในจังหวัดฉะเชิงเทรา แยกเป็นรายอำเภอ	14
3.1 รายละเอียดชุดการทดลอง	30
4.1 ข้อมูลประจำเดือนธันวาคม 2555	32
5.1 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS1	49
5.2 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS2	50
5.3 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS3	50
6.1 ค่าสัมประสิทธิ์การซึม	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 Induced Infiltration Gallery (IIG) หรือทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำ	4
3.1 โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน	15
3.2 โปรแกรม Visual Modflow สร้าง Model	15
3.3 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline	16
3.4 โปรแกรม Visual Modflow รายละเอียด Flow Option	16
3.5 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain	17
3.6 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย	17
3.7 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มแผนที่ Google earth	18
3.8 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มภาพแผนที่เสร็จแล้ว	19
3.9 โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line	19
3.10 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	20
3.11 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	20
3.12 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	21
3.13 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	21
3.14 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	22
3.15 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity	22

ภาพที่ (ต่อ) หน้า

3.16 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity 23

3.17 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity 23

3.18 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity 24

3.19 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Boundaries>Recharge 24

3.20 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head 25

3.21 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries> River 26

3.22 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program 27

3.23 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program 27

3.24 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program 28

3.25 โปรแกรม Visual Modflow ดูผลลัพธ์การจำลอง Output 28

3.26 โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล 29

3.27 สถานการณ์จำลองในรูปแบบต่างๆ 31

4.1 แหล่งน้ำดิบกปภ. สาขาคลองใหญ่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด 32

4.2 ตำแหน่งกปภ. สาขาคลองใหญ่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด 33

4.3 ตำแหน่งกปภ. สาขาปักธงชัย อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา (หน่วยบริการวังน้ำเขียว) 35

4.4 ตำแหน่งกปภ. สาขาศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี 36

4.5 ตำแหน่งอำเภอบ้านค่าย จ.ระยอง 37

4.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จ.ระยอง 37

ภาพที่ (ต่อ)	หน้า
4.7 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	38
4.8 แหล่งน้ำดิบและบริเวณพื้นที่ข้างเคียง หมู่5 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	39
4.9 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.โคกศรีสุพรรณ จ.สกลนคร	39
4.10 การประปาหมู่ 2 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	40
4.11 การประปาหมู่ 3 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	41
4.12 การประปาหมู่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	42
4.13 การประปาหมู่ 7 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	42
4.14 การประปาหมู่ 8 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	43
4.15 ตำแหน่งสถานที่เจาะสำรวจชั้นดิน หมู่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	44
4.16 ลักษณะของชั้นดิน	44
4.17 Boring log	45
4.18 Summary of test results	46
4.19 Natural Water Content	47
4.20 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในวันที่ 15 สิงหาคม 2556	47
4.21 เปรียบเทียบระดับน้ำในคลองและระดับน้ำในบ่อน้ำใต้ดิน หมู่ที่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	48
5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS1	51
5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS2	52

ภาพที่ (ต่อ) หน้า

5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS3 53

5.4 ภาพ Top View เส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 2 (Slope เท่ากับ 1.5) 54

5.5 ภาพ Top View เส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 2 (Slope เท่ากับ -1.5) 54

5.6 ภาพตัดขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 1 (Slope เท่ากับ 1.5) 55

5.7 ภาพตัดขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 1 (Slope เท่ากับ -1.5) 56

6.1 ข้อมูลหลุมเจาะ ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา 57

6.2 Conceptual Model ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา 59

6.3 แสดงขอบเขตที่จะทำการจำลอง 59

6.4 แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล บริเวณ ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา 60

6.5 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 6.00E-3 เมตร/วินาที 61

6.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS1 61

6.7 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 2.00E-3 เมตร/วินาที 62

6.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS2 62

6.9 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 2E-4 เมตร/วินาที 63

6.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS3 64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำประปาที่สะอาดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ และถือว่ามีความสำคัญอันดับต้นๆ ในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมทุกระดับทั่วโลกรวมถึงในประเทศไทย งบประมาณเงินรายได้ส่วนหนึ่งของประเทศมีการจัดสรรเพื่อการประปาเป็นจำนวนมากในช่วงระยะเวลาสามสิบกว่าปีที่ผ่านมา เพื่อให้ประชาชนทุกคนในทุกหมู่บ้านสามารถเข้าถึงน้ำประปาที่มีปริมาณเพียงพอและมีคุณภาพที่อยู่ในระดับมาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยเฉลี่ย การเข้าถึงน้ำประปาของประชากรในประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก 10 เปอร์เซ็นต์ในปีพ.ศ. 2516 เป็นประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงในทิศทางบวกนี้ส่งผลต่อมาตรฐานของการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีและเด็กในพื้นที่ที่ห่างไกล ที่ไม่ต้องเดินเท้าเป็นระยะทางไกลเพื่อหาน้ำใช้ ตลอดระยะเวลาของการพัฒนาที่ผ่านมา แม้ว่าคุณภาพของน้ำประปาในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ทั่วประเทศอยู่ในมาตรฐานที่สูง แต่น้ำประปาในชนบทบางแห่งมีคุณภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (WHO, 1993)

ปัจจุบัน แม้ประมาณเกือบ 90 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณ 61000 หมู่บ้านในประเทศไทยสามารถเข้าถึงน้ำประปา แต่อีกเกือบ 18000 หมู่บ้านยังไม่มีระบบผลิตน้ำประปาหรือมีระบบผลิตน้ำประปาของหมู่บ้านนั้นๆไม่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอที่จะผลิตน้ำประปาด้วยปริมาณที่เพียงพอและคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ในชนบทที่ห่างไกลพบว่าประมาณเพียงแค่ 15 เปอร์เซ็นต์ของหลังคาเรือนทั้งหมดมีน้ำดื่มที่มาจากระบบผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพและเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ดื่มน้ำจากระบบเก็บกักน้ำฝนในบ้านเรือน (Juntopas and Naruchaikusol, 2011) และในปี พ.ศ.2542 มีพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ดังนั้นส่วนราชการจึงได้ถ่ายโอนภารกิจและทรัพย์สินสาธารณูปโภค (แหล่งน้ำและระบบประปาชนบท) ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการต่อไป และเมื่อระบบน้ำประปาเกิดการชำรุดเสียหาย หน่วยงานในชุมชนบางครั้งจะไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากการขาดงบประมาณและขาดองค์ความรู้ในการซ่อมแซมและปรับปรุง ทำให้ชุมชนขาดน้ำประปาหรืออาจดื่มน้ำประปาที่มีคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน

การพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคอาจเป็นแหล่งน้ำดิบทางเลือกเพิ่มขึ้นจากระบบผลิตน้ำจากน้ำผิวดิน เนื่องจากน้ำบาดาลสามารถเข้าถึงได้ง่ายในระดับหมู่บ้านและระดับหลังคาเรือน และส่วนใหญ่ยังมีคุณภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำดิบที่มาจากน้ำผิวดิน แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อยู่ที่ปริมาณของน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ได้ในแต่ละปี โดยไม่ทำให้น้ำในชั้นหินอุ้มน้ำหมดไปหรือก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่อง อาทิเช่น การเกิดแผ่นดินทรุด การลดลงของระดับน้ำบาดาลต่อเนื่องและไม่กลับคืนตัว นอกจากนี้แล้ว น้ำบาดาลระดับตื้นมีความอ่อนไหวสูงต่อการถูกปนเปื้อนจากของเสียจากแหล่งกิจกรรมบนผิวดินได้ง่าย

โดยภาพรวมทั้งประเทศ ปัญหาคุณภาพน้ำที่นำน้ำดิบมาจากแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำมาผลิตน้ำประปา เกิดจากการระบายของเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ จากผลการตรวจวัดและตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟิคอล-โคลิฟอร์มมีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานในช่วงที่แหล่งน้ำไหลผ่านชุมชนเมืองหลายแห่ง ทำให้เกิดการกัดเซาะและพังทลายของดินลงสู่แหล่งน้ำและยังทำให้กระบวนการผลิต น้ำประปามีค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนเพิ่มมากขึ้น ปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายและพืชน้ำ และมีสาหร่ายบางชนิดที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดปัญหาต่อกระบวนการผลิตน้ำประปาเมื่อใช้แหล่งน้ำนั้นเป็นแหล่งน้ำดิบ ตัวแปรหลักที่เป็นปัญหาต่อคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศมาจากการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ประมาณร้อยละ 42 รองลงมาคือ ความขุ่น ร้อยละ 34 ออกซิเจนละลายร้อยละ 12 แอมโมเนียร้อยละ 7 ฟอสฟอรัสร้อยละ 4 และค่าความสกปรกในรูปบีโอดีประมาณร้อยละ 1 (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553) นอกจากนี้ ยังพบปัญหาด้านคุณภาพน้ำดิบที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลาตามฤดูกาล ในฤดูฝน จะพบว่าเกิดปัญหาความขุ่นที่สูงผิดปกติ ปริมาณสารอินทรีย์และสีในน้ำดิบสูง ค่าความเป็นด่างและค่าความนำไฟฟ้าลดลง และปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเพิ่มสูงมาก ส่วนในฤดูหนาวและฤดูร้อน น้ำดิบมีความขุ่นต่ำลง ปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบสูง และค่าการนำไฟฟ้าสูง (http://www.mwa.co.th/) ปัญหาด้านคุณภาพของน้ำดิบที่ต่ำส่งผลให้กระบวนการผลิตน้ำมีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ชุมชนที่ยากจนและอยู่ห่างไกลขาดการเข้าถึงน้ำประปาที่มีคุณภาพ

ในประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสะอาดใช้ น้ำดิบมีการปนเปื้อนจากสารพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อหลายชีวิต ส่วนใหญ่แล้วชุมชนที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเนื่องจากการขาดน้ำดิบที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตและระบบผลิตที่มีประสิทธิภาพคือชุมชนที่อยู่ห่างไกล ดังนั้นระบบผลิตน้ำประปาสำหรับชุมชนเหล่านี้ควรมีประสิทธิภาพและในขณะเดียวกันการเดินระบบต้องไม่ซับซ้อน ขั้นตอนการเดินระบบไม่จำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญมาก และระบบผลิตต้องมีราคาไม่แพง มีงานวิจัยจำนวนน้อยที่มีจุดประสงค์ในการพัฒนาระบบผลิตน้ำที่มีลักษณะดังกล่าว Bravo et al. (2008) ออกแบบระบบผลิตน้ำที่ประกอบด้วยระบบกรองทำจากผ้าเพื่อลดความขุ่น และระบบการไหลตามขั้นบันไดเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างสามารถหาได้จากท้องถิ่นคือ ไม้ พลาสติก พีวีซี ทรายและกรวด กระบวนการนี้เหมาะสำหรับการผลิตน้ำประปาขนาดเล็กมาก

แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของน้ำประปาที่เป็นไปได้และประสบความสำเร็จในหลายๆประเทศที่กำลังพัฒนาหรือด้อยพัฒนา คือการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำประปาในขั้นต้น ให้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินมีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อนในกระบวนการแรก ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นต่อไป โดยกระบวนการนี้ควรเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาทั่วไปที่ต้องมีการก่อสร้างระบบผลิตน้ำที่ยุ่งยากหลายขั้นตอนและต้องมีการใส่สารเคมีปริมาณมากที่มีค่าใช้จ่ายที่สูง แปรผันตามความความสกปรกของแหล่งน้ำดิบนั้นๆ กระบวนการผลิตน้ำประปาขั้นต้นนี้จะอาศัยหลักการของ Soil aquifer treatment (SAT) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ โดยปล่อยให้น้ำเสียที่ได้ปรับคุณภาพบางส่วนให้ไหลซึมผ่านชั้นดินลงไป น้ำที่ซึมลงไปจะได้รับการปรับปรุงคุณภาพโดยกระบวนการตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นระหว่างที่น้ำซึม

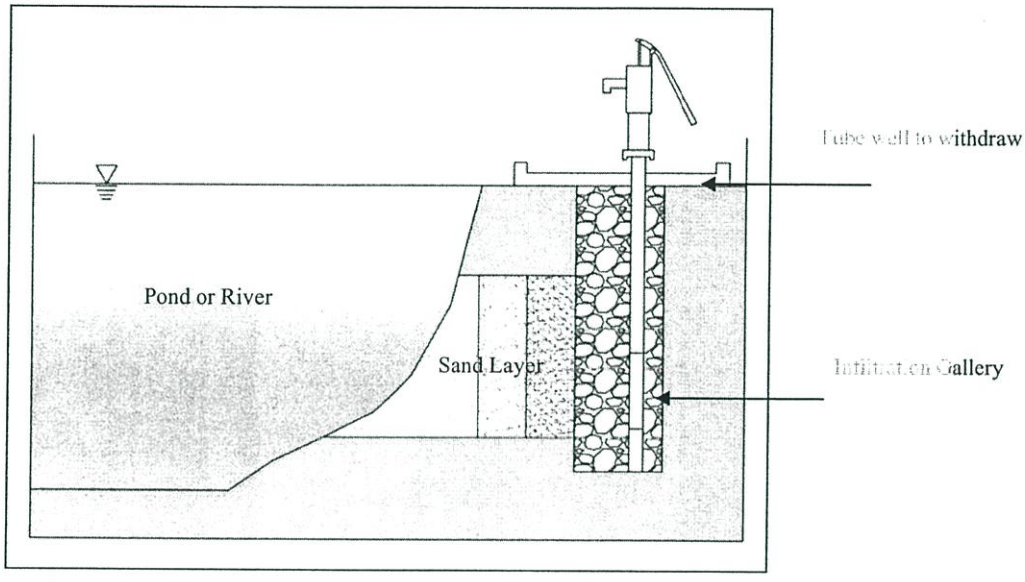
ผ่านชั้นดิน นอกจากนั้นแล้วเมื่อผสมกับน้ำบาดาล คุณภาพของน้ำโดยรวมก็จะดีขึ้น (AWWA, 2001; Kopchynski, 1996)

โดยปกติแล้ว ระบบทางน้ำซับ (Infiltration gallery) คือร่องทางไหลของน้ำที่ถูกสร้างติดต่อกันในแนวระนาบ อาจจะประกอบด้วยบ่อเจาะบาดาลในแนวดิ่งจำนวนหลายๆบ่อเรียงกันเป็นแนว หรือท่อเซาะเป็นร่องวางในแนวนอน หรือเป็นท่อเซาะร่องในแนวระนาบต่อจากท่อในแนวดิ่งที่ขุดลึกไปใต้ดิน หรือเป็นเพียงร่องระบายน้ำเป็นช่วงๆต่อกัน ซึ่งวางอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินและรับน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลจากชั้นหินอุ้มน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์ต่างๆ ระบบนี้จำเป็นต้องอาศัยชั้นดินที่มีเม็ดดินที่มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ดีเพื่อน้ำสามารถไหลผ่านไปสู่ Infiltration gallery ได้สะดวก Gallery ควรมีชั้นกรวดกรุโดยรอบเพื่อเพิ่มศักยภาพของการไหลเข้าสู่ระบบและเป็นการป้องกันเม็ดอนุภาคขนาดใหญ่ไม่ให้กั้นขวางการไหลของน้ำ Infiltration gallery แบบธรรมดาทั่วไปที่กล่าวมามักใช้ร่วมกับระบบประปาอื่นๆ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำดิบที่ไหลเข้าระบบผลิตน้ำในพื้นที่ที่มีการให้น้ำต่ำ เช่น ระบบน้ำผิวดิน หรือบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น

คณะผู้วิจัยนำระบบ Infiltration gallery มาประยุกต์เพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำน้ำซึมใต้ดิน (Subsurface water) จากแม่น้ำและลำคลองต่างๆ โดยผ่านชั้นกรองก่อสร้างด้วยเม็ดดินขนาดต่างๆ โดยที่ชั้นกรองนี้จะมีความต่อเนื่องทางชลศาสตร์จากแม่น้ำหรือบ่อน้ำที่มีการไหลสูงตลอดปี (Perennial river or pond) จนถึง Infiltration gallery น้ำที่ไหลเข้าสู่ Gallery จะถูกรวบรวมโดยบ่อน้ำบาดาล หรือบ่อรวบรวมน้ำ และถูกสูบออกโดยตรงจากเครื่องสูบน้ำไปเก็บไว้ที่ถังเก็บน้ำ ระบบการเหนี่ยวนำจากบ่อบาดาลหรือบ่อรวมรวมน้ำนี้อาศัยกลไกทางชลศาสตร์ คือน้ำจะไหลจากตำแหน่งที่มีความดันชลศาสตร์สูง คือ แหล่งน้ำผิวดิน ไปยังตำแหน่งที่มีความดันชลศาสตร์ต่ำ คือ Infiltration gallery เรียกระบบนี้ว่า Induced infiltration gallery (IIG) หรือทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำ (รูปที่ 1) เมื่อน้ำซึมใต้ดินผ่านชั้นกรอง อนุภาคแขวนลอยต่างๆทั้งที่เป็นสารอนินทรีย์และอินทรีย์รวมถึงจุลชีพต่างๆจะถูกกำจัด น้ำดิบผิวดินจะมีคุณภาพดีขึ้นมาก และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ระบบ IIG นี้ยังสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ชายฝั่งหรือพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำใต้ดินเค็มได้ โดยระบบจะเหนี่ยวนำน้ำซึมใต้ดินจากลำน้ำหรือบ่อน้ำที่มีน้ำจืดหรือที่เค็มน้อยกว่าและผ่านชั้นกรองที่ก่อสร้างขึ้นมา น้ำที่ได้จะมีความเค็มน้อยกว่าการนำน้ำมาจากทะเลหรือสูบจากชั้นใต้ดินเค็มโดยตรง

ในงานวิจัยนี้ น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำหรือลำคลอง จะถูกเหนี่ยวนำ (Induction) ให้เข้าสู่ชั้นดินกรองและทางน้ำซับ (Infiltration gallery) ที่ถูกสร้างขึ้นมาบริเวณตลิ่งของช่วงลำน้ำที่เหมาะสมโดยอาศัยหลักการชลศาสตร์ น้ำผิวดินที่ผ่านเข้ามาในชั้นดินกรองนี้จะถูกกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบำบัดและกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น ความขุ่นและแบคทีเรียบางชนิดให้ลดน้อยลง ทำให้น้ำที่ผ่านเข้าระบบทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำ (Induced infiltration gallery, IIG) นี้มีความสะอาดในระดับหนึ่งและสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาในขั้นต่อไปได้ เป็นการลดขั้นตอนการบำบัดในเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายโดยรวมลง ส่งผลให้ชุมชนและหมู่บ้านต่างๆสามารถเข้าถึงน้ำประปาที่มีคุณภาพและราคาถูกได้ ทั้งเป็นการพัฒนาระบบโครงสร้าง

พื้นฐานและเสริมสร้างความมั่นคงของชุมชนให้สามารถยืนหยัดได้ด้วยตัวเอง อันเป็นกรอบการพัฒนาที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ



ภาพที่ 1.1 Induced Infiltration Gallery (IIG) หรือทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำ

1.2. สมมุติฐาน

ระบบ Induced Infiltration Gallery (IIG) สามารถนำมาใช้งานได้จริง และสามารถผลิตน้ำดิบได้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรในหมู่บ้านนั้นๆ ได้แม้ในพื้นที่ที่มีคุณสมบัติของชั้นดินค่อนข้างทึบน้ำ

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 เพื่อปรับปรุงระบบผลิตน้ำประปาในขั้นต้นสำหรับระบบประปาขนาดกลางและเล็กทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพโดยวิธี IIG ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยเน้นระบบที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยากและเหมาะกับหมู่บ้านที่ห่างไกล

1.3.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางด้านชลศาสตร์ ปฐพีวิทยาและวิศวกรรมศาสตร์ในการพัฒนาระบบ IIG มาใช้ โดยการสำรวจและศึกษาในขั้นรายละเอียดทั้งทางหน้างานจริงและโดยใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

1.3.3 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนขั้นต้นที่สามารถใช้ได้จริง พร้อมทั้งเผยแพร่และประชาสัมพันธ์แก่หน่วยงานที่สนใจ นำผลการศึกษานี้ไปขยายผลต่อไปในอนาคต

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ IIG อาศัยทั้งข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ลักษณะของดิน

ชั้นบน ระดับน้ำผิวดินหรืออัตราการไหล ระดับน้ำใต้ดิน คุณภาพของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน และข้อมูลน้ำท่วม และข้อมูลที่สำรวจเพิ่มเติมในงานวิจัยนี้ เช่น การสำรวจชั้นดินโดยการขุดเจาะ การทดสอบอัตราการซึมผ่านของดินโดยใช้การสูบทดสอบ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน โดยจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อย่างเป็นระบบ

1.4.2 การคัดเลือกพื้นที่ก่อสร้างระบบ IIG นำร่อง จะทำการคัดเลือกจากพื้นที่ที่มีศักยภาพจำนวน 1 ตำแหน่งเพื่อทำการออกแบบระบบนำร่องนี้ เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น

1.4.3 การสังเกตการณ์จะตรวจวัดตัวแปรต่างๆเพื่อใช้ในการออกแบบ เช่น คุณภาพน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำใต้ดินอย่างละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย เจาะสำรวจคุณสมบัติของชั้นดินระดับตื้น พร้อมก่อสร้างบ่อสังเกตการณ์สำหรับวัดระดับน้ำใต้ดินและเปรียบเทียบกับระดับน้ำผิวดินอย่างต่อเนื่อง

1.4.4 การออกแบบระบบ IIG เบื้องต้น ทำการกำหนดรูปแบบ ลักษณะและองค์ประกอบหลักต่าง ๆ จะพิจารณาขนาดของบ่อกรอง ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดินกรองและอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

1.4.5 จัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการไหลของน้ำซึมใต้ดินในชั้นดินอิ่มตัวระหว่างลำน้ำและทางน้ำซับโดยใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลที่สำรวจเบื้องต้น เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อการไหลแบบเหนี่ยวนำจากการสูบน้ำผ่านชั้นหินอุ้มน้ำและชั้นกรองน้ำ เพื่อใช้ในการออกแบบระบบและวางโครงข่ายสังเกตการณ์ได้อย่างเหมาะสม

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลและศึกษาสภาพปัจจุบันของพื้นที่โครงการสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่ปรึกษาจะต้องรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลพื้นฐานด้านภูมิประเทศ การคมนาคม และขอบเขตการปกครอง
- ข้อมูลด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และสภาพแหล่งน้ำบาดาล
- ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของรัฐและเอกชน บ่อน้ำตื้น แหล่งน้ำธรรมชาติ
- ข้อมูลการใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำทั้งในปัจจุบันและอนาคต
- ข้อมูลด้านแหล่งน้ำผิวดิน ระบบประปา และระบบชลประทาน
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา
- ข้อมูลการดำเนินการออกแบบก่อนสร้าง การใช้งานและการบำรุงรักษาระบบ Infiltration gallery จาก ต่างประเทศ
- ข้อมูลอื่นๆที่เป็นประโยชน์ เช่น ผลกระทบด้านกฎหมาย

1.5.2 การทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

กำหนดแนวทางการคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพในการก่อสร้างระบบ IIG โดยพิจารณาจากข้อมูลสภาพภูมิประเทศและอุทกธรณีเป็นสำคัญ เช่น ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางน้ำ ระดับและปริมาณน้ำในแม่น้ำในฤดูกาลต่างๆ ระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาล และคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลอื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ เช่นความต้องการของประชาชน ทำการคัดเลือกพื้นที่โดยการใช้เทคนิคการซ้อนทับและให้คะแนนข้อมูลเชิงพื้นที่และสถิติในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สรุปผลการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพจำนวน 1 พื้นที่เพื่อนำไปศึกษาในขั้นรายละเอียดและออกแบบเพื่อการก่อสร้างระยะต่อไป

1.5.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินภาคสนาม

ประกอบไปด้วยงานต่างๆที่มีเป้าหมายในการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจในมาตราส่วนที่เหมาะสม และการจัดสร้างแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ เช่น ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา

1.5.3.1 วางแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน ตามมาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ (1) กำหนดวัตถุประสงค์และการคัดกรองงาน (2) กำหนดพื้นที่การสำรวจซึ่งต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยจะกำหนดขอบเขตของหมู่บ้านที่ขาดแคลนแหล่งน้ำหรือขอบเขตของพื้นที่โครงการต่างๆเป็นขอบเขตพื้นที่ศึกษา และ (3) สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ ซึ่งแบบจำลองนี้จะกลายเป็นแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ในที่สุด

1.5.3.2 รวบรวมจัดเก็บข้อมูลและการเตรียมการสำรวจฯ ตามมาตรฐาน ทม ส 1000-2550 ประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้ (1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50000 ในแผนที่นี้บรรจุด้วยข้อมูลที่สำคัญคือ ภูมิประเทศ อุทกวิทยาและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งภาพเหล่านี้สามารถใช้แปลหาค่าข้อมูลด้านธรณีวิทยาสัณฐาน ข้อมูลด้านธรณีวิทยาภูมิภาค ข้อมูลด้านธรณีวิทยาโครงสร้าง แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่อุทกธรณีวิทยา ข้อมูลการเจาะบ่อบาดาลซึ่งเจาะโดยหน่วยงานของรัฐทั่วประเทศ และ (2) เตรียมแผนที่พื้นฐาน โดยจะต้องลงตำแหน่งพื้นที่สำรวจ เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น ระหว่างแผนที่ธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาด้วยภาพถ่ายทางอากาศ กำหนดตำแหน่งจุดตรวจสอบที่จำเป็นลงในแผนที่พื้นฐาน ลงตำแหน่งบ่อบาดาลพร้อมข้อมูลบ่อในแผนที่พื้นฐาน

1.5.3.3 การจัดทำแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ จากขั้นตอนที่ผ่านมาการวางแผนกำหนดได้จากวัตถุประสงค์ของงานและรวบรวมข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนการสำรวจและจำลองต่อไป (1) แผนการสำรวจจะประกอบไปด้วย วิธีการสำรวจและจัดเก็บข้อมูล แผนการใช้เครื่องมือ เวลา และบุคลากรในการสำรวจ (2) จัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ โดยดำเนินการตามมาตรฐาน ทบ ป 3000-2550

1.5.3.4 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาภาคสนาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจน้ำบาดาลได้จากหินชนิดใด มีชั้นน้ำบาดาลกี่ชั้น แต่ละชั้นมีขอบเขตและลักษณะการแผ่ขยายตัวเป็นแบบใด การสำรวจจะดำเนินการสำรวจด้านภูมิประเทศธรณีสัณฐานวิทยา ด้านอุทกธรณีวิทยาภูมิภาพ ด้านโครงสร้างธรณีวิทยา

1.5.3.5 การรังวัดระดับบ่อบาดาลและระดับตำแหน่งจุดสำรวจ ข้อมูลนี้อาจหาได้จากการอ่านแผนที่ภูมิประเทศและควรใช้ทีมงานในการเดินรังวัดระดับความสูง

1.5.3.6 การจัดทำต้นร่างแผนที่และแบบจำลองอุทกธรณีวิทยา (1) แผนที่ต้นร่างอุทกธรณีวิทยาจะประกอบไปด้วยแผนที่หลัก และแผนที่ประกอบอื่นๆ ซึ่งเป็นแผนที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม อาจขยายมาตราส่วนของแผนที่ได้ (2) แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ เพื่อคาดถึงลักษณะชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ เช่น ความลึก ความหนา การแผ่กระจายตัวของชั้นหิน เป็นต้น

1.5.4 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินภาคสนาม

การสำรวจประเภทนี้เป็นการสำรวจภาคสนาม เพื่อสืบหาข้อมูลในเชิงลึกโดยใช้เครื่องมือสำรวจหยั่งลึกหรือเจาะลึกลงไปจากผิวดิน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลด้านระดับน้ำบาดาล ระดับความลึกของชั้นน้ำ คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น และลักษณะการวางตัวของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินระดับตื้น

1.5.4.1 การวัดระดับน้ำบาดาล

- การวางแผนและการคัดเลือกจุดวัดระดับน้ำ ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานเพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของน้ำบาดาลของชั้นน้ำ โดยคัดเลือกบ่อเจาะที่ห่างจากบ่อสูบในชั้นน้ำเดียวกัน อย่างน้อยพ้นจากรัศมีการแย่งน้ำของบ่อสูบ เพื่อลดผลกระทบจากการรวยน้ำลดจากบ่อสูบ และบ่อสังเกตการณ์ต้องลงท่อกรองน้ำตลอดช่วงความหนาของชั้นน้ำ เฉพาะในชั้นน้ำที่ต้องการตรวจวัดระดับน้ำเท่านั้น
- การสำรวจตรวจวัดระดับน้ำบาดาล อาจสำรวจโดยใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลจากบ่อน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่อง หรือวิธีวัดจากบ่อบาดาลโดยตรง ตามมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ทบ ส 3000-2550 ทำการวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลและบ่อน้ำตื้นที่อยู่เดิมในพื้นที่ที่คัดเลือกไว้ โดยจะใช้ฐานข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันมาทำการพิจารณาเบื้องต้น ได้แก่ ฐานข้อมูลพสุธารา ฐานข้อมูลจากแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด ฐานข้อมูลจากโครงการประจำปีของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

1.5.4.2 การวัดความลึกบ่อ

สำหรับบ่อบาดาลที่ไม่มีข้อมูลการเจาะใดๆ ข้อมูลด้านความลึกบ่อน้ำบาดาลสามารถตรวจวัดได้ในสนาม ข้อมูลนี้มีความสำคัญคือสามารถระบุได้ว่า บ่อน้ำบาดาลนั้นสูบน้ำบาดาลขึ้นมาจากชั้นหินอุ้มน้ำใด

1.5.4.3 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการวิเคราะห์น้ำบาดาลในสนาม

- การเตรียมการจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อบาดาล ศึกษาวัตถุประสงค์ของการจัดเก็บ จัดทำแผนที่ตำแหน่ง
- อุปกรณ์ที่ใช้ตักน้ำบาดาล เช่น กระบอกตักแบบลิ้นเดี่ยว กระบอกตักแบบลิ้นคู่ หรือกระบอกตักแบบใช้ความดันต่างศักดิ์

- การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในสนามซึ่งประกอบไปด้วย ความเป็นกรดด่าง การนำไฟฟ้า ความขุ่น แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ซิลิก้า คลอไรด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ไนไตรท์ ไนเตรท ฟลูออไรด์ ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ความกระด้างทั้งหมดแอมโมเนียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสรวม ซัลไฟด์ สารหนู ไซยาไนด์ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ซิลิเนียม แบคทีเรีย ออกซิเจนละลายน้ำ และบีโอดี

1.5.4.4 การจัดเก็บตัวอย่างดินหิน

ในพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลการเจาะ จำเป็นต้องดำเนินการจัดเก็บตัวอย่างดินหิน ครอบคลุมเฉพาะสำรวจระดับตื้น (ความลึกไม่เกิน 30 เมตร) การเจาะอาจอาศัยชุดเจาะแบบมือหมุน ชุดเจาะแบบดูดตัวอย่าง การเจาะแบบกระแทกหมุน หรือการเจาะแท่งหินตัวอย่างแบบกระแทก ตัวอย่างดินและหินจะนำไปใช้ในการหาคุณสมบัติทางปฐพีกลศาสตร์ เช่น การกระจายตัวของเม็ดดิน ความสามารถในการซึมผ่านของเม็ดดิน เป็นต้น

1.5.5 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

การสูบทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ และขอบเขตของหินอุ้มน้ำ การสูบจะทำการสูบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 24 – 72 ชั่วโมงในอัตราการสูบคงที่ขึ้นอยู่ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำ และต้องมีบ่อสังเกตการณ์อย่างน้อย 1 บ่อ และจะทำการบันทึกข้อมูลระดับน้ำระหว่างสูบในบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ให้มีความถี่ตามมาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบโดยใช้ทั้งสมการการไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่และสภาวะไม่คงที่ เช่น วิธีของ Theis หรือวิธีของ Jacob

1.5.6 การวัดระดับน้ำในแม่น้ำและวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างน้ำในแม่น้ำ

ทำการสำรวจระดับน้ำในแม่น้ำและเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำในพื้นที่ที่มีศักยภาพ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวภาพและสารพิษ ซึ่งประกอบไปด้วย ความเป็นกรดด่าง การนำไฟฟ้า ความขุ่น แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ซิลิก้า คลอไรด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ไนไตรท์ ไนเตรท ฟลูออไรด์ ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ความกระด้างทั้งหมด แอมโมเนียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสรวม ซัลไฟด์ สารหนู ไซยาไนด์ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ซิลิเนียม แบคทีเรีย ออกซิเจนละลายน้ำ และบีโอดี โดยห้องทดสอบที่มีมาตรฐานและได้รับการรับรอง

1.5.7 การทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ที่มีศักยภาพโดยใช้ผลวิเคราะห์ข้อมูล การสำรวจทางอุทกธรณีวิทยา โดยวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการพัฒนาระบบ IIG นี้เน้นการประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาสมดุลน้ำของพื้นที่ การประเมินตัวแปรทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำที่ติดกับแม่น้ำ การศึกษาสัดส่วนของน้ำจากการกรองผ่านแม่น้ำต่อปริมาณน้ำในชั้นบาดาล การศึกษาเวลาการไหล การศึกษาระยะทางการไหล ซึ่งต้องนำมาใช้พิจารณาเพื่อประเมินประสิทธิภาพการกรองสารเจือปนต่างๆ ในแต่ละกรณีการออกแบบมีการกำหนดระยะห่างของกลุ่มบ่อและริมตลิ่งแม่น้ำที่แตกต่างกัน จำนวนบ่อและระยะห่างแต่ละบ่อ

ในการออกแบบตำแหน่ง ความลึกต่างๆ และวิธีการสูบน้ำในระบบ นิยมใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการจำลองทางเลือกของวิธีการและตำแหน่งที่เหมาะสม โดยส่วนใหญ่ใช้แบบจำลอง MODFLOW (Harbough and McDonald, 1996) ในการทดลองกรณีการออกแบบประเภทต่างๆ ซึ่งตัวแปรหลักในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แก่ ชนิดและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ ค่าความนำทางชลศาสตร์ ความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของหินอุ้มน้ำ ข้อมูลการไหลของน้ำบาดาล ระดับน้ำบาดาล ระดับน้ำในแม่น้ำ ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ และขอบเขตแบบจำลองเป็นต้น

ขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองในโครงการประกอบไปด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ การเลือกใช้แบบจำลอง การออกแบบกริด การกำหนดตัวแปรและเงื่อนไขที่ขอบเขตแบบจำลอง การจำลองเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง และการจำลองเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบระบบ IIG โดยการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะอ้างอิงชุดมาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 ถึง 3008-2550

1.5.8 การก่อสร้างแบบจำลองกายภาพระบบ IIG

นำผลการจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาตำแหน่งการสูบที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษภาพ และออกแบบระบบ IIG นำร่องในพื้นที่ศึกษภาพ 1 พื้นที่ข้างต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการจำลองประเมินสัดส่วนของน้ำจากแม่น้ำและน้ำบาดาล และระยะเวลาการไหล ระยะทางการไหล และผลการประเมินความสามารถในการกรองและลดการปนเปื้อนเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หลัก ทำการออกแบบ ลักษณะ และองค์ประกอบหลักต่างๆ เช่น ออกแบบขนาดบ่อ ความลึกของบ่อ ขนาดของตัวกรองเพื่อให้บ่อสามารถพัฒนาน้ำได้ปริมาณและคุณภาพดีที่สุด เครื่องสูบน้ำ

1.5.9 การประชาสัมพันธ์ และเผยแพร่

นำผลการศึกษาวิจัยไปเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้กับรัฐวิสาหกิจ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานอื่นๆ เพื่อนำผลจากการศึกษาไปส่งเสริมและพัฒนาการก่อสร้างระบบ IIG ต่อไป โดยนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 2
พื้นที่การศึกษา

อำเภอบางน้ำเปรี้ยว เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา อยู่ห่างจากตัวอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา ประมาณ 19 กิโลเมตร ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่มีอาชีพเกษตรกรรม

2.1. ประวัติความเป็นมา

เดิม อำเภอบางน้ำเปรี้ยว ตั้งอยู่ที่บ้านต้นสำโรง ตำบลบางขนาก ห่างจากที่ว่าการอำเภอในปัจจุบันไปทางทิศตะวันออกประมาณ 4 กิโลเมตร โดยมีหลวงพิศาลเกษตรสมบูรณ์ (เกตุ เกษสมบูรณ์) เป็นนายอำเภอคนแรก และใช้บ้านพักเป็นที่ว่าการอำเภอ ต่อมาในปี พ.ศ. 2448 ทางราชการได้ปลูกสร้างที่ว่าการอำเภอขึ้นเป็นครั้งแรกที่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลบางน้ำเปรี้ยว เป็นอาคารชั้นเดียว ใน ปี พ.ศ. 2495 จึงได้สร้างที่ว่าการอำเภอขึ้นใหม่ด้วยเงินงบประมาณ ตามแบบแปลนของกรมโยธาเทศบาล เป็นอาคารไม้ 2 ชั้น หลังคามุงสังกะสี ตั้งอยู่ฝั่งเหนือของคลองแสนแสบ (คลองบางขนาก) แล้วเสร็จ เมื่อต้นปี พ.ศ. 2496 และใช้เป็นที่ว่าการอำเภอต่อมาในปี พ.ศ.2540 กรมการปกครองได้ให้งบประมาณสร้างที่ว่าการอำเภอขึ้นใหม่ ตามแบบแปลนของกรมโยธาธิการ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น หลังคามุงกระเบื้อง ตั้งอยู่ฝั่งเหนือของคลองแสนแสบแล้วเสร็จปลายปี พ.ศ. 2540 และใช้เป็นสถานที่ราชการมาจนทุกวันนี้

การที่มีชื่อว่า “อำเภอบางน้ำเปรี้ยว” เพราะตัวที่ว่าการอำเภอตั้งอยู่ในตำบลบางน้ำเปรี้ยว ตามคำบอกเล่าของผู้สูงอายุว่าอำเภอบางน้ำเปรี้ยวนี้เดิม เมื่อถึงฤดูแล้งน้ำในลำคลองแห้งขอด ขุ่นข้นมีรสเปรี้ยว จึงได้ชื่อว่าตำบลบางน้ำเปรี้ยว และขนานนามอำเภอว่า “อำเภอบางน้ำเปรี้ยว”

ท้องที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว แต่เดิมมามีสภาพเป็นที่รกร้างว่างเปล่า ตอนใต้ราบลุ่มต่ำตอนเหนือสูงขึ้นมีพงหญ้าต้นโขมง เป็นที่อาศัยของช้างป่า และสัตว์ป่าหลายชนิด มีราษฎรประกอบอาชีพทำนา อยู่แถบริมคลองเพียงเล็กน้อย ต่อมา ร.ศ.113 บริษัท คูนาสยาม ได้เข้ามาทำการขุดคลอง 18 และคลอง 19 คลอง 20 คลอง 21 และจัดทำประตูระบายน้ำขึ้นทำให้ดินจืดคลายความเปรี้ยวลงมาก จึงทำให้ราษฎรจากที่อื่นพากันอพยพมาจากที่ต่างๆ เพื่อประกอบอาชีพทำนามากขึ้น ตราบเท่าทุกวันนี้

2.2. ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ

2.2.1. ขนาดและที่ตั้ง

อำเภอบางน้ำเปรี้ยวตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือสุดของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ 498.659 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนประชากร 86,580 คน ตัวอำเภอตั้งอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 61 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง (กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี และอำเภอคลองเขื่อน

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา

ทิศตะวันตก ติดต่อกับเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร และอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

2.2.2. ลักษณะภูมิประเทศ

กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552) ระบุว่าลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นที่ราบลุ่มมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1-9 เมตร พื้นที่ทั้งหมดตั้งอยู่ในเขตชลประทาน โครงการชลประทานพระองค์ไชยานุชิต และโครงการชลประทานหลวงรังสิตใต้ มีแม่น้ำและลำคลองไหลผ่านหลายสาย ดังนี้

- แม่น้ำบางปะกง

อยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอ กั้นเขต ระหว่างอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี

- แม่น้ำนครนายก

อยู่ทางทิศเหนือของอำเภอ กั้นเขตแดนบางส่วนของอำเภอบางน้ำเปรี้ยว กับอำเภอองค์รักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี

- คลองแสนแสบ หรือคลองบางขนาก

เป็นคลองขุดเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยากับแม่น้ำบางปะกง

- คลองนครเนื่องเขต

คลองนี้เป็นคลองที่ขุดเชื่อมแม่น้ำบางปะกง กับคลองแสนแสบ

นอกจากนี้ในท้องที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยวยังมีคลองขุดคลองซอยไหลผ่านอีกหลายสาย เช่น คลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต หรือคลองเจ้า, คลอง14, คลอง15, คลอง16, คลอง17, คลอง18, คลอง 19, คลอง20, คลอง 21, และคลองหกวา ซึ่งคลองต่างๆ เหล่านี้เชื่อมโยงติดกันได้ทั่วอำเภอ

2.2.3 ลักษณะภูมิอากาศ

อำเภอบางน้ำเปรี้ยวมีลักษณะภูมิอากาศมีลักษณะร้อนชื้นเขตศูนย์สูตร โดยมีลมมรสุมพัดปกคลุมเกือบตลอดปีแบ่งออกตามฤดูกาลได้ 3 ฤดู ดังนี้

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยมีลมตะวันออกและลมใต้ พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอ้าวและอากาศร้อนจัดเป็นบางวันบางครั้งอาจมีพายุฤดูร้อน ลักษณะเป็นฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย 35 - 38 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ย 200 - 300 มิลลิเมตร เป็นช่วงที่เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น ข้าวโพดและถั่วต่างๆ

- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุม ประกอบกับมีร่องความกดอากาศต่ำ พาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกทำให้มี ฝนฟ้าคะนองเกือบทั่วไปและตกหนักบางพื้นที่ อาจก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันในที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,000 – 1,200 มิลลิเมตร เป็นช่วงที่เหมาะแก่การทำนาและปลูกผลไม้

- **ฤดูหนาว** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีลมมรสุมตะวันออก เฉียงเหนือพัดปกคลุม ประกอบกับบริเวณความกดอากาศสูงพัดผ่านทำให้ท้องฟ้าโปร่งใสอากาศเย็น มีหมอกในตอนเช้า และมีฟ้าหลัวในตอนกลางวัน อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย 18 – 21 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ย 50 -100 มิลลิเมตร เป็นช่วงที่เหมาะแก่การปลูกพืชผักสวนครัว ไม้ดอกและไม้ประดับ

2.3. ธรณีวิทยา

เนื่องจากพื้นที่ของอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อยู่ในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำบางปะกง ดินเกิดจากตะกอนน้ำทะเลและน้ำกร่อยที่มีอายุน้อย สูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 2-3 เมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีปฏิกิริยาเป็นด่าง บางแห่งพบเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่สูง กลุ่มดินที่พบเป็น กลุ่ม Tropaquepts ซึ่งประกอบด้วย ชุดดินบางกอก บางน้ำเปรี้ยว และสมุทรปราการ มีพื้นที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึงเกิดจากตะกอนน้ำกร่อยที่มีอายุมากขึ้นเนื้อดินเป็นดินเหนียวและเปรี้ยวจัด กลุ่มดินที่พบได้แก่ กลุ่มดิน Tropaquents ที่มีชั้นสารพวกจาโรไซท์เกิดขึ้นในระดับความลึกที่แตกต่างกัน ชุดดินที่สำคัญได้แก่ ชุดองครักษ์ รังสิต ดอนเมือง บางน้ำเปรี้ยว ฉะเชิงเทรา มหาโพธิ พานทอง บางกอก และสมุทรปราการ

และสามารถจำแนกลักษณะชั้นดินเรียงจากความลึกจากผิวดินจากน้อยไปมากได้ดังนี้

1. ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง มีความลึกจากผิวดิน 0.00 - 1.00 เมตร
2. ชั้นดินเหนียวอ่อน มีความลึกจากผิวดิน 1.00 - 2.50 เมตร
3. ชั้นดินเหนียวมีทรายปนเล็กน้อยอ่อนมาก มีความลึกจากผิวดิน 2.50 - 4.00 เมตร
4. ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงอ่อน มีความลึกจากผิวดิน 4.00 - 13.00 เมตร
5. ชั้นดินเหนียวแข็ง มีความลึกจากผิวดิน 13.00 - 15.50 เมตร

2.4. อุทกวิทยาและอุทกธรณี

2.4.1 แหล่งน้ำธรรมชาติ

1) แม่น้ำบางปะกง เกิดจากแม่น้ำหนุมานและแม่น้ำพระปรงบรรจบกันในจังหวัดปราจีนบุรี (ช่วงที่ไหลผ่านในจังหวัดปราจีนบุรี เรียก แม่น้ำปราจีนบุรี) ไหลลงมาทางทิศตะวันตกแล้ววกลงทางใต้ มีแม่น้ำนครนายกมาบรรจบทางฝั่งขวา เป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดฉะเชิงเทรา ช่วงนี้จะเรียกว่าแม่น้ำบางปะกง จากนั้นจะไหลลงสู่ทะเลระหว่างตำบลบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา และตำบลหนองคำหรู อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร

2) แม่น้ำนครนายก เป็นแม่น้ำสายสำคัญของจังหวัดนครนายก จังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดปราจีนบุรี มีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร ไหลผ่านทุกอำเภอในจังหวัดนครนายก ต้นน้ำจากภูเขาในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ไหลผ่านน้ำตกเหวนรก ซึ่งในช่วงต้นน้ำมีชื่อเรียกว่า "คลองท่าด่าน" ถูกกั้นโดยเขื่อนขุนด่านปราการชล หลังจากนั้นได้ไหลผ่าน อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนา และอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก นอกจากนี้แม่น้ำนครนายกยังเป็นเส้นแบ่งเขต

ระหว่างอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กับอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี สุดท้ายจึงไหลไปบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่ปากน้ำโยธะกาเป็นแม่น้ำบางปะกง

3) พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำบางปะกงมีจุดเริ่มต้นที่บริเวณแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี มาบรรจบกันที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา และไหลลงอ่าวไทยระหว่างอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา กับอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีความยาวตลอดลำน้ำ 120 กิโลเมตร

4) คลองแสนแสบหรือคลองบางขนาก เริ่มจากคลองมหานาคแล้วผ่านเขต บางกะปิ เขตมีนบุรี และเขตหนองจอก แล้วไปบรรจบกับคลองบางขนาก ที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว คลองนี้ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมได้ตลอดปี

5) คลองสิบเอ็ด เริ่มต้นจากคลองระหว่างตำบลดอนฉิมพลีและอำเภอ บางน้ำเปรี้ยว เป็นคลองธรรมชาติที่มีน้ำตลอดปี

2.4.2 แหล่งน้ำจากการพัฒนา

พื้นที่ทั้งหมดของอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อยู่ในเขตชลประทาน ของโครงการขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา 2 โครงการ คือ "โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารังสิตใต้" และ "โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต" (แสดงรายละเอียดดัง ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 โครงการชลประทานในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราที่ก่อสร้าง

โครงการ	จำนวนโครงการ	เก็บกักน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ได้รับประโยชน์จากชลประทาน (ไร่)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่ถือครองทางการเกษตร
1.แหล่งน้ำชลประทานประเภทอ่างเก็บน้ำ				
- โครงการชลประทานขนาดใหญ่	1	420	-	-
- โครงการชลประทานขนาดกลาง	2	44.20	156,900	6.05
- โครงการชลประทานขนาดเล็ก	129	5.060	35,675	1.38
- โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	17	7.654	9,030	0.35
2. แหล่งน้ำชลประทานประเภทรับน้ำนอง				
- โครงการชลประทานขนาดใหญ่	8	574.91	981,735	37.86
รวม	**155**	**574.91**	**1,183,340**	**45.64**

ที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พื้นที่การเกษตร = 2,593,000 ไร่

2.4.3 ทรัพยากรน้ำใต้ดิน

จังหวัดฉะเชิงเทราพบว่ามีแหล่งน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลอยู่ทั่วไปภายในจังหวัด โดยพื้นที่มีปริมาณน้ำใต้ดินมากจะอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดในเขตลุ่มน้ำบางปะกง ส่วนทางด้านตะวันออกมีปริมาณน้ำใต้ดินน้อย น้ำใต้ดินส่วนใหญ่มีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค - บริโภคหรือเกษตรกรรม

เนื่องจากน้ำมีความเค็มหรือเป็นน้ำกร่อย พื้นที่ที่สามารถนำน้ำใต้ดินมาใช้ประโยชน์ได้ คือ บางส่วนของอำเภอบางคล้า อำเภอสนามชัยเขต อำเภอพนมสารคาม อำเภอท่าตะเกียบ แต่มีปริมาณน้อย

จากข้อมูลกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่าในจังหวัดฉะเชิงเทรามี บ่อบาดาลจำนวน 1,994 บ่อ ซึ่งบ่อบาดาลที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภคจำนวน 1,490 บ่อ และบ่อบาดาลที่ใช้ในการเกษตรจำนวน 57 บ่อ ส่วนอำเภอที่มีการขุดเจาะบ่อบาดาลมากที่สุด คือ อำเภอสนามชัยเขต จำนวน 832 บ่อ รองลงมา คือ อำเภอพนมสารคาม จำนวน 273 บ่อ อำเภอที่มีบ่อน้ำบาดาลน้อยที่สุด คือ อำเภอคลองเขื่อน จำนวน 9 บ่อ ซึ่งในอำเภอบางน้ำเปรี้ยวมีทั้งสิ้น 44 บ่อ แยกเป็นบ่อเพื่อการอุปโภคบริโภค 34 บ่อ และเป็นบ่อน้ำที่ใช้ไม่ได้ 10 บ่อ (ดังที่แสดงในตาราง 2.2)

ตารางที่ 2.2 จำนวนบ่อน้ำบาดาลภายในจังหวัดฉะเชิงเทรา แยกเป็นรายอำเภอ

อำเภอ	บ่อน้ำบาดาล			
	จำนวน (บ่อ)	อุปโภค - บริโภค (บ่อ)	การเกษตร (บ่อ)	บ่อที่ใช้น้ำไม่ได้ (บ่อ)
อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	46	45	0	1
อำเภอราชสาส์น	26	7	0	19
อำเภอสนามชัยเขต	740	713	0	27
อำเภอพนมสารคาม	219	154	25	40
อำเภอแปลงยาว	195	128	4	63
อำเภอบ้านโพธิ์	111	111	0	0
อำเภอบางปะกง	117	81	0	36
อำเภอบางน้ำเปรี้ยว	44	34	0	10
อำเภอบางคล้า	113	94	0	19
อำเภอท่าตะเกียบ	206	114	28	64
อำเภอคลองเขื่อน	9	9	0	0
รวม	1,826	1,490	57	279

ที่มา : http://drought.doae.go.th/

2.4.4. สภาพน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ข้อมูลจากสถิติภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี (ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้จังหวัดฉะเชิงเทรามากที่สุด เนื่องจากจังหวัดฉะเชิงเทราไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ) ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2538-2547) พบว่าจังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด 150.0 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคม จำนวนฝนตกเฉลี่ย 117.4 วัน และมีค่าการระเหยเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนเมษายน วัดได้ 172.1 มิลลิเมตร

บทที่ 3

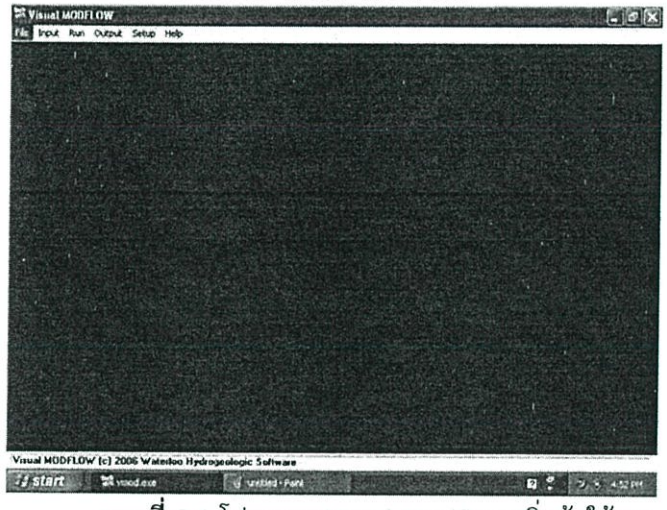
อธิบายเกี่ยวกับโปรแกรม

แบบจำลองคณิตศาสตร์โดย Visual MODFLOW 4.2

3.1 การสร้างโมเดล

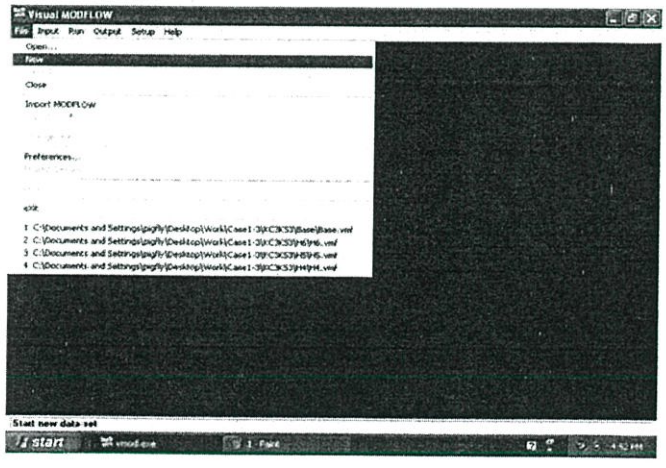
1) เริ่มต้นการสร้างโมเดล

1.1) เริ่มสร้างโมเดลก่อนโดยเข้าโปรแกรม Visual ModFlow



ภาพที่ 3.1 โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน

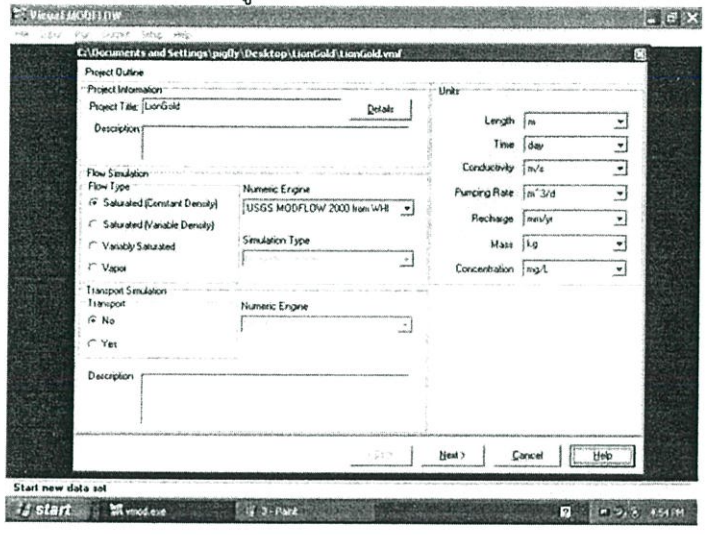
- เลือก File > New (ตั้งชื่อโมเดล) > save



ภาพที่ 3.2 โปรแกรม Visual Modflow สร้าง Model

1.2) ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Project Outline

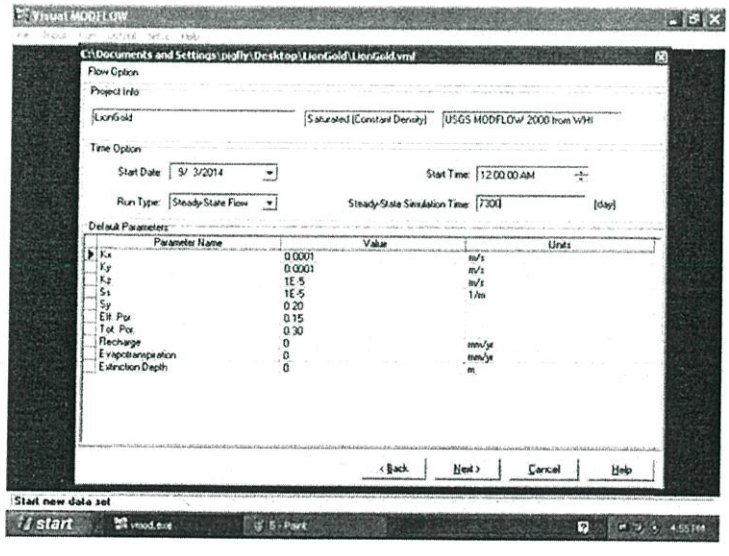
- เลือกตั้งค่าต่างเปลี่ยนให้อยู่ในระบบ SI แล้วกด Next



ภาพที่ 3.3 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline

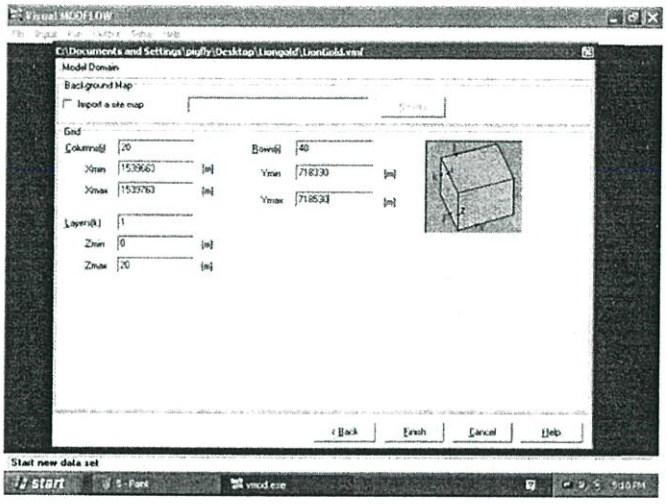
1.3) ต่อมาจะขึ้นหน้าต่าง Flow Option

-ปรับ Steady State Simulation Time เป็น 20 ปีหรือ 7300 วัน นอกจากค่าที่ปรับตรงนี้แล้ว นอกนั้นปล่อยไว้ก่อนเพราะสามารถมาตั้งค่าที่หลังได้ แล้วกด Next



ภาพที่ 3.4 โปรแกรม Visual Modflow รายละเอียด Flow Option

1.4) ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Model Domain

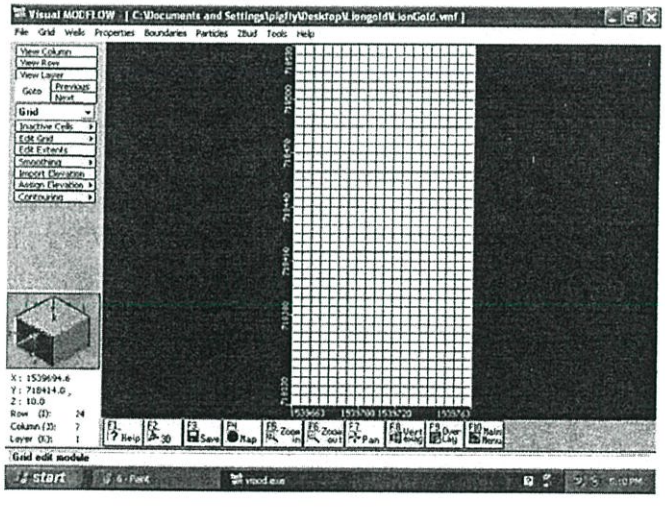


ภาพที่ 3.5 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain

- ให้เราตั้งค่าตามที่ออกแบบไว้

ยกตัวอย่าง Columns: 20 Xmax: 1539764 Xmin: 1539664
Rows: 40 Ymax: 728530 Ymin: 718330
Layer: 5 Zmax: 20 Zmin: 0

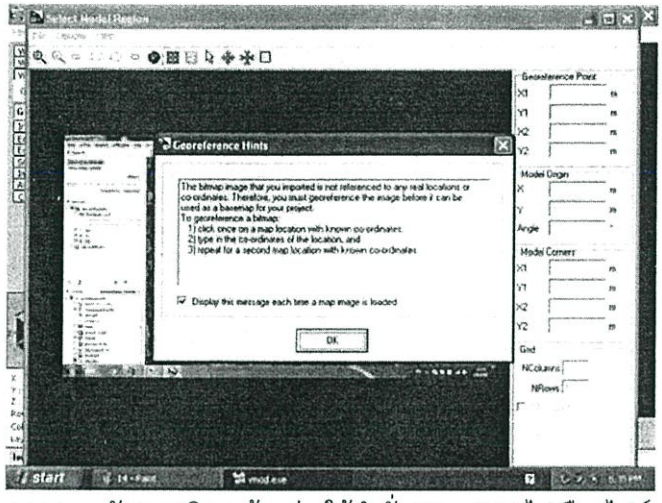
หลังจากนั้นกด Finish เป็นอันเสร็จเรียบร้อย



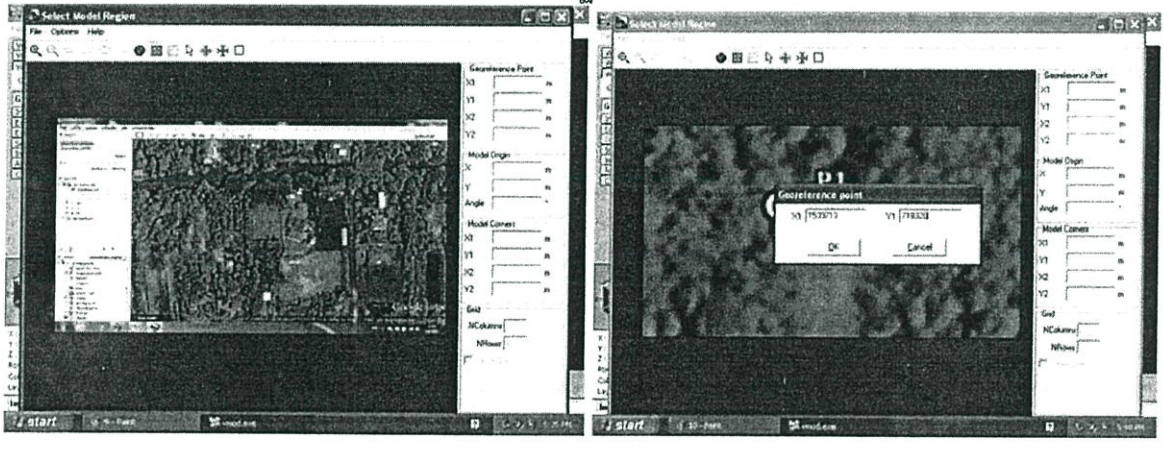
ภาพที่ 3.6 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย

1.5) ต่อมาจะเป็นการเพิ่ม แผ่นที่ภาพต่างๆ

138251



ต่อมาเป็นการ Add Map สังเกตบริเวณด้านล่างใช้คำสั่ง Map (F4) ไปเลือกไฟล์ภาพที่เราจะใช้ โดยภาพที่เลือกจะต้องมีจุดสังเกตด้วยอย่างน้อย 2 จุดเพื่อใช้ในการกำหนดพิกัดของแผนที่เพื่อจะได้ตรงกับความเป็นจริง โดยการใส่ค่าพิกัด X, Y ลงไป หลังจากนั้นกด OK ก็จะปรากฏภาพขึ้นมาในโมเดล



ภาพที่ 3.7 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มแผนที่ Google earth

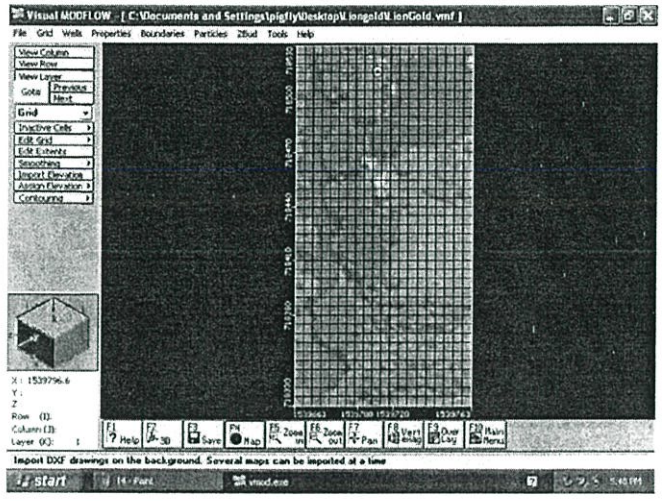
2) การกำหนด Grid Line

2.1) อธิบายเกี่ยวกับคำสั่งในหน้าจอด้านซ้าย

View Column > การดูแถวในแนวตั้งของ Layers

View Row > การดูแถวในแนวนอนของ Layers

View Layer > การดูทีละชั้น



ภาพที่ 3.8 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มภาพแผนที่เสร็จแล้ว

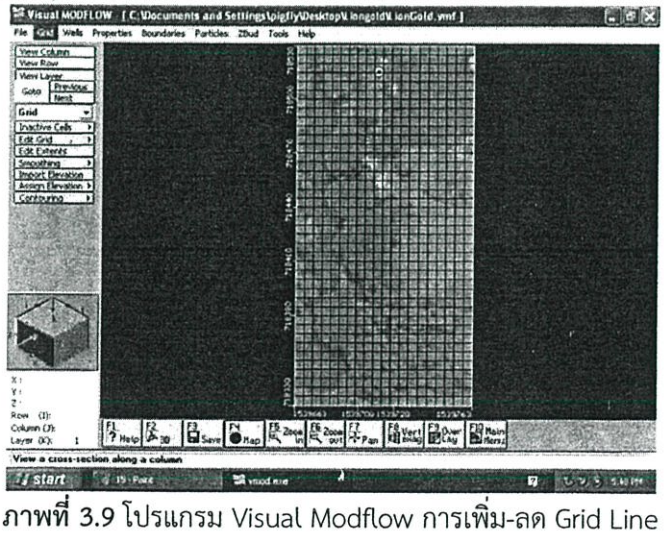
2.2) คำสั่ง Inactive Cells

เป็นคำสั่งที่ใช้คิดว่า จะนำ Cell มาใช้บ้างหรือไม่นำมาใช้เลย เป็นการเลือกดูเฉพาะจุดจะได้เป็นการเจาะจงลงไปได้มากกว่าเดิมว่าจะดูที่ไหน

2.3) คำสั่ง Edit Grid

เป็นคำสั่งที่ไว้ใช้แบ่งช่อง ลบช่อง เพิ่มช่อง รวมอยู่ในนี้หมดทุกคำสั่ง

Add	>	เพิ่ม
Delete	>	ลบ
Move	>	ย้ายที่
Reline by	>	แบ่งช่องว่างระหว่างเส้นสองเส้นให้มีกี่ช่องใส่ลงไปได้เลย
Coarsen by	>	เป็นการลบช่องระหว่างเส้นสองเส้น



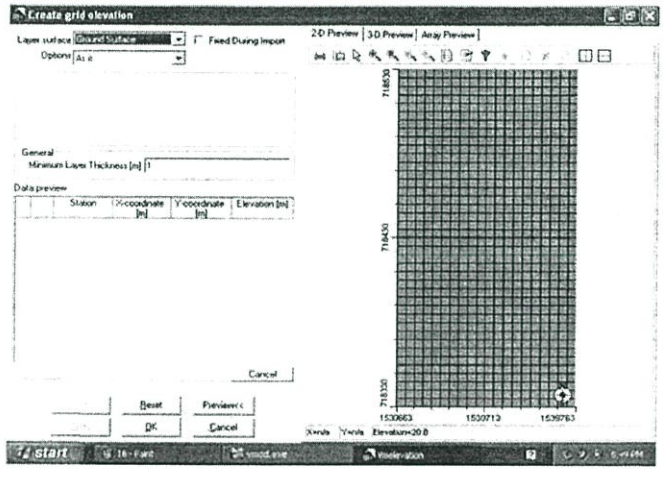
ภาพที่ 3.9 โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line

2.4) คำสั่ง Import Elevation

เป็นการใช้กำหนดพื้นผิวมีความเหมือนจริงมากยิ่งขึ้นมีระนาบมีระดับมีความสูงต่ำตามผิวจริง

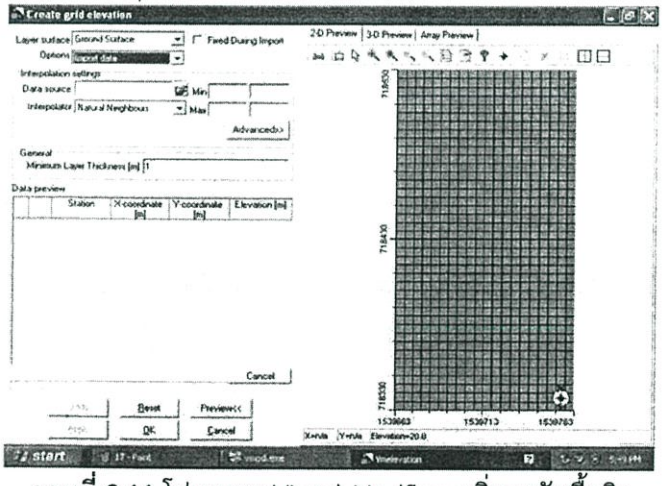
ตัวอย่างก่อนตั้งค่า

Layer Surface > Ground Surface



ภาพที่ 3.10 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

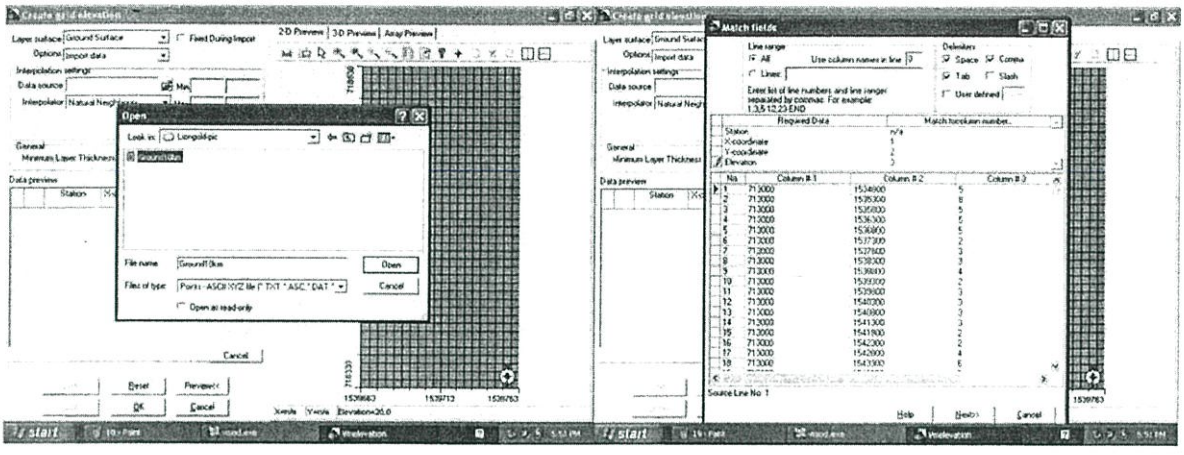
Option > Import Data



ภาพที่ 3.11 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

Data Source > เลือกไฟล์ข้อมูลผิวดินของเราออกมา (ขอแนะนำไฟล์เป็น "TXT." สามารถทำได้ง่ายและนำมาใช้ได้เหมือนกัน) กด Open จะขึ้นเป็นหน้าตาของ Match fields ตั้งค่าตามด้านล่างเลย

Station	n/a
X coordinate	1
Y coordinate	2
Elevation	3

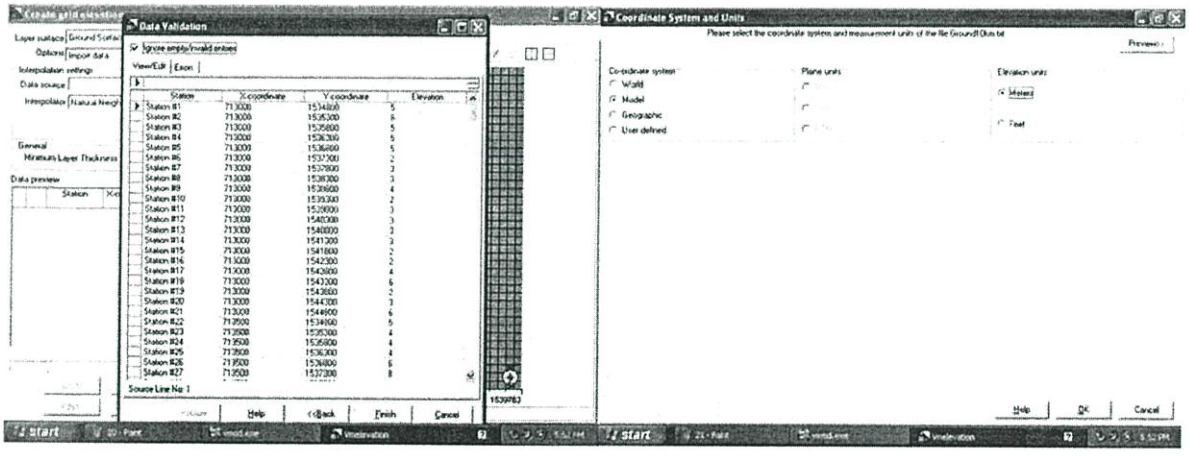


ภาพที่ 3.12 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

กด Next > Data Validation เช็คค่าต่างๆว่าตรงกับช่องกับตารางไหมหลังจากนั้นกด Finish > Coordinate System and Units ตั้งค่าตามนี้ แล้วกด OK

Coordinate System > Model

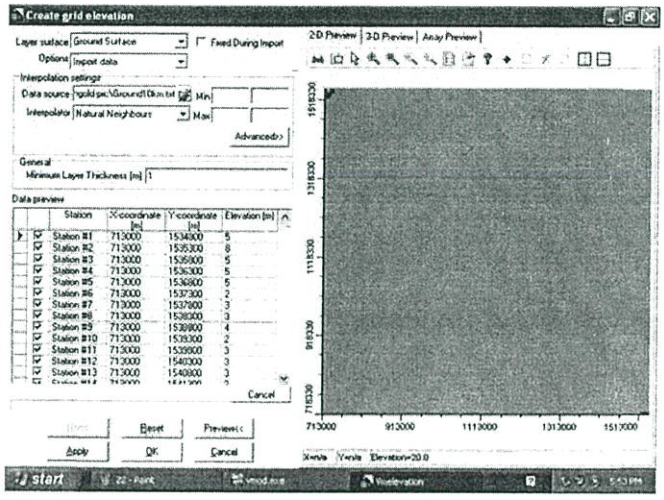
Elevation > Maters



ภาพที่ 3.13 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

Inter polator > Natural Neighbors

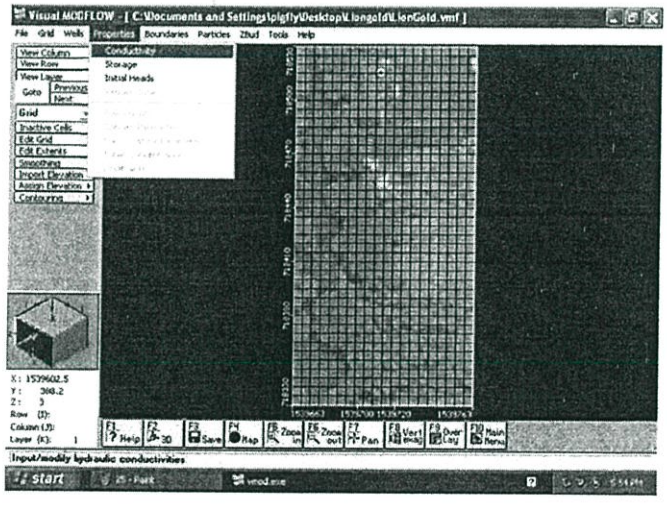
หลังจากนั้นกด OK ตามด้วย Yes สามารถกด View Column ดูผิวของพื้นผิวได้เลย แต่ภาพอาจจะเล็กไปหรือมองไม่เห็นใช้คำสั่ง Vert exag (F8) แล้วเปลี่ยนเลขให้มากขึ้น 5 เท่า 10 เท่าได้



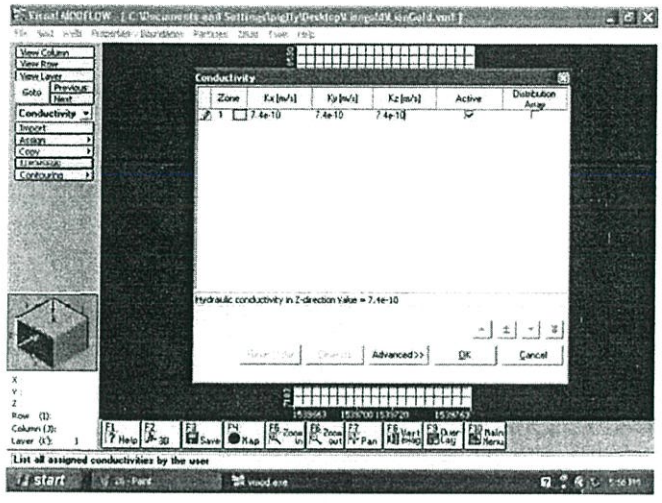
ภาพที่ 3.14 โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

3) การกำหนดค่า Conductivity

3.1) เลือก Properties > Conductivity > Yes

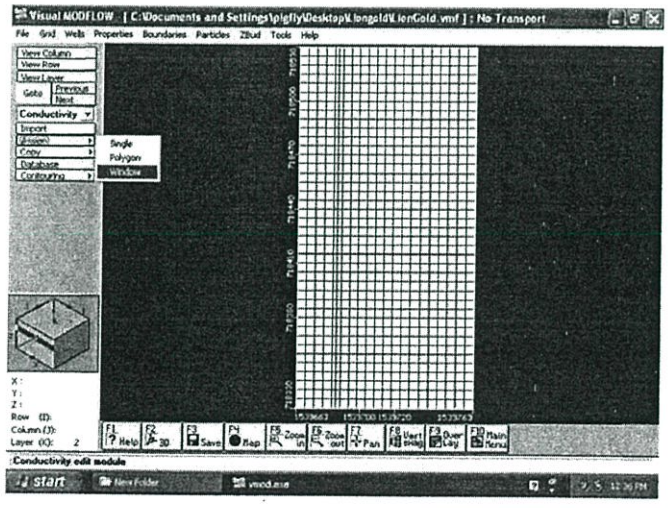


ภาพที่ 3.15 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

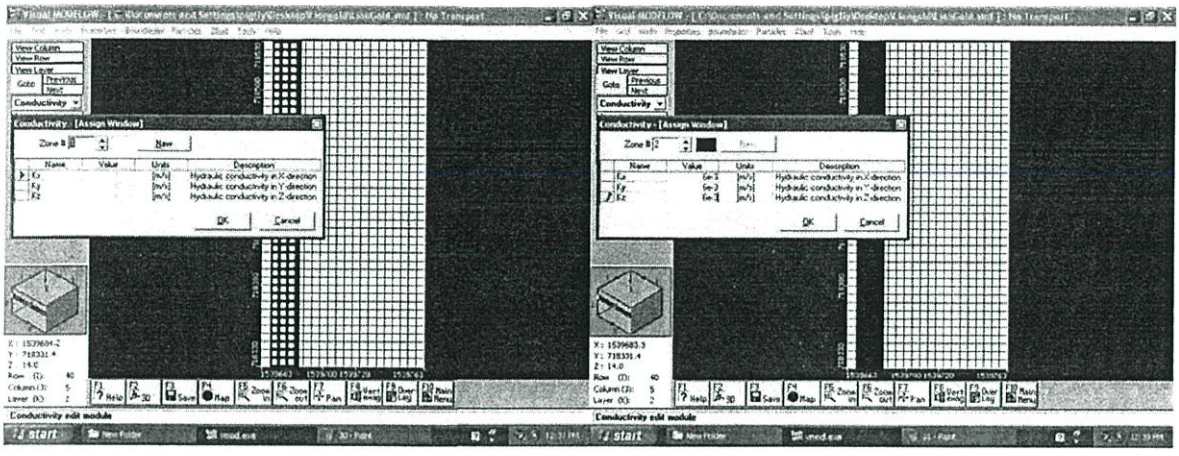


ภาพที่ 3.16 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

เนื่องจากในตอนแรก ๆ ของการสร้างโมเดลนั้น จะมีการกำหนดค่าต่างๆ รวมถึงค่า Conductivity ด้วย แต่เราไม่ได้ทำการตั้งค่าดังนั้นเราจึงเข้าคำสั่ง Database > กำหนดค่า Kx Ky Kz > OK ใน ชั้นแรก หลังจากนั้นจะเป็นการกำหนดค่า Conductivity ในชั้นต่างๆ โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้ ก่อนอื่นเลือก Layer ชั้นอื่นใช้คำสั่ง Assign > Window กดครอบให้หมดทั้ง Layer ก็จะขึ้นหน้าต่าง Conductivity-Assign Window กดNew แล้วกำหนดค่า Kx Ky Kz ตามความเป็นจริงเพราะดินแต่ละชั้นมีค่า Conductivity ที่ไม่เหมือนกัน แล้วทำแบบนี้ไปทุกชั้นดิน ชั้นไหนเหมือนกันสามารถใช้คำสั่ง Copy ได้



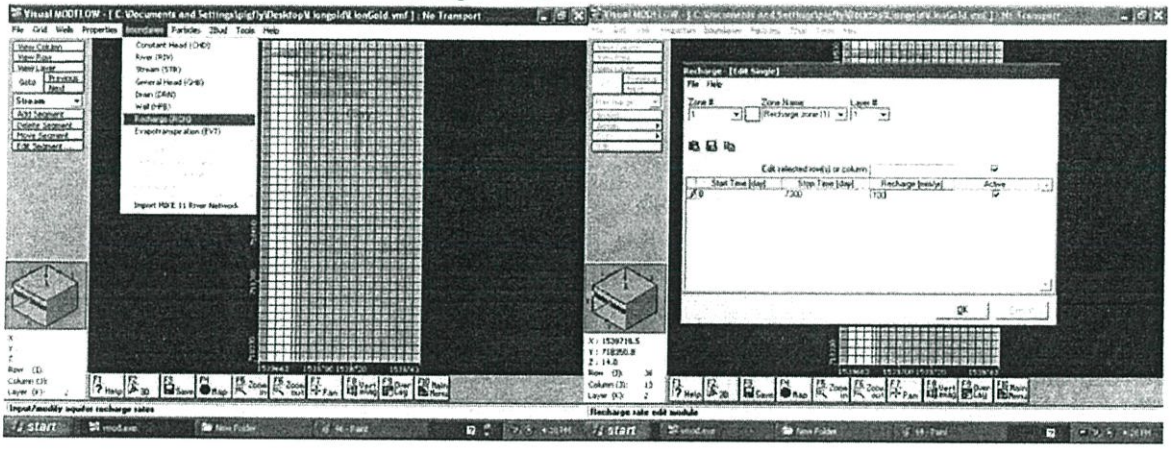
ภาพที่ 3.17 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity



ภาพที่ 3.18 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

4) การกำหนดค่า Boundaries

4.1) เลือก Boundaries > Recharge > Yes



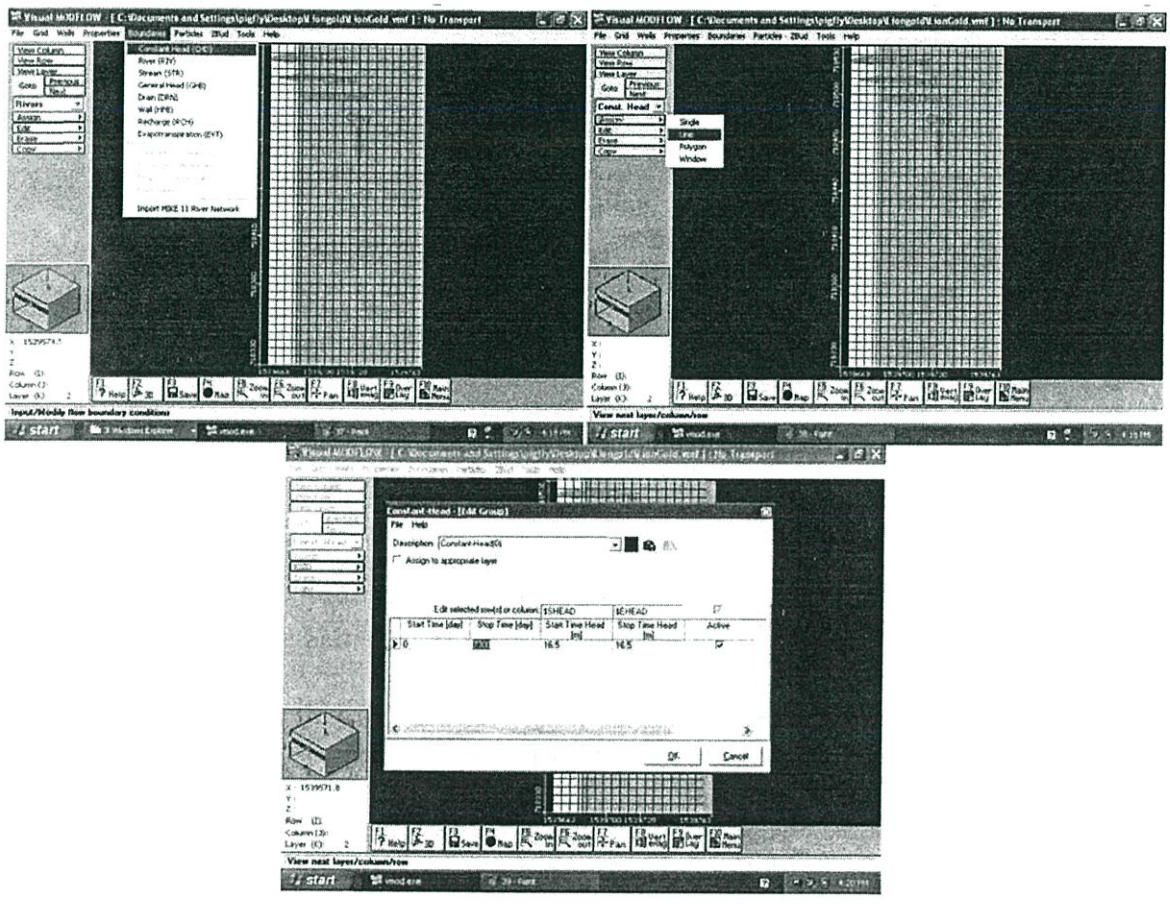
ภาพที่ 3.19 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Boundaries>Recharge

เป็นการกำหนดปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ศึกษานี้ ส่วนใหญ่จะกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK

ตัวอย่าง

Start time	0
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
Recharge	ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่เกิดขึ้น

4.2) เลือก Boundaries > Constant head > Yes



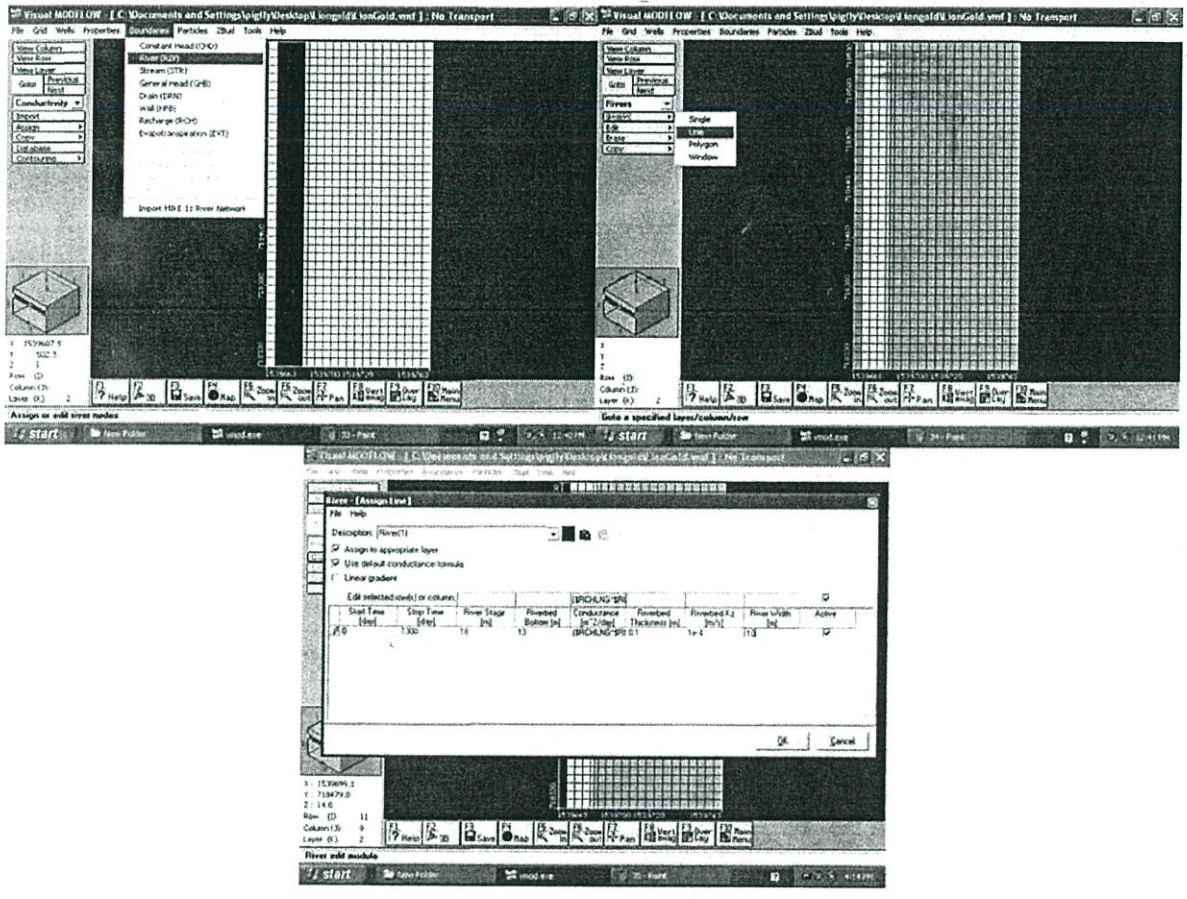
ภาพที่ 3.20 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head

เป็นการกำหนดการไหลของน้ำบาดาลโดยการกำหนดลงไปเป็นรูปแบบของระดับความสูงต่ำของระดับน้ำบาดาล ทำให้เกิดการไหลจากสูงมาต่ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้ กด Assign > line ทำการลากเส้นตาม Contour ระดับน้ำบาดาลเมื่อได้แล้วให้ทำการกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK (โดยเราต้องทำการกำหนดอย่างน้อยสองเส้นเพื่อให้เกิดการไหล) จะปรากฏเส้นสีแดงมา ตามรูป

ตัวอย่าง

Start time	0
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
Start time head	ตาม Contour
Stop time head	ตาม contour

4.3) เลือก Boundaries > River > Yes



ภาพที่ 3.21 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries> River

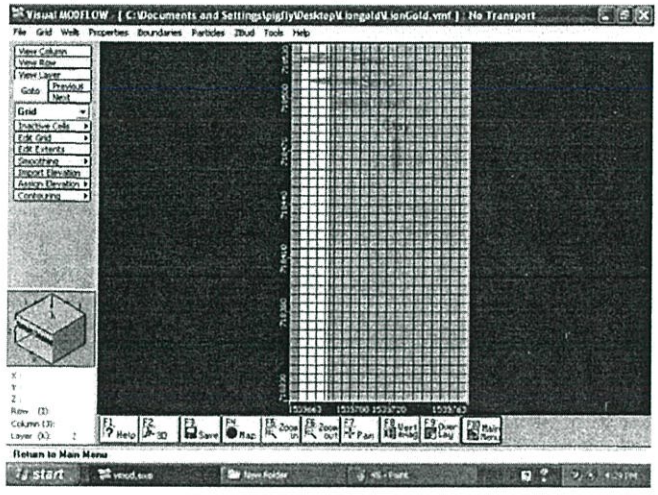
เป็นการกำหนดว่าเป็นแม่น้ำด้วยวิธีการทำจะเหมือนกับการทำ Constant head คือกด Assign > line ตามแผนที่ Google Earth ที่เป็นแม่น้ำแล้วกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK จะปรากฏสีน้ำเงินดังรูป

ตัวอย่าง

Start time	0
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
River State Elevation	ระดับน้ำที่ผิว
River Bottom Elevation	ระดับท้องน้ำ
Riverbed Thickness	ความหนาของชั้นตะกอนใต้น้ำ
Riverbed Kz	อัตราการรั่วซึมของชั้นตะกอน
River Width	ความกว้างของแม่น้ำ

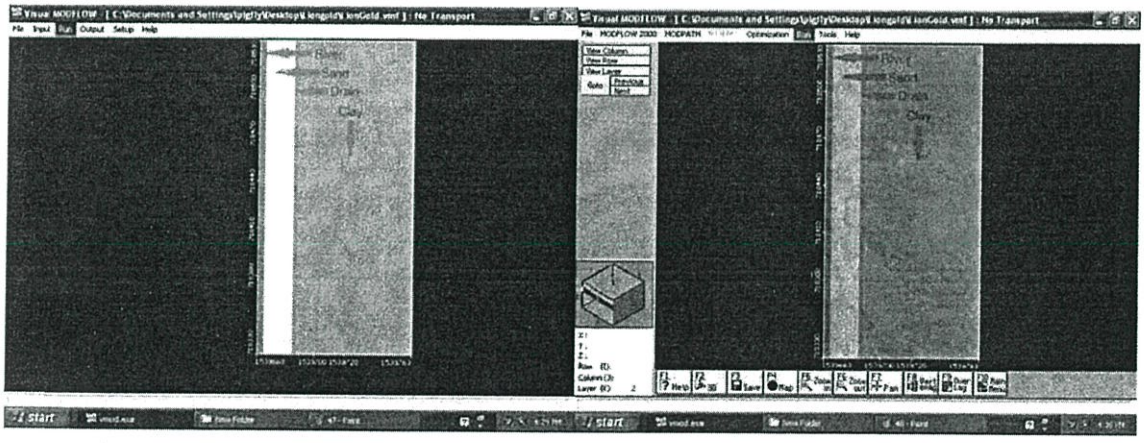
5) การ Run Program

5.1) กด Main Manu (บริเวณด้านล่าง หรือ F10) > Yes

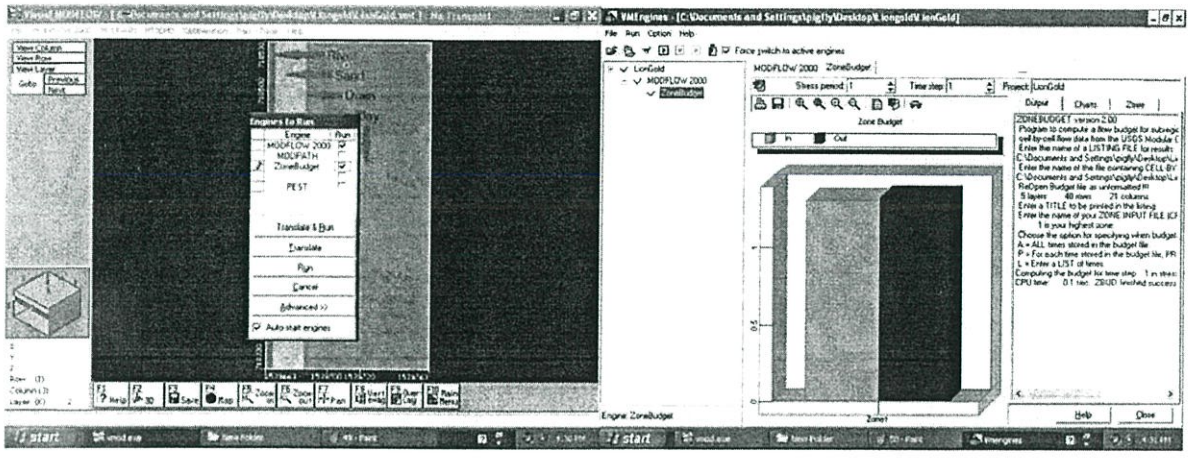


ภาพที่ 3.22 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

เลือกคำสั่ง Run จาก Top bar > เลือก Run จะปรากฏหน้าตาของ Engines to Run ให้เราทำการเลือกคำสั่งว่าจะ Run ในหัวข้อไหนบ้างโดยในที่นี้เรามาเลือก Run คือ MODFLOW 2000 และ Zone budget หลังจากนั้นเลือกคำสั่ง Translate & Run หลังจากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เราเลือกแล้วตรวจสอบดู กด Close



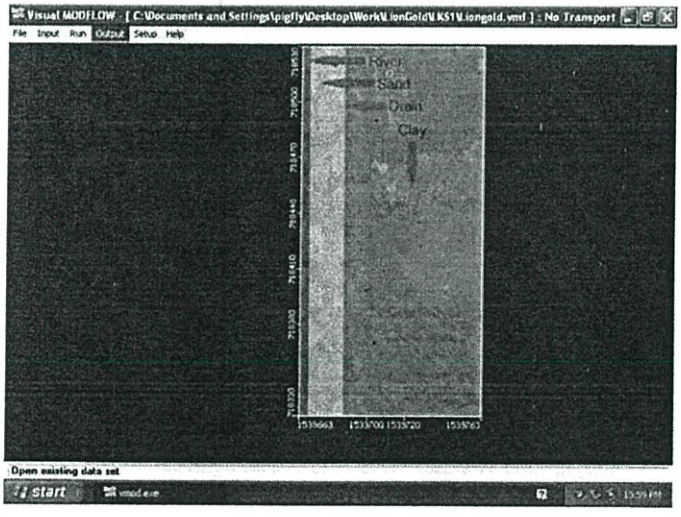
ภาพที่ 3.23 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program



ภาพที่ 3.24 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

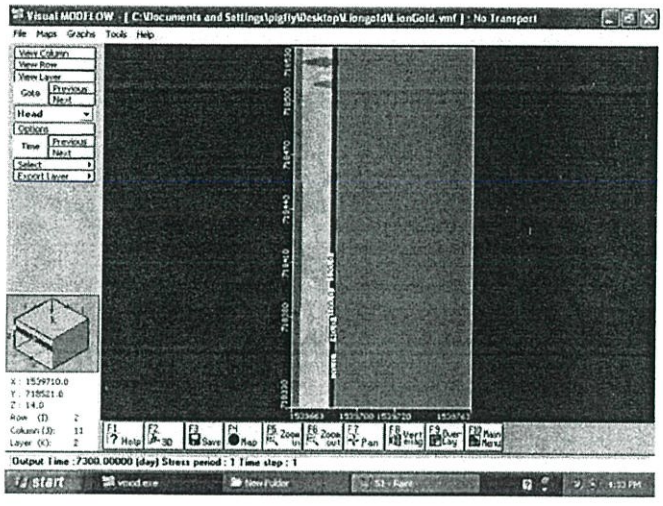
6) แสดงผลการ Run Program

6.1) เลือกคำสั่ง Output บริเวณ Top bar



ภาพที่ 3.25 โปรแกรม Visual Modflow ดูผลลัพธ์การจำลอง Output

จะเกิดขึ้นมาเป็นรูปโมเดลตามที่เราได้กำหนดค่าต่างๆไปรวมถึงแสดงเส้นทางการไหลต่างๆของน้ำใต้ดิน และเราสามารถเลือกดูสิ่งต่างๆได้เพิ่มมากขึ้นจาก Left bar ตรงคำสั่ง Head เราสามารถกดดูได้หลายอย่างจากการเปลี่ยน Head เป็นคำสั่งอย่างอื่น



ภาพที่ 3.26 โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล

3.2 การออกแบบสถานการณ์จำลอง (Scenario)

จากจุดประสงค์การศึกษา เพื่อพัฒนาทางน้ำซับแบบเหนี่ยวนำสำหรับระบบประปาชุมชนเพื่อการใช้น้ำอย่างยั่งยืน ผู้จัดทำจึงออกแบบสถานการณ์จำลอง โดยเริ่มต้นออกแบบจากการจำลอง ค่าตัวแปร Conductivity ของดินเหนียวจากนั้นค่อยเพิ่มค่าตัวแปรของทรายโดยการกำหนดค่า Conductivity ของทรายและระยะห่างของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery หลังจากนั้นได้ทำการเพิ่มความลาดเอียงของพื้นที่ศึกษาเข้าไปเมื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยการจำลองมีลักษณะดังนี้

Kc1 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $1*10^{-7}$
Kc2 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $4*10^{-7}$
Kc3 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $1*10^{-8}$
Kc4 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $4*10^{-8}$
Kc5 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $1*10^{-9}$
Kc6 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $4*10^{-9}$
Kc7 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $1*10^{-10}$
Kc8 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $4*10^{-10}$
Kc9 คือ ค่า Conductivity ของดินเหนียวซึ่งมีค่าเท่ากับ $1*10^{-11}$
Ks1 คือ ค่า Conductivity ของดินทรายซึ่งมีค่าเท่ากับ $6*10^{-3}$ และมีระยะห่าง 20 เมตร
Ks2 คือ ค่า Conductivity ของดินทรายซึ่งมีค่าเท่ากับ $2*10^{-3}$ และมีระยะห่าง 15 เมตร
Ks3 คือ ค่า Conductivity ของดินทรายซึ่งมีค่าเท่ากับ $2*10^{-4}$ และมีระยะห่าง 2.5 เมตร
H0 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = 0.0
H1 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = 1.5

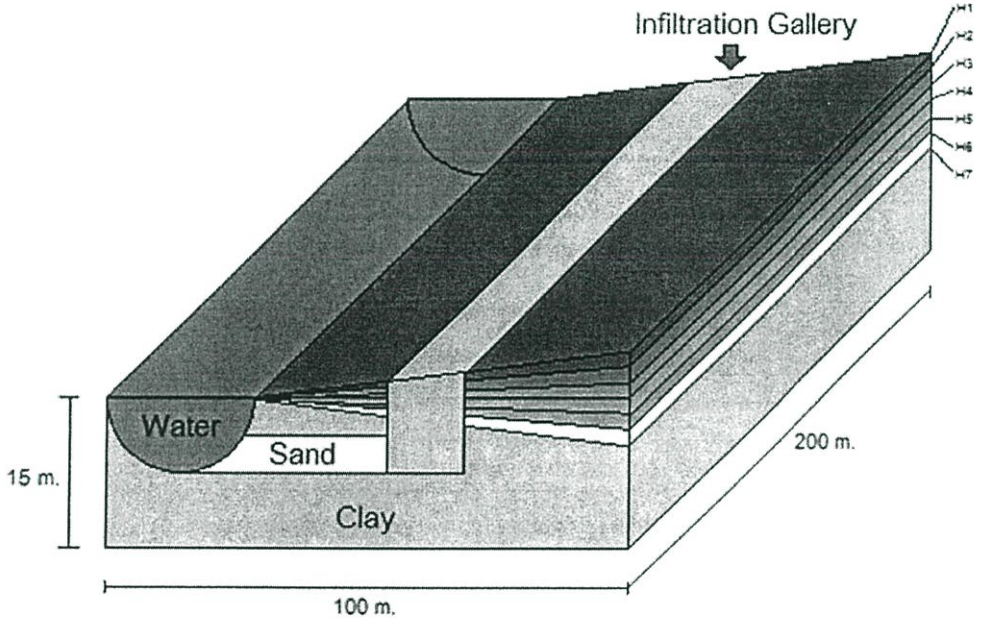
H2 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = 1.0
H3 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = 0.5
H4 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = 0.0
H5 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = -0.5
H6 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = -1.0
H7 คือ ค่าความแตกต่างความสูงของลำคลองหรือแม่น้ำกับจุดตั้ง Infiltration Gallery = -1.5

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดชุดการทดลอง

Kc1	Kc1Ks1H0	Kc1Ks1H1	Kc1Ks1H2	Kc1Ks1H3	Kc1Ks1H4	Kc1Ks1H5	Kc1Ks1H6	Kc1Ks1H7
Kc1	Kc1Ks2H0	Kc1Ks2H1	Kc1Ks2H2	Kc1Ks2H3	Kc1Ks2H4	Kc1Ks2H5	Kc1Ks2H6	Kc1Ks2H7
Kc1	Kc1Ks3H0	Kc1Ks3H1	Kc1Ks3H2	Kc1Ks3H3	Kc1Ks3H4	Kc1Ks3H5	Kc1Ks3H6	Kc1Ks3H7
Kc2	Kc2Ks1H0	Kc2Ks1H1	Kc2Ks1H2	Kc2Ks1H3	Kc2Ks1H4	Kc2Ks1H5	Kc2Ks1H6	Kc2Ks1H7
Kc2	Kc2Ks2H0	Kc2Ks2H1	Kc2Ks2H2	Kc2Ks2H3	Kc2Ks2H4	Kc2Ks2H5	Kc2Ks2H6	Kc2Ks2H7
Kc2	Kc2Ks3H0	Kc2Ks3H1	Kc2Ks3H2	Kc2Ks3H3	Kc2Ks3H4	Kc2Ks3H5	Kc2Ks3H6	Kc2Ks3H7
Kc3	Kc3Ks1H0	Kc3Ks1H1	Kc3Ks1H2	Kc3Ks1H3	Kc3Ks1H4	Kc3Ks1H5	Kc3Ks1H6	Kc3Ks1H7
Kc3	Kc3Ks2H0	Kc3Ks2H1	Kc3Ks2H2	Kc3Ks2H3	Kc3Ks2H4	Kc3Ks2H5	Kc3Ks2H6	Kc3Ks2H7
Kc3	Kc3Ks3H0	Kc3Ks3H1	Kc3Ks3H2	Kc3Ks3H3	Kc3Ks3H4	Kc3Ks3H5	Kc3Ks3H6	Kc3Ks3H7
Kc4	Kc4Ks1H0	Kc4Ks1H1	Kc4Ks1H2	Kc4Ks1H3	Kc4Ks1H4	Kc4Ks1H5	Kc4Ks1H6	Kc4Ks1H7
Kc4	Kc4Ks2H0	Kc4Ks2H1	Kc4Ks2H2	Kc4Ks2H3	Kc4Ks2H4	Kc4Ks2H5	Kc4Ks2H6	Kc4Ks2H7
Kc4	Kc4Ks3H0	Kc4Ks3H1	Kc4Ks3H2	Kc4Ks3H3	Kc4Ks3H4	Kc4Ks3H5	Kc4Ks3H6	Kc4Ks3H7
Kc5	Kc5Ks1H0	Kc5Ks1H1	Kc5Ks1H2	Kc5Ks1H3	Kc5Ks1H4	Kc5Ks1H5	Kc5Ks1H6	Kc5Ks1H7
Kc5	Kc5Ks2H0	Kc5Ks2H1	Kc5Ks2H2	Kc5Ks2H3	Kc5Ks2H4	Kc5Ks2H5	Kc5Ks2H6	Kc5Ks2H7
Kc5	Kc5Ks3H0	Kc5Ks3H1	Kc5Ks3H2	Kc5Ks3H3	Kc5Ks3H4	Kc5Ks3H5	Kc5Ks3H6	Kc5Ks3H7
Kc6	Kc6Ks1H0	Kc6Ks1H1	Kc6Ks1H2	Kc6Ks1H3	Kc6Ks1H4	Kc6Ks1H5	Kc6Ks1H6	Kc6Ks1H7
Kc6	Kc6Ks2H0	Kc6Ks2H1	Kc6Ks2H2	Kc6Ks2H3	Kc6Ks2H4	Kc6Ks2H5	Kc6Ks2H6	Kc6Ks2H7
Kc6	Kc6Ks3H0	Kc6Ks3H1	Kc6Ks3H2	Kc6Ks3H3	Kc6Ks3H4	Kc6Ks3H5	Kc6Ks3H6	Kc6Ks3H7
Kc7	Kc7Ks1H0	Kc7Ks1H1	Kc7Ks1H2	Kc7Ks1H3	Kc7Ks1H4	Kc7Ks1H5	Kc7Ks1H6	Kc7Ks1H7
Kc7	Kc7Ks2H0	Kc7Ks2H1	Kc7Ks2H2	Kc7Ks2H3	Kc7Ks2H4	Kc7Ks2H5	Kc7Ks2H6	Kc7Ks2H7
Kc7	Kc7Ks3H0	Kc7Ks3H1	Kc7Ks3H2	Kc7Ks3H3	Kc7Ks3H4	Kc7Ks3H5	Kc7Ks3H6	Kc7Ks3H7
Kc8	Kc8Ks1H0	Kc8Ks1H1	Kc8Ks1H2	Kc8Ks1H3	Kc8Ks1H4	Kc8Ks1H5	Kc8Ks1H6	Kc8Ks1H7
Kc8	Kc8Ks2H0	Kc8Ks2H1	Kc8Ks2H2	Kc8Ks2H3	Kc8Ks2H4	Kc8Ks2H5	Kc8Ks2H6	Kc8Ks2H7
Kc8	Kc8Ks3H0	Kc8Ks3H1	Kc8Ks3H2	Kc8Ks3H3	Kc8Ks3H4	Kc8Ks3H5	Kc8Ks3H6	Kc8Ks3H7
Kc9	Kc9Ks1H0	Kc9Ks1H1	Kc9Ks1H2	Kc9Ks1H3	Kc9Ks1H4	Kc9Ks1H5	Kc9Ks1H6	Kc9Ks1H7
Kc9	Kc9Ks2H0	Kc9Ks2H1	Kc9Ks2H2	Kc9Ks2H3	Kc9Ks2H4	Kc9Ks2H5	Kc9Ks2H6	Kc9Ks2H7
Kc9	Kc9Ks3H0	Kc9Ks3H1	Kc9Ks3H2	Kc9Ks3H3	Kc9Ks3H4	Kc9Ks3H5	Kc9Ks3H6	Kc9Ks3H7

จากนั้นเมื่อเรานำตัวแปรทุกตัวมาปรับใช้จะสามารถทำให้ได้สถานการณ์จำลองทั้งหมด 216 แบบดังตารางที่ 3.1 เราก็จะทำการรันโปรแกรม Mod flow โดยการใช้ข้อมูลเบื้องต้นนี้เป็นตัวแปรในการกำหนดค่าต่างๆของโปรแกรมในลำดับถัดมา โดยจะกำหนดรายละเอียดของขนาดพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง ความกว้าง 100 เมตร ความยาว 200 เมตร ความสูง 20 เมตร ด้านซ้ายเป็นแม่น้ำ

ตัวอย่างสถานการณ์จำลอง



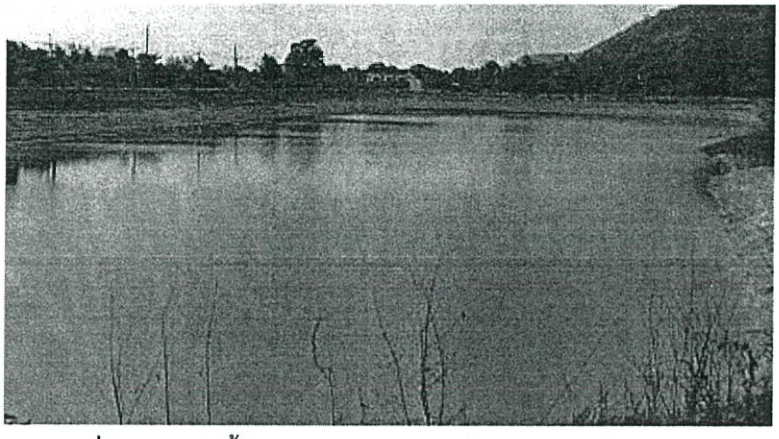
ภาพที่ 3.27. สถานการณ์จำลองในรูปแบบต่างๆ

หมายเหตุ: หมายเหตุ: ค่า H1 ที่ได้จะใช้ค่า 19.5 เมตร ซึ่งจะเป็นค่า Boundaries Constant head ที่ใช้ในการจำลองของโปรแกรม โดยที่ค่า H ต่างๆจะลดลงมาทีละ 0.5 เมตร ตามลำดับ ส่วนค่า H0 นั้นเรากำหนดให้เป็นระดับเท่ากันกับแม่น้ำคือ 18 เมตร โดยจะให้เป็นในกรณีที่ไม่มีการดูน้ำ หรือเป็นสภาพก่อนการสร้าง Infiltration Gallery ซึ่งจะเอาไวเปลี่ยนเทียบกับค่าที่ได้จากสร้างแบบจำลอง

บทที่ 4
ผลการสำรวจเบื้องต้น

4.1 ผลการสำรวจปัญหาของระบบน้ำประปาชุมชนจากหน่วยงานต่างๆ

1) การประปาส่วนภูมิภาค สาขาคลองใหญ่ จ.ตราด



ภาพที่ 4.1 แหล่งน้ำดิบกปภ. สาขาคลองใหญ่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด

- **ปัญหา**

จากสถานการณ์ภัยแล้ง ทำให้ขาดแคลนน้ำดิบป้อนเข้าสู่ระบบผลิตน้ำประปา เป็นเหตุให้ต้องลดปริมาณการจ่ายน้ำ และระยะทางจ่ายน้ำที่ไกล ประกอบกับเป็นพื้นที่ลาดชันบางช่วง จึงต้องจ่ายน้ำในช่วงกลางคืน

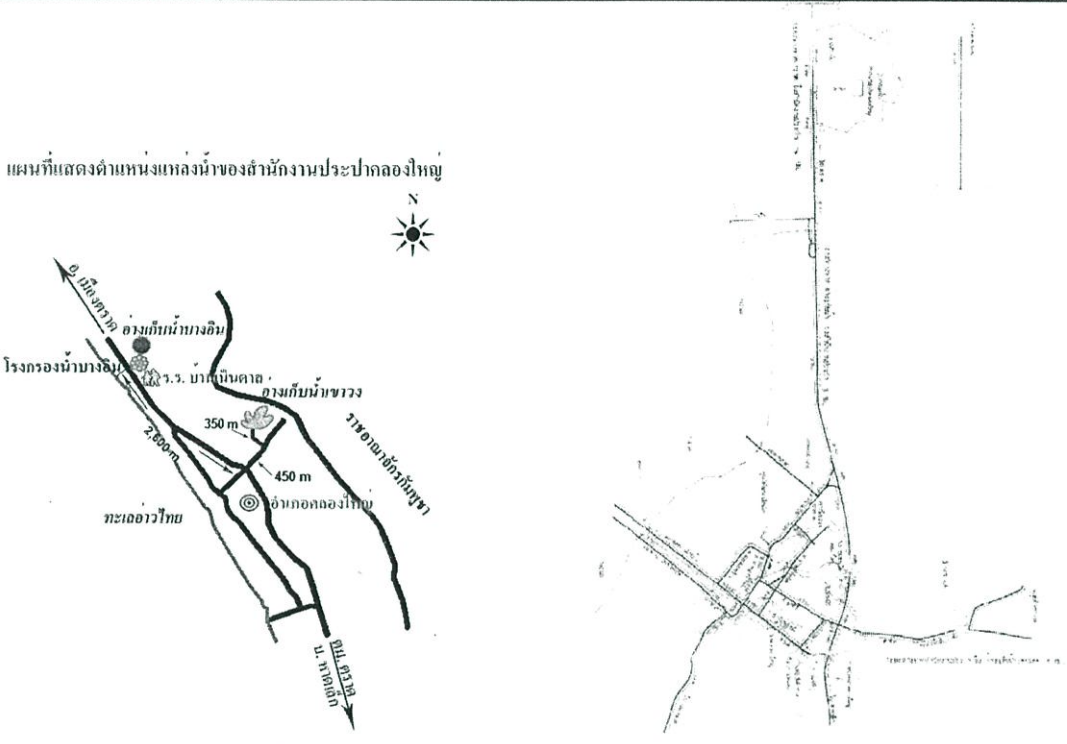
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลประจำเดือนธันวาคม 2555

ข้อมูลประจำเดือน ธันวาคม 2555		
ประเภท	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด :	3,174	ราย
กำลังผลิตที่ใช้งาน :	3,600	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำผลิต :	92,247	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำผลิตจ่าย :	90,527	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำจำหน่าย :	57,282	ลบ.ม.

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำเขาวง และอ่างเก็บน้ำบางอิน ในการสูบมาผลิตน้ำประปา

หน่วยบริการ-แม่ข่าย	ผู้ใช้น้ำ (ราย)	ปริมาณการผลิต (ม.3/ปี)	แหล่งน้ำดิบปัจจุบัน	อัตราสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ความจุกักเก็บ (ล้าน ลบ.ม.)
แม่ข่ายคลองใหญ่	3,099	0	อ่างเก็บน้ำบางอินอ่างเก็บน้ำเขาวงค์	2146	0.455 , 0.12



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งกปภ. สาขาคลองใหญ่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด

- **ข้อมูลน้ำผิวดิน**

เป็นลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นลุ่มน้ำที่เกิดจากพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่เป็นเทือกเขาทางภาคตะวันออกของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชลบุรีระยอง จันทบุรี และตราดมีพื้นที่ 13,240 ตารางกิโลเมตรประกอบด้วยลุ่มน้ำหลายลุ่มน้ำซึ่งแยกจากกันเพราะมีต้นน้ำและปลายน้ำไม่ติดต่อกัน ได้แก่ลุ่มน้ำชลบุรีอยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชลบุรีลุ่มน้ำระยองประกอบด้วยลำน้ำสั้นๆไหลลงทะเลในเขตอำเภอบ้านค่ายสัตหีบ บ้านฉาง แกลงและเมืองระยองลุ่มน้ำประแสร์ครอบคลุมพื้นที่อำเภอหนองใหญ่ บ่อทอง วังจันทร์และแกลงลุ่มน้ำคลองโตนดซึ่งมีต้นน้ำเขาสีเสียดเขตติดต่อระหว่างจังหวัดจันทบุรีฉะเชิงเทรา และ ปราจีนบุรีไหลลงสู่ทะเลเขตอำเภอท่าใหม่ลุ่มน้ำพังราดเป็นลำน้ำแบ่งเขตจังหวัดจันทบุรีกับระยองครอบคลุมอำเภอแกลงและท่าใหม่ลุ่มน้ำจันทบุรีมีต้นน้ำที่เขาสอยดาวใต้เขตอำเภอโป่งน้ำร้อนจังหวัดจันทบุรีไหลมาทางอำเภอมะขามและแหลมสิงห์ ลุ่มน้ำเวฬุมีต้นน้ำบริเวณเขาสระบาปและเขาชะอมเขตจังหวัดจันทบุรีตอนปลายน้ำเป็นลำน้ำแบ่งเขตจังหวัดจันทบุรีและตราดและไหลลงทะเลเขตจังหวัดตราดลุ่มน้ำเมืองตราดครอบคลุมอำเภอเขาสมิงและไหลลงทะเลเขตอำเภอเมืองตราดลุ่มน้ำตราดตะวันออกและตะวันตกครอบคลุมพื้นที่เขตอำเภอเมืองแหลมงอบเขาสมิงและอำเภอคลองใหญ่จังหวัดตราดลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล

ตะวันออกนี้มีประชากรประมาณ 2,233,366 คนพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 74.5 ป่าไม้ร้อยละ 23.0 และแหล่งน้ำร้อยละ 2.5

- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

  ไม่ระบุในหมู่ที่ตั้งของ กปภ. คลองใหญ่

2) การประปาส่วนภูมิภาค สาขา ปักธงชัย จ.นครราชสีมาหน่วยบริการวังน้ำเขียว

- **ปัญหา**

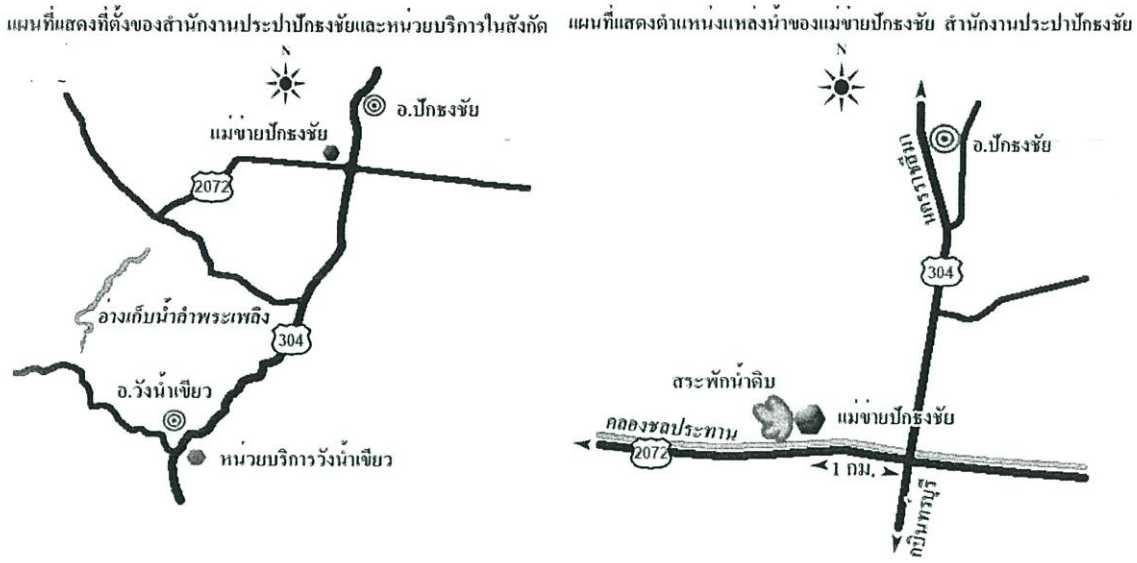
  แหล่งน้ำดิบมีปริมาณลดน้อยลงในฤดูแล้ง จึงไม่สามารถผลิตน้ำประปาจ่ายได้ตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากน้ำจะหมดก่อนที่จะผ่านช่วงฤดูแล้ง

ข้อมูลประจำเดือน ธันวาคม 2555		
ประเภท	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด :	8,455	ราย
กำลังผลิตที่ใช้งาน :	9,840	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำผลิต :	221,978	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำผลิตจ่าย :	215,678	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำจำหน่าย :	175,740	ลบ.ม.

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

  อ่างเก็บน้ำเสี่ยมุ้ย และอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบใช้ในการผลิตน้ำประปา

หน่วยบริการ-แม่ข่าย	ผู้ใช้น้ำ (ราย)	ปริมาณการผลิต (ม.3/ปี)	แหล่งน้ำดิบปัจจุบัน	จำนวน (บ่อ/แห่ง)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ความจุกักเก็บ (ล้าน ลบ.ม.)	หมายเหตุ
แม่ข่ายปักธงชัย	6,853	0	เขื่อนลำพระเพลิง	-	4800	109.63	-
หน่วยบริการวังน้ำเขียว	1,068	0	อ่างเก็บน้ำเสี่ยมุ้ย,อ่างเก็บน้ำคลองสอง	-	700	0.08	



ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งกปภ. สาขาปักธงชัย อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา (หน่วยบริการวังน้ำเขียว)

- **ข้อมูลน้ำผิวดิน**

ลุ่มน้ำมูล ตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ อุบลราชธานี นครราชสีมา มหาสารคาม ยโสธร ขอนแก่น ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษและอำนาจเจริญ มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 69,700 ตารางกิโลเมตรทางตอนใต้ของลุ่มน้ำมีเทือกเขาเป็นแนวยาวตลอด พื้นที่จะค่อย ๆลาดต่ำลงมาทางทิศเหนือ ส่วนทางตะวันออกบริเวณจังหวัดสุรินทร์และจังหวัดศรีสะเกษเป็นที่ราบ สภาพโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มสลับเนินเขาแต่ในจังหวัดอุบลราชธานีจะเป็นที่ราบลุ่มสลับลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน แม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำมูลมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาทางตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมาก่อนจะไหลลงแม่น้ำโขงที่อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานีลำพระเพลิง มีต้นกำเนิดจากบริเวณสันปันน้ำของลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำนครนายก ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่รับน้ำ 2,277ตร.กม.

- **ข้อมูลน้ำบาดาล**

ไม่ระบุ

3) การประปาส่วนภูมิภาค สาขาศรีประจันท์

- **ปัญหา**

กรมชลประทาน หยุดจ่ายน้ำดิบผ่านคลองมะขามเฒ่า-อู่ทอง ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอในการทำประปาในพื้นที่เขตจำหน่ายน้ำดอนเจดีย์ (เทศบาลตำบลดอนเจดีย์,องค์การบริหารส่วนตำบลดอนเจดีย์,และเทศบาลตำบลสระกระโจม)

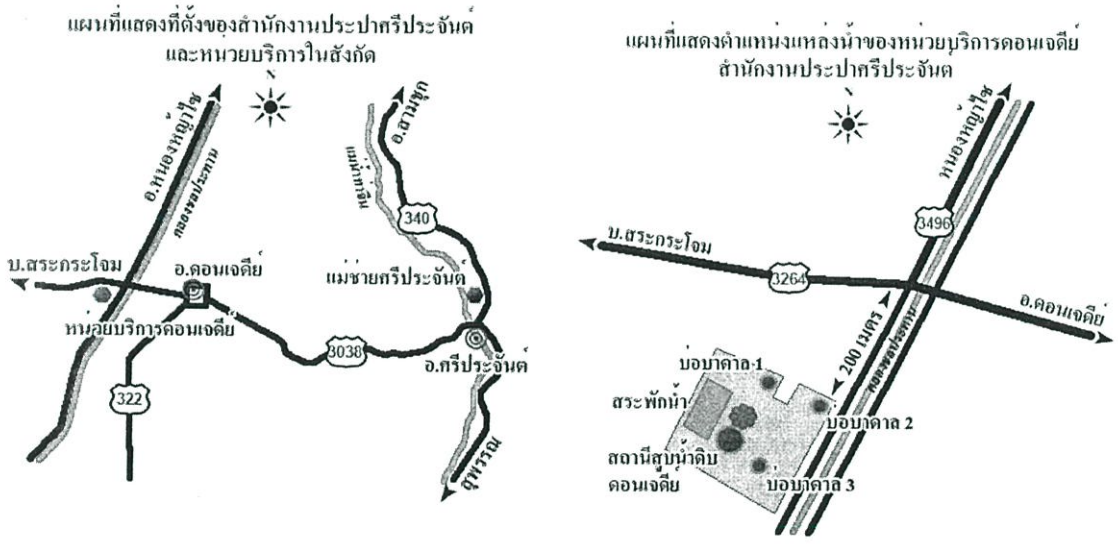
ประเภท	จำนวน	หน่วย
จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด :	4,055	ราย

กำลังผลิตที่ใช้งาน :	5,880	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำผลิต :	100,515	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำผลิตจ่าย :	93,305	ลบ.ม.
ปริมาณน้ำจำหน่าย :	74,344	ลบ.ม.

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

ข้อมูลแหล่งน้ำดิบสำหรับการประปา ณ คลองมะขามเฒ่าเป็นบ่อบาดาล

หน่วยบริการ-แม่ข่าย	ผู้ใช้น้ำ (ราย)	ปริมาณการผลิต (ม.3/ปี)	แหล่งน้ำดิบปัจจุบัน	จำนวน (บ่อ/แห่ง)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ความจุกักเก็บ (ล้าน ลบ.ม.)
แม่ข่ายศรีประจันต์	2,024	0	บ่อบาดาล บ่อ1	1	1800	-
หน่วยบริการดอนเจดีย์	1,970	0	คลองมะขามเฒ่า	-	1700	0.05



ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งกปภ. สาขาศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

- **ข้อมูลน้ำผิวดิน**

ลุ่มน้ำท่าจีน

- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

หน่วยบริการดอนเจดีย์ ไม่ทราบที่ตั้งหน่วยบริการ

4) ประปาหมู่บ้าน หมู่ที่1 หมู่บ้านหนองชิมสิว ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง

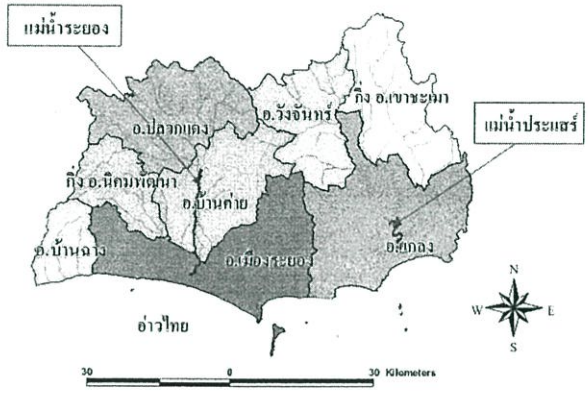
- **ปัญหา**

ก่อนเคยใช้น้ำร่วมกับ หมู่ 6 แต่ภายหลังแยกส่วนบริหาร ทำให้ไม่มีแหล่งน้ำเพียงพอต่อการนำไปผลิตน้ำประปา

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

ไม่มีตาน้ำ ต้องรอฝนตก (แสดงว่ามีบ่อน้ำ) มีโครงการทำคูน้ำผ่านหมู่บ้าน คูน้ำเสร็จในปี 2556 ปัจจุบันนี้สร้างไปเยอะแล้วแต่คูน้ำเป็นคันปูน

- **ข้อมูลน้ำผิวดิน**

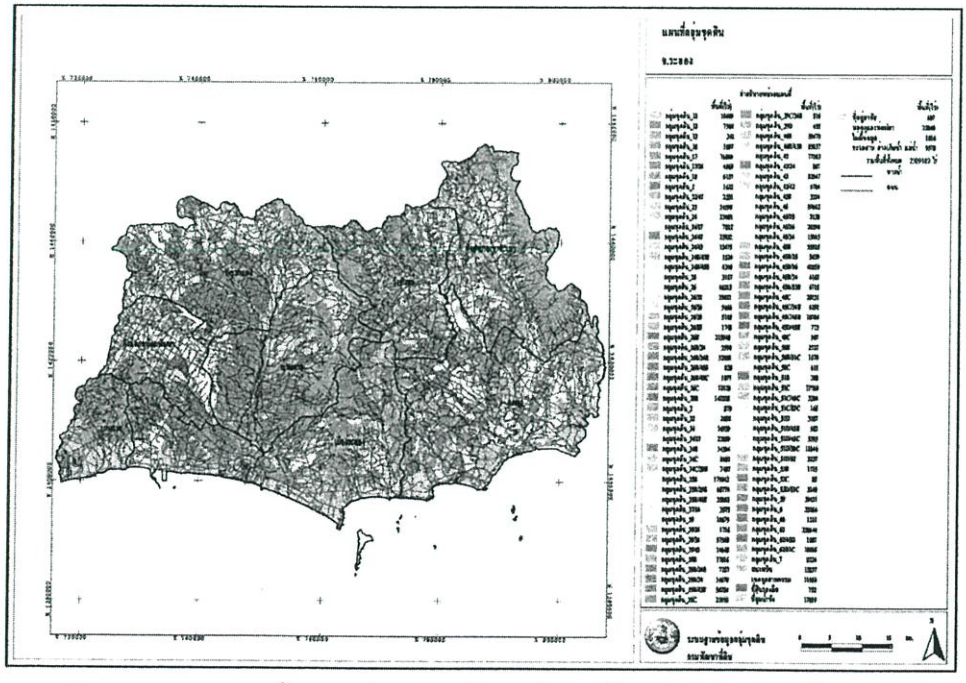


ภาพที่ 4.5 ตำแหน่งอำเภอบ้านค่าย จ.ระยอง

- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

ข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินที่อยู่ภายในพื้นที่ คือบ่อ X1281ณบ้านหนองชิมสิวหมู่ที่1 ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ซึ่งมีความลึกพัฒนา55.50เมตร และมีระดับน้ำปกติ 12.60เมตร ระยะน้ำลด34.20 เมตร ปริมาณน้ำ1.00ลบ.เมตร/ช.ม. คุณภาพน้ำสามารถนำมาใช้ได้ น้ำจืด

- **ลักษณะดิน**



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จ.ระยอง

5) การประปาหมู่บ้าน หมู่5 ตำบลสิงโตทองอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหา**

การประปาหมู่ที่ 5 ตำบลสิงโตทอง ประกอบไปด้วยผู้ใช้น้ำจาก 8 หมู่บ้าน จำนวน 5,427คน ลักษณะน้ำประปามีน้ำสีขุ่นในบางเวลา ทั้งที่สร้างได้ประมาณ 4 เดือน

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

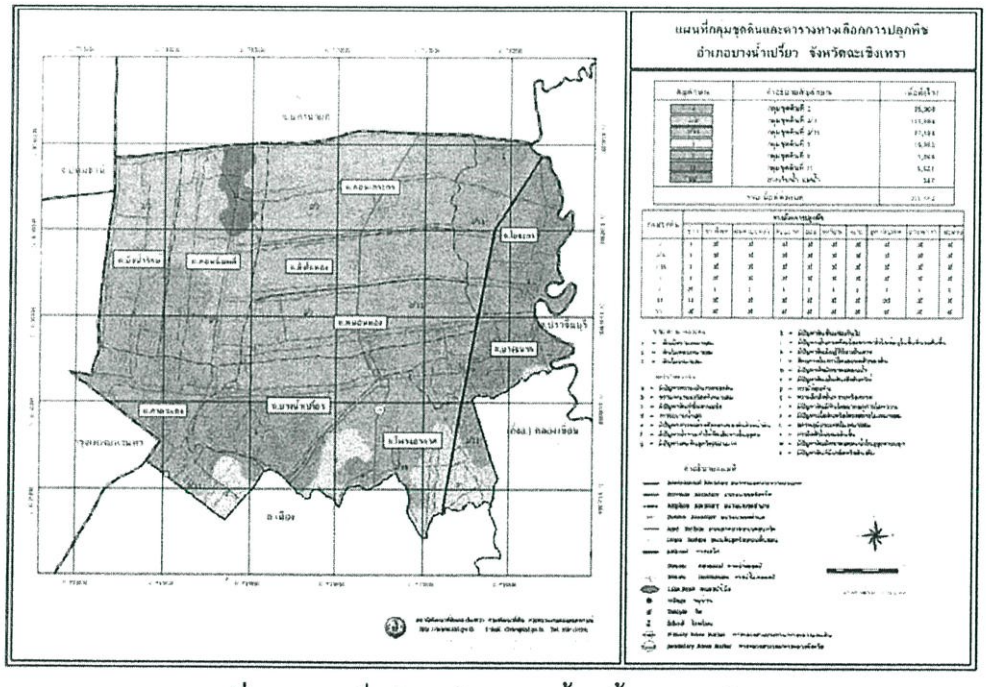
ใช้น้ำจากลำคลอง 20 ที่มีสีขุ่น มีน้ำตลอดปี แต่จะมีปริมาณน้อยในฤดูแล้ง

- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

ไม่มีข้อมูล

- **ลักษณะดิน**

เนื้อดินเป็นดินเหนียวดินบนมีสีเทาหรือเทาแก่ ดินล่างมีสีเทาจุดประสีน้ำตาลและสีเหลืองหรือสีแดง พบตามที่ราบลุ่มภาคกลางเป็นส่วนใหญ่มีน้ำแช่ขังลึก 20-50 ซม.นาน 3-5 เดือนถ้าเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลจะพบสารจาโรไซต์สีเหลืองฝางในระดับความลึกเป็นดิน ลึก มีการระบายน้ำเลว ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง pH 4.5-5.5 ได้แก่ชุดดินอยุธยา บางเขน บางน้ำเปรี้ยว ท่าขวาง ชุมแสง บางปะอิน และมหาโพธิ์



ภาพที่ 4.7 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

6) การประปาหมู่บ้าน หมู่ 7 บ้านเหล่าเหนือ เหล่าโพนค้อ อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร

- **ปัญหา**

มีน้ำประปาไม่เพียงพอ และจากการใช้น้ำบาดาลมาผลิตทำให้มีความเป็นเบส

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

ในหมู่บ้านมีระบบผลิตน้ำประปา 2 แบบ คือ แบบที่ใช้น้ำบาดาล และ แบบที่ใช้น้ำจากบ่อน้ำสาธารณะ ปัจจุบันแบบที่ใช้น้ำจากบ่อสาธารณะยกเลิกแล้ว เนื่องจากน้ำมีความขุ่นระยะห่างบ่อ เก่า-ใหม่ ห่างกันประมาณ 500 เมตร

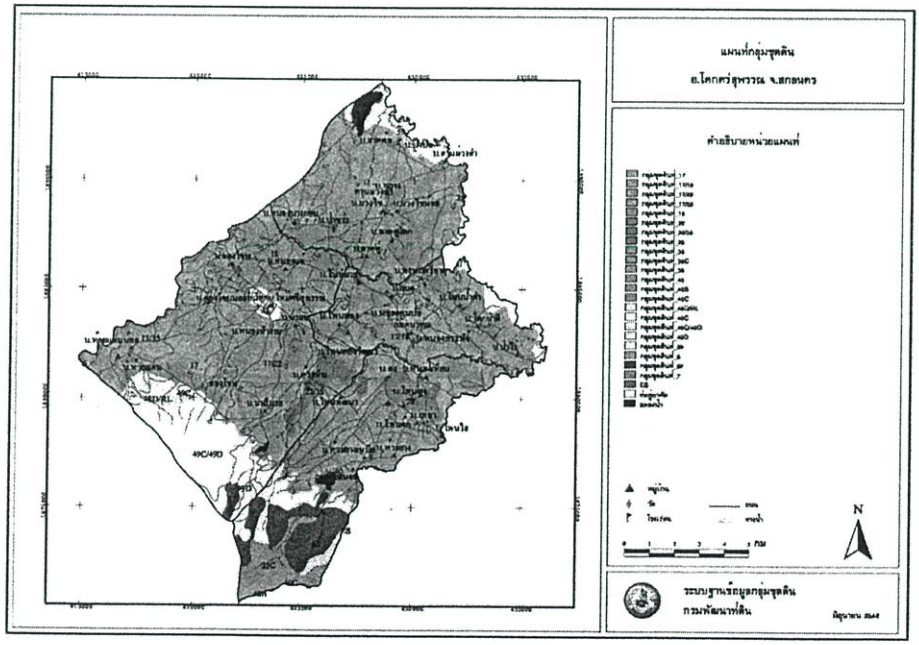
- **ข้อมูลน้ำผิวดิน**

ภาพที่ 4.8 แหล่งน้ำดิบและบริเวณพื้นที่ข้างเคียง หมู่5 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

เนื่องจากไม่มีข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา จึงใช้ข้อมูลบ่อบาลหมู่ 5 แทนหมายเลขบ่อ X1281 ณบ้านเหล่าหมู่ที่5 ตำบลเหล่าโพนค้ออำเภอโคกศรีสุพรรณจังหวัดสกลนครความลึกพัฒนา 43.20เมตร ระดับน้ำปกติ 4.00เมตร ระยะน้ำลด 2.70 เมตรปริมาณน้ำ 15.00ลบ.เมตร/ชม คุณภาพน้ำบาดาลใช้ได้ น้ำจืด

- **ลักษณะดิน**



ภาพที่ 4.9 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.โคกศรีสุพรรณ จ.สกลนคร

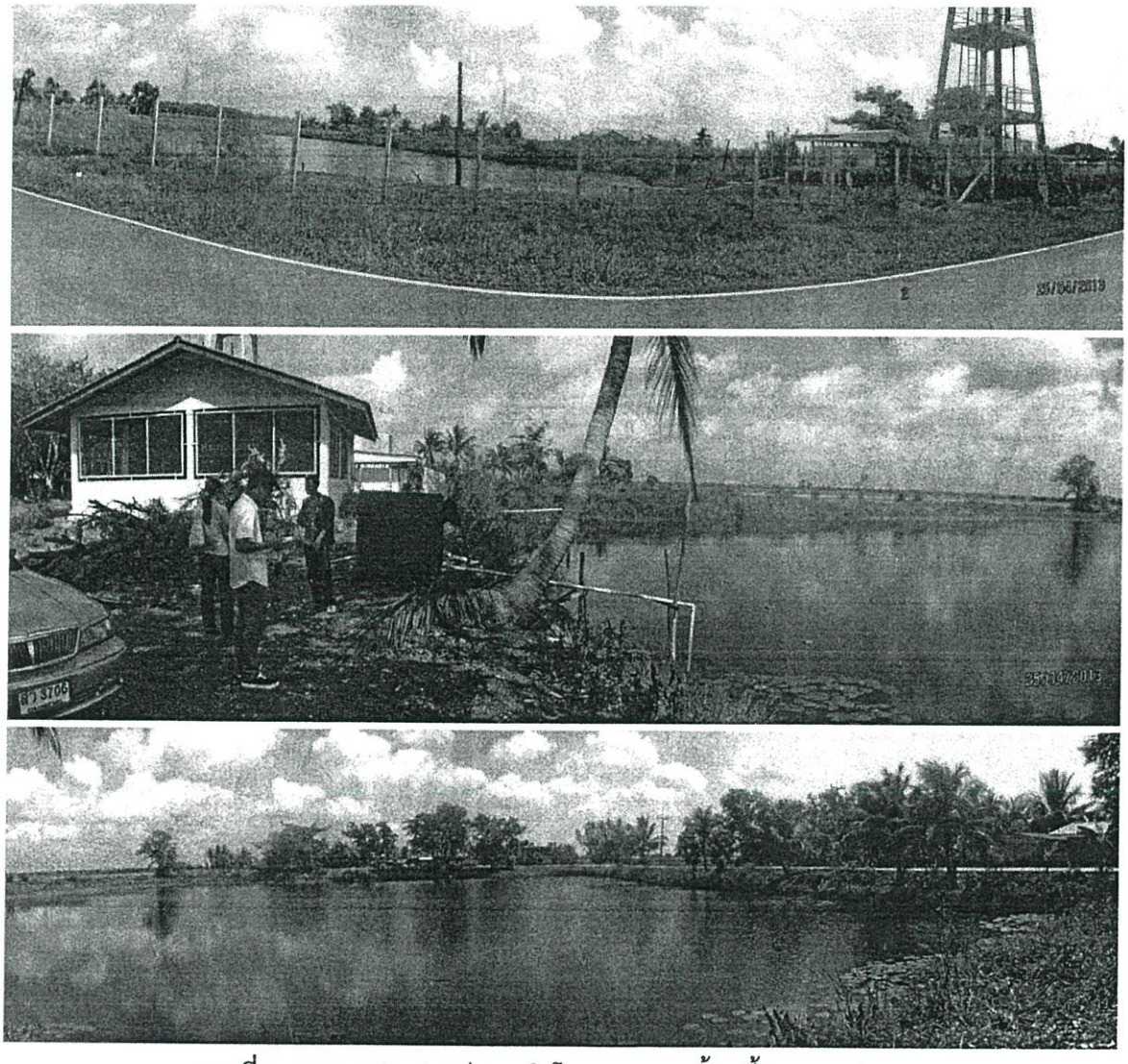
7) การประปาหมู่บ้าน หมู่ 2 ตำบลสิงโตทองอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหา**

การประปาหมู่บ้าน จ่ายให้ 8 หมู่บ้าน สำหรับประชาชนจำนวน5,427คน คุณภาพน้ำในหน้าแล้งมีฝ้าสนิม มีความขุ่นสูง

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

เป็นน้ำผิวดิน สูบน้ำจากบึงเข้าบ่อพัก ซึ่งเป็นบึงที่เชื่อมคลอง 19 กับ คลอง 20 บ่อพักลึกประมาณ 4 เมตร เนื่องด้วยบ่อพักน้ำตื้นจึงทำให้มีสีขุ่น ดินก้อนบ่อมีสีแดงในเนื้อดินชาวบ้านมีน้ำใช้ตลอดทั้งปี ครบทุกครัวเรือน



ภาพที่ 4.10 การประปาหมู่ 2 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

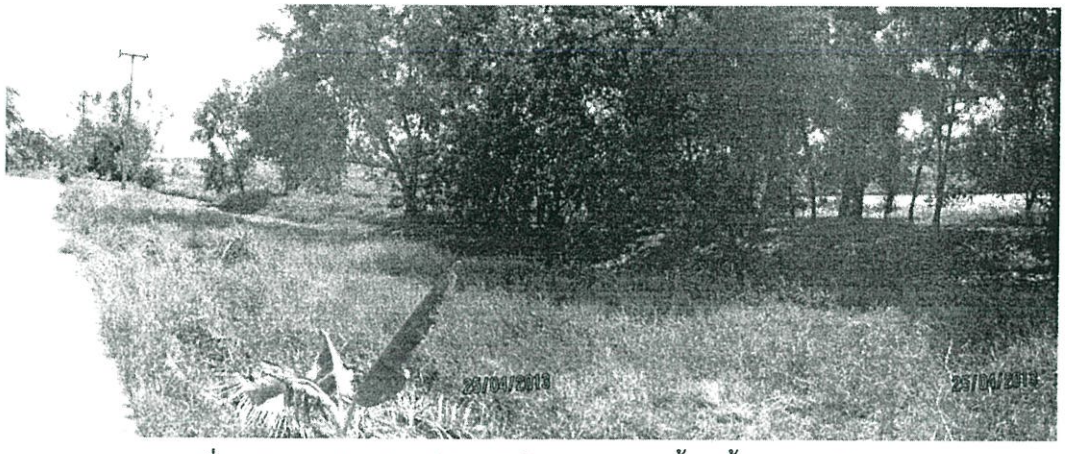
8) หมู่ 3 ตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหา**

ในหน้าแล้งมีฝ้าสนิม

- **ข้อมูลแหล่งน้ำ**

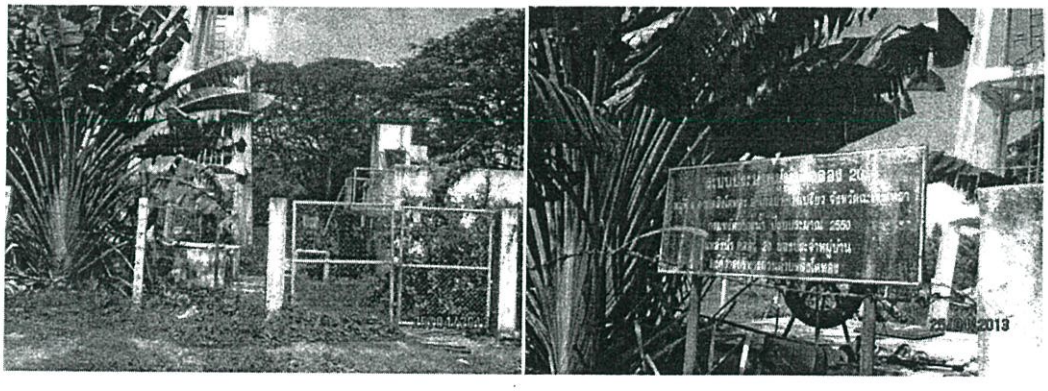
เป็นน้ำผิวดิน มีล่องน้ำยาว 170 เมตร ใช้เป็นทางเดินน้ำเพื่อสูบน้ำจากคลอง19 ซึ่งมีน้ำตลอดปี มายังบ่อพัก บ่อพักมีความลึกประมาณ 10 เมตร บนเนื้อที่ประมาณ 3 ไร่ บ่อเป็นบ่อดินเหนียวชาวบ้านในหมู่มีน้ำใช้ตลอดทั้งปี ครบทุกครัวเรือน



ภาพที่ 4.11 การประปาหมู่ 3 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

9) การประปาหมู่บ้าน หมู่ 6 ตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหา** คุณภาพน้ำมีความขุ่น ต้องใช้สารส้มเยอะในการผลิตน้ำประปา
- **ข้อมูลแหล่งน้ำ** สูบน้ำจากคลอง 20 โดยตรงไม่มีบ่อพักน้ำ ช่วงที่สูบน้ำเป็นที่ค่อนข้างลุ่มในแนวคลอง ในช่วงหน้าแล้งน้ำในคลองจะต่ำ อยู่ที่ประมาณ 1-2 เมตรคุณภาพน้ำในคลองจะมีความขุ่นกว่าคลอง 19
- **สรุป** มีน้ำพอสำหรับทุกครัวเรือน

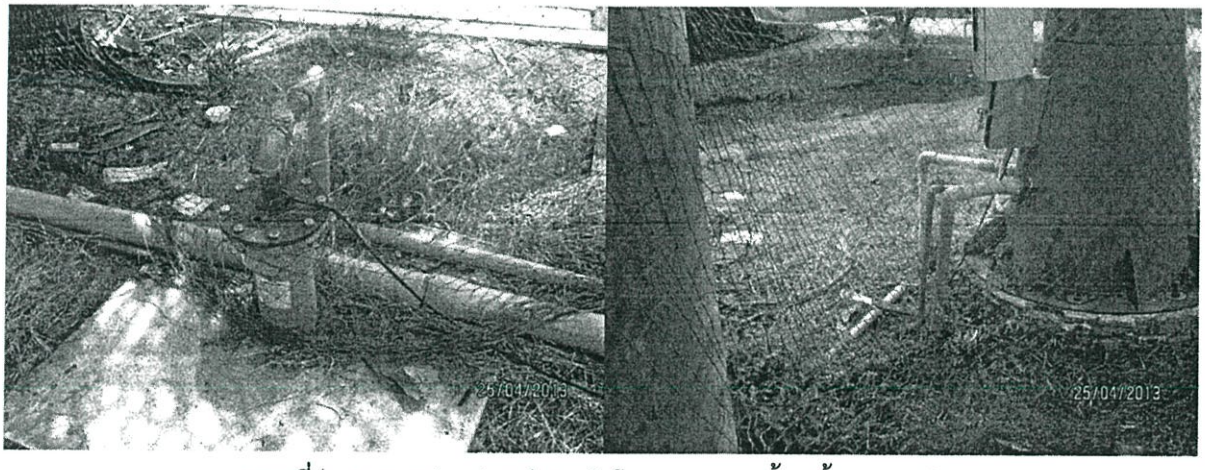


ภาพที่ 4.12 การประปาหมู่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

10) การประปาหมู่บ้าน หมู่ 7 ตำบลสิงโตทองอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหามีน้ำน้อยในช่วงหน้าแล้ง**
- **ข้อมูลแหล่งน้ำ** เป็นน้ำบาดาล ไม่มีกลิ่น อยู่ห่างจากคลอง 20 ประมาณ 100 เมตร
- **ข้อมูลน้ำใต้ดิน**

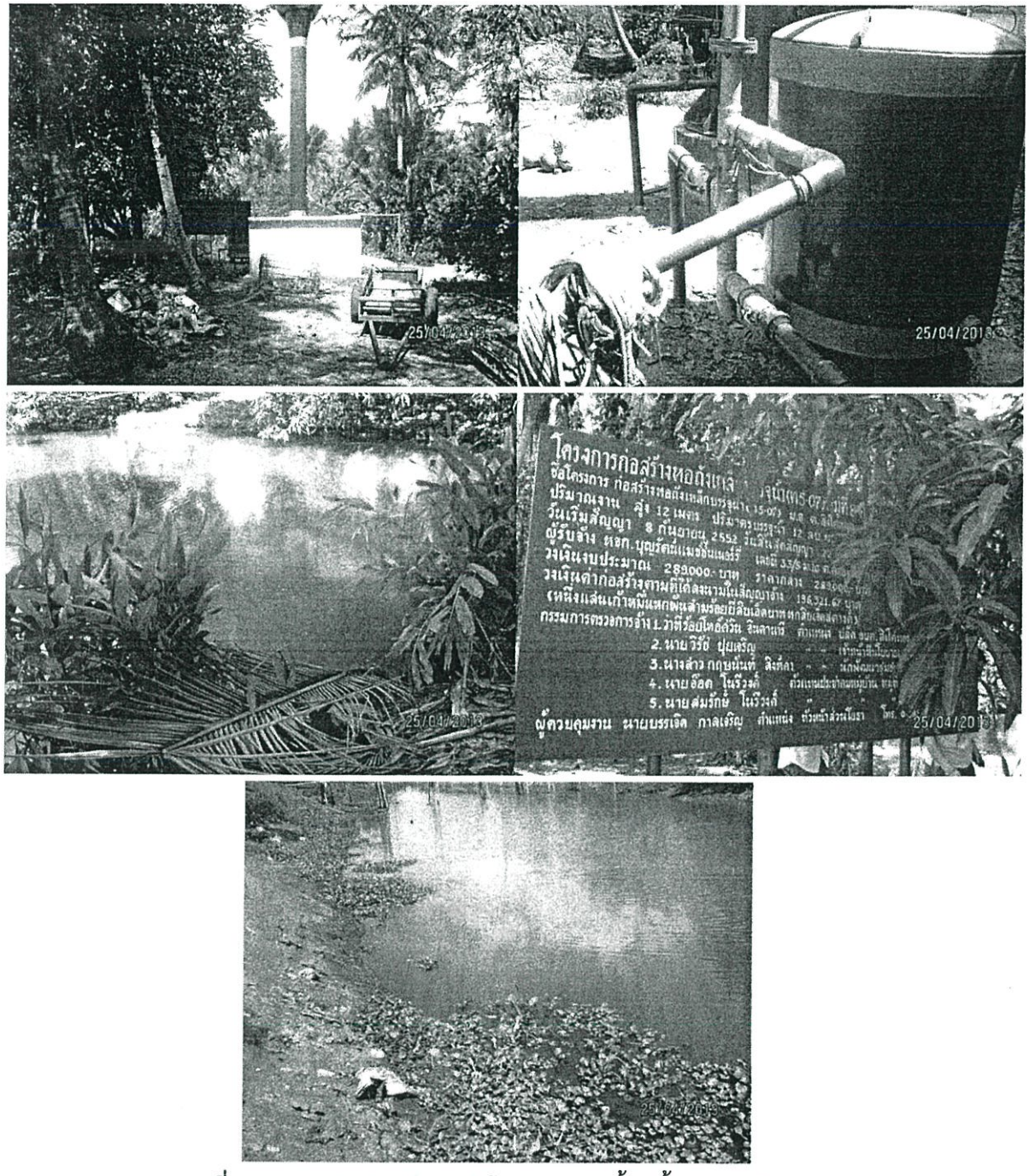
ใช้ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อหมายเลข CS36ณ สถานที่มัสยิดอันนูร์(เขียว)หมู่ที่7 ตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยวจังหวัดฉะเชิงเทราความลึกพัฒนา 166.0เมตร ระดับน้ำปกติ 11.20เมตร ระยะน้ำลด 42.0เมตร ปริมาณน้ำ5.00ลบ.เมตร/ชม คุณภาพน้ำบาดาลใช้ได้ น้ำจืด



ภาพที่ 4.13 การประปาหมู่ 7 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

11) การประปาหมู่บ้าน หมู่ 8 ตำบลสิงโตทองอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

- **ปัญหา** น้ำมีกลิ่นสนิท ไม่สามารถนำไปใช้ได้
- **ข้อมูลแหล่งน้ำ** เป็นน้ำบาดาล ที่มีบ่อน้ำล้อมรอบ อยู่ห่างจากคลอง 20 ประมาณ 100 เมตรบ่อบาดาลมีความลึกประมาณ 100 เมตร น้ำมีกลิ่นสนิมค่อนข้างแรง
- **สรุป** มีชาวบ้านประมาณ 3 ครัวเรือนที่นำน้ำไปใช้ในการซักผ้า หรือ ล้างจานเท่านั้น



ภาพที่ 4.14 การประปาหมู่ 8 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

4.2 ผลการเจาะสำรวจชั้นดิน

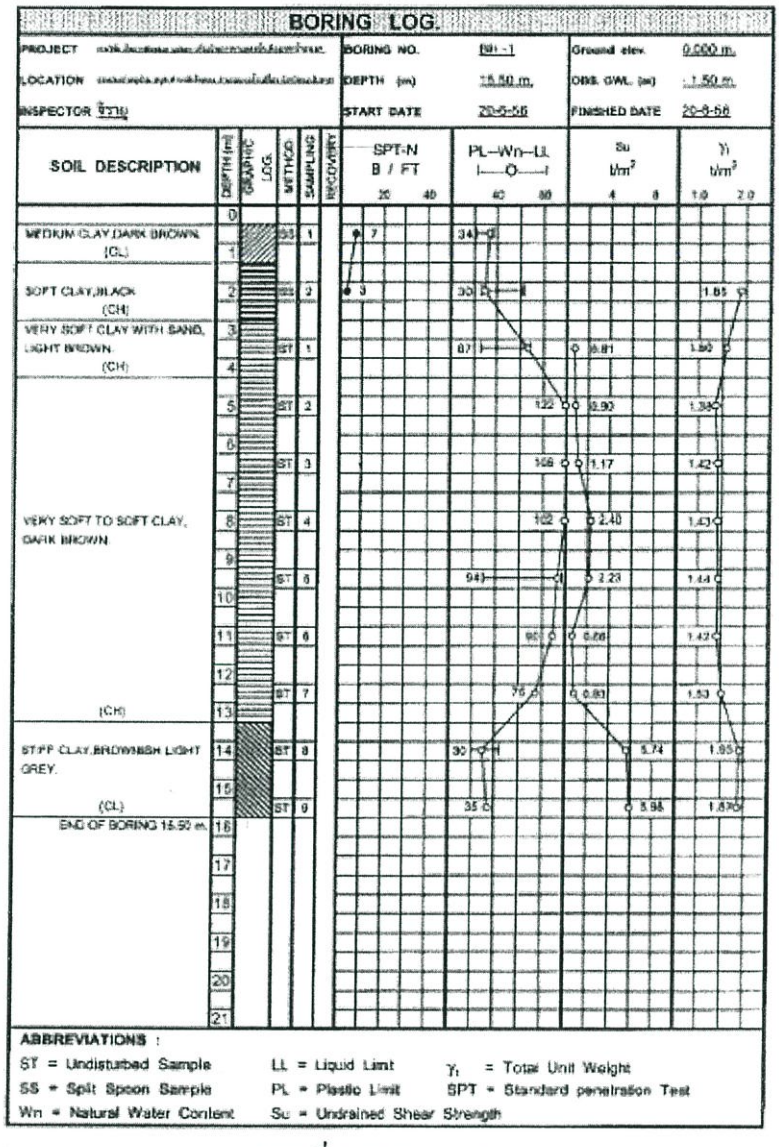
จากการเจาะสำรวจชั้นดิน บริเวณการประปาหมู่ 6 ตำบลสิงโตทอง อ. บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา พื้นที่เจาะสำรวจดังรูปที่ 4-15 ใกล้กับคลอง 20

ภาพที่ 4.15 ตำแหน่งสถานที่เจาะสำรวจชั้นดิน หมู่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

จากผลการเจาะสำรวจชั้นดินในโครงการฯ จำนวน 1 หลุม สามารถจำแนกลักษณะของชั้นดินได้ดังตารางต่อไปนี้

ชั้นดิน	ลักษณะของชั้นดิน	ความลึกจากผิวดิน (ม.)
1.	ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง	0.00 - 1.00
2.	ชั้นดินเหนียวอ่อน	1.00 - 2.50
3.	ชั้นดินเหนียวมีทรายปนเล็กน้อยอ่อนมาก	2.50 - 4.00
4.	ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงอ่อน	4.00 - 13.00
5.	ชั้นดินเหนียวแข็ง	13.00 - 15.50
ระดับน้ำใต้ดินในหลุมเจาะ		- 1.50

ภาพที่ 4.16 ลักษณะของชั้นดิน



ภาพที่ 4.17 Boring log

SUMMARY OF TEST RESULTS

PROJECT : [illegible] LOCATION : [illegible] CHECKED BY : [illegible]

HOLE No : BH-1 DATE 21/6/56

Sample No	Depth (m.)	NWC %	Atterberg Limit %			Sieve Analysis % Passing					Unit weight	Unconfined t/sq.m		Hydrometer		SPECIFIC GRAVITY	PERME TEST	SPT	Soil class
			LL	PL	PI	#4	#10	#40	#100	#200	t/Cu.m	PP	UC	SILT 0.075-0.002 mm.	CLAY <0.002 mm.	Gs	k (cm/sec)	blow/ft	
SS-1	0.00 - 0.45	34	37	22	15	100	99	98	97	96	-	-	-					7	CL
SS-2	1.50 - 1.95	50	63	27	36				100	99	1.85	-	-					3	CH
ST-1	3.00 - 3.50	67	69	27	42	96	89	86	85	85	1.60		0.81					-	CH
ST-2	4.50 - 5.00	122							100	99	1.38		0.90			2.70		-	CH
ST-3	6.00 - 6.50	108								100	1.42	-	1.17	26.47	73.53			-	CH
ST-4	7.50 - 8.00	102								100	1.43	-	2.40				9.6SE-08	-	CH
ST-5	9.00 - 9.50	94	98	30	68					100	1.44	-	2.23					-	CH
ST-6	10.50 - 11.00	91							100	99	1.42	-	0.66					-	CH
ST-7	12.00 - 12.50	75								100	1.53	-	0.93				5.9IE-08	-	CH
ST-8	13.50 - 14.00	38	45	21	24				100	99	1.93	-	5.74	27.72	71.65	2.69		-	CL
ST-9	15.00 - 15.50	35				100	97	96	96	95	1.87	-	5.98					-	CL

ภาพที่ 4.18 Summary of test results

Natural Water Content

(ASTM-D2216)

Project: [illegible] Location: [illegible]

Borehole No. / Sample No. / Depth		BH-1 SS-1 0.00 - 0.45 (m.)	BH-1 SS-1 1.50 - 1.95 (m.)	BH-1 ST-1 3.00 - 3.50 (m.)	BH-1 ST-2 4.50 - 5.00 (m.)	BH-1 ST-3 6.00 - 6.50 (m.)	BH-1 ST-4 7.50 - 8.00 (m.)
Can No.		154	141	41	146	68	87
Mass can + Wet soil	(gm.)	106.0	125.7	350.1	309.2	317.2	318.0
Mass can + Dry soil	(gm.)	89.7	106.5	222.3	157.1	169.4	173.9
Mass water	(gm.)	16.3	19.2	127.8	152.1	147.8	144.2
Mass can	(gm.)	41.8	42.8	32.3	32.5	32.8	32.6
Mass Dry soil	(gm.)	47.9	63.7	190.0	124.6	136.6	141.3
Water content	(%)	34.0	30.1	67.3	122.1	108.1	102.1

Borehole No. / Sample No. / Depth		BH-1 SS-5 9.00 - 9.50 (m.)	BH-1 SS-6 10.50 - 11.00 (m.)	BH-1 ST-7 12.00 - 12.50 (m.)	BH-1 ST-8 13.50 - 14.00 (m.)	BH-1 ST-9 15.00 - 15.50 (m.)	
Can No.		48	137	158	167	128	
Mass can + Wet soil	(gm.)	325.8	125.3	342.4	410.4	417.0	
Mass can + Dry soil	(gm.)	184.3	80.9	208.8	319.9	317.0	
Mass water	(gm.)	141.5	44.4	133.6	90.5	100.0	
Mass can	(gm.)	33.0	32.1	31.7	16.8	32.2	
Mass Dry soil	(gm.)	151.4	48.8	177.1	304.1	284.8	
Water content	(%)	93.5	90.9	75.4	29.8	35.1	

ภาพที่ 4.19 Natural Water Content

4.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

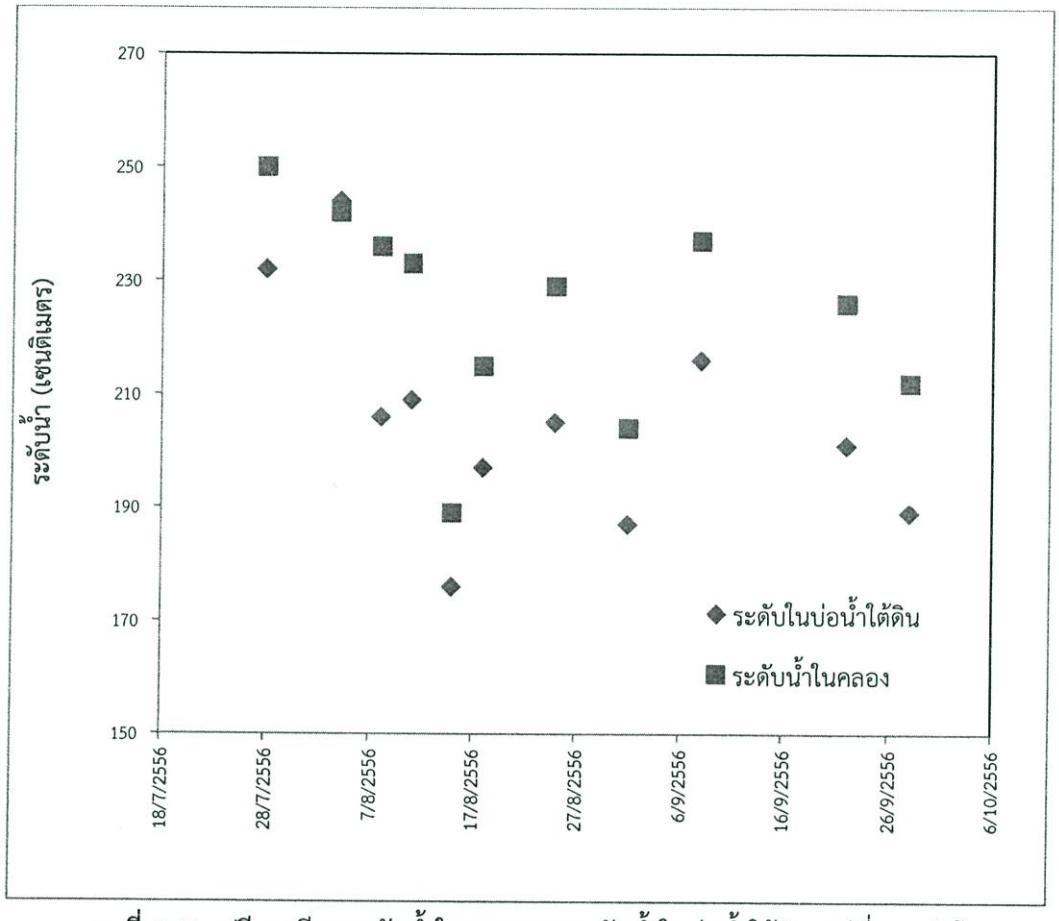
ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในวันที่ 15 สิงหาคม 2556 จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้ผลดังตาราง ทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีคุณภาพน้ำเป็นกรดเล็กน้อย ในขณะที่น้ำบาดาลมีความขุ่นผิดปกติจากน้ำบาดาลทั่วไปและมีค่า TDS สูง น้ำมีปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนปะปนอยู่บ้าง

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์		วิธีวิเคราะห์
	น้ำผิวดิน	น้ำบาดาล	
ลักษณะทางกายภาพ	ใสไม่มีสี	ขุ่นมีตะกอนสีดำ	สังเกตด้วยตา
pH	5.97	6.40	pH Meter
TDS (mg/L)	452	3,350	Conductivity Meter
ความขุ่น (NTU)	19.1	205	Turbidity Meter
Chemical Oxygen Demand (mg/L)	48.19	80.32	Close Reflux with Potassium Dichromate
Biochemical Oxygen Demand BOD_5 (mg/L)	3.62	4.60	Incubated at 20°C , 5 days and measured by electrode.
Total Kjeldahl Nitrogen (mg N/L)	0.44	5.88	Macro-Kjeldahl Method
Organic Nitrogen (mg N/L)	0.22	3.89	Macro-Kjeldahl Method
ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	1.75	19.13	Titration Method
ออร์โธฟอสเฟต (mg P/L)	0.19	0.72	Spectrophotometric Method

ภาพที่ 4.20 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในวันที่ 15 สิงหาคม 2556

4.4 ผลการตรวจวัดระดับน้ำผิวดินและระดับน้ำใต้ดิน

จากการเปรียบเทียบระดับน้ำในคลองและในบ่อน้ำใต้ดินในบริเวณการประปาหมู่บ้าน หมู่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2556 พบว่าระดับน้ำโดยรวมมีแนวโน้มลดลง มีการเพิ่มขึ้นบ้างเป็นจังหวะเนื่องจากการเปิดปิดประตูน้ำข้างเคียง นอกจากนั้นแล้วระดับน้ำทั้งสองแห่งมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันตลอด มีค่าความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 5-10 เซนติเมตร เมื่อระดับน้ำคงที่



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบระดับน้ำในคลองและระดับน้ำในบ่อน้ำใต้ดิน หมู่ที่ 6 ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

บทที่ 5
ผลการศึกษา

หลังจากทำการสร้างโมเดลตามแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้โดยโปรแกรม Visual Mod Flow เรียบร้อยแล้วจนได้ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้ทำการจำลองขึ้นมา และทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการ Run โปรแกรม นำค่าที่ได้ในกรณีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ใน Microsoft Excel เพื่อเปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่ได้จากข้อมูล

5.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ

จากการศึกษาเราได้นำค่าที่ได้จากโปรแกรมมารวมกันจะได้ค่าดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS1

KC	Drains (m^3/day)						
(m/s)	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50
1.00E-07	22.61	22.79	22.98	23.18	23.37	23.57	23.77
4.00E-08	10.81	10.88	10.95	11.03	11.12	11.2	11.28
1.00E-08	4.95	4.97	4.98	5	5.03	5.03	5.05
4.00E-09	3.8	3.79	3.79	3.8	3.8	3.81	3.81
1.00E-09	3.27	3.26	3.25	3.25	3.24	3.24	3.24
4.00E-10	3.11	3.1	3.09	3.09	3.08	3.08	3.08
1.00E-10	3.03	3.02	3.01	3	3	3	2.99
4.00E-11	3.01	3	2.99	2.99	2.98	2.98	2.98
1.00E-11	3.01	2.99	2.99	2.98	2.98	2.97	2.97

จากตารางเป็นค่าที่เรานำมาจากการกำหนดค่า Conductivity ของทรายหรือสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเท่ากับ 6.00E-03เมตร/วินาที และมีระยะทางรวมจากแม่น้ำถึง infiltration Gallery เท่ากับ 20 เมตร เราจะเห็นว่าถ้าดินที่เรานำมาใช้ในการทำน้ำประปาผ่านระบบของ infiltration Gallery จะเห็นว่าค่าที่ได้นั้นยิ่งดินมีค่าของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านที่มากจะสามารถทำให้ได้ปริมาณน้ำต่อวันมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS2

KC	Drains (m^3/day)						
(m/s)	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50
1.00E-07	22.42	22.58	22.76	22.93	23.11	23.26	23.46
4.00E-08	10.68	10.73	10.81	10.9	10.96	11.04	11.1
1.00E-08	4.81	4.82	4.84	4.85	4.87	4.88	4.9
4.00E-09	3.63	3.62	3.62	3.63	3.63	3.63	3.64
1.00E-09	3.1	3.09	3.09	3.08	3.08	3.08	3.08
4.00E-10	2.97	2.96	2.96	2.95	2.95	2.94	2.94
1.00E-10	2.89	2.88	2.87	2.87	2.86	2.86	2.86
4.00E-11	2.87	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84	2.84
1.00E-11	2.87	2.85	2.85	2.84	2.84	2.83	2.83

จากตารางเป็นค่าที่เรานำมาจากการกำหนดค่า Conductivity ของทรายหรือสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน เท่ากับ 3.00E-03เมตร/วินาที และมีระยะทางรวมจากแม่น้ำถึง infiltration Gallery เท่ากับ 15 เมตร

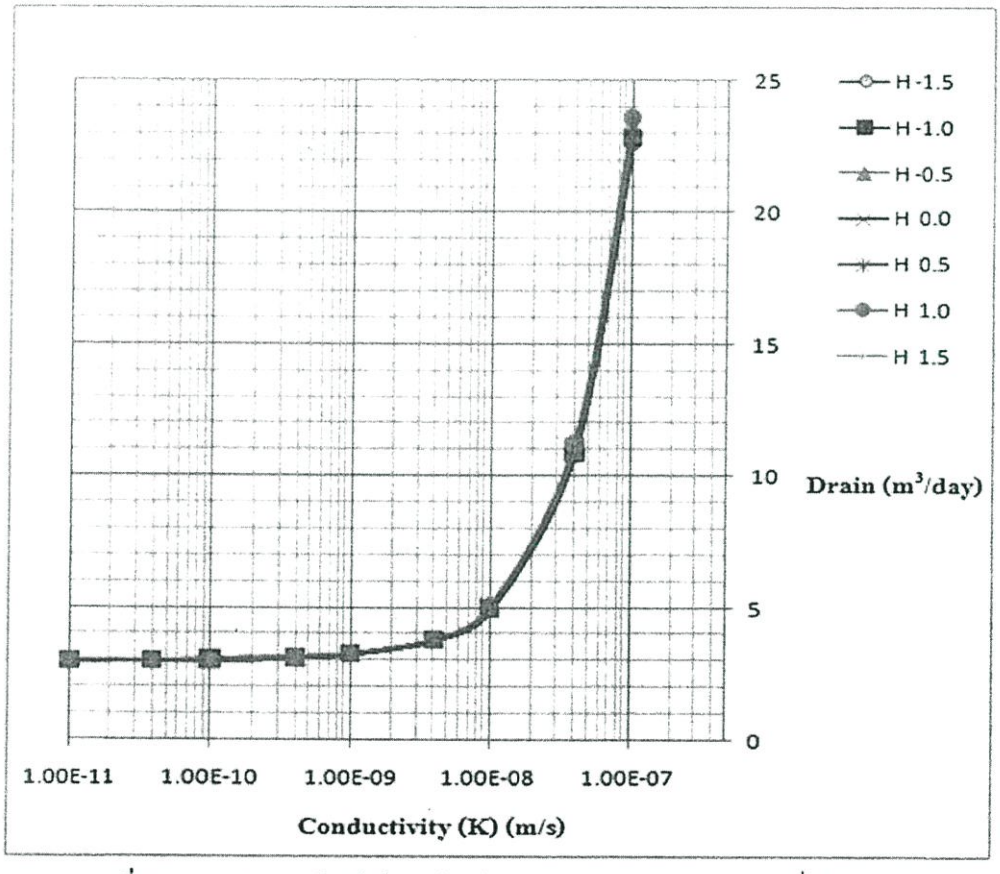
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของ KC และ Drains ที่ได้จากทราย KS3

KC	Drains (m^3/day)						
(m/s)	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50
1.00E-07	21.37	21.52	21.62	21.77	21.93	22.07	22.21
4.00E-08	9.95	10	10.05	10.09	10.12	10.17	10.24
1.00E-08	4.24	4.24	4.26	4.26	4.28	4.29	4.3
4.00E-09	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.2	3.2
1.00E-09	2.57	2.56	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55
4.00E-10	2.44	2.43	2.43	2.42	2.42	2.42	2.41
1.00E-10	2.35	2.35	2.35	2.36	2.36	2.37	2.38
4.00E-11	2.33	2.33	2.34	2.34	2.35	2.35	2.36
1.00E-11	2.33	2.33	2.33	2.34	2.34	2.35	2.36

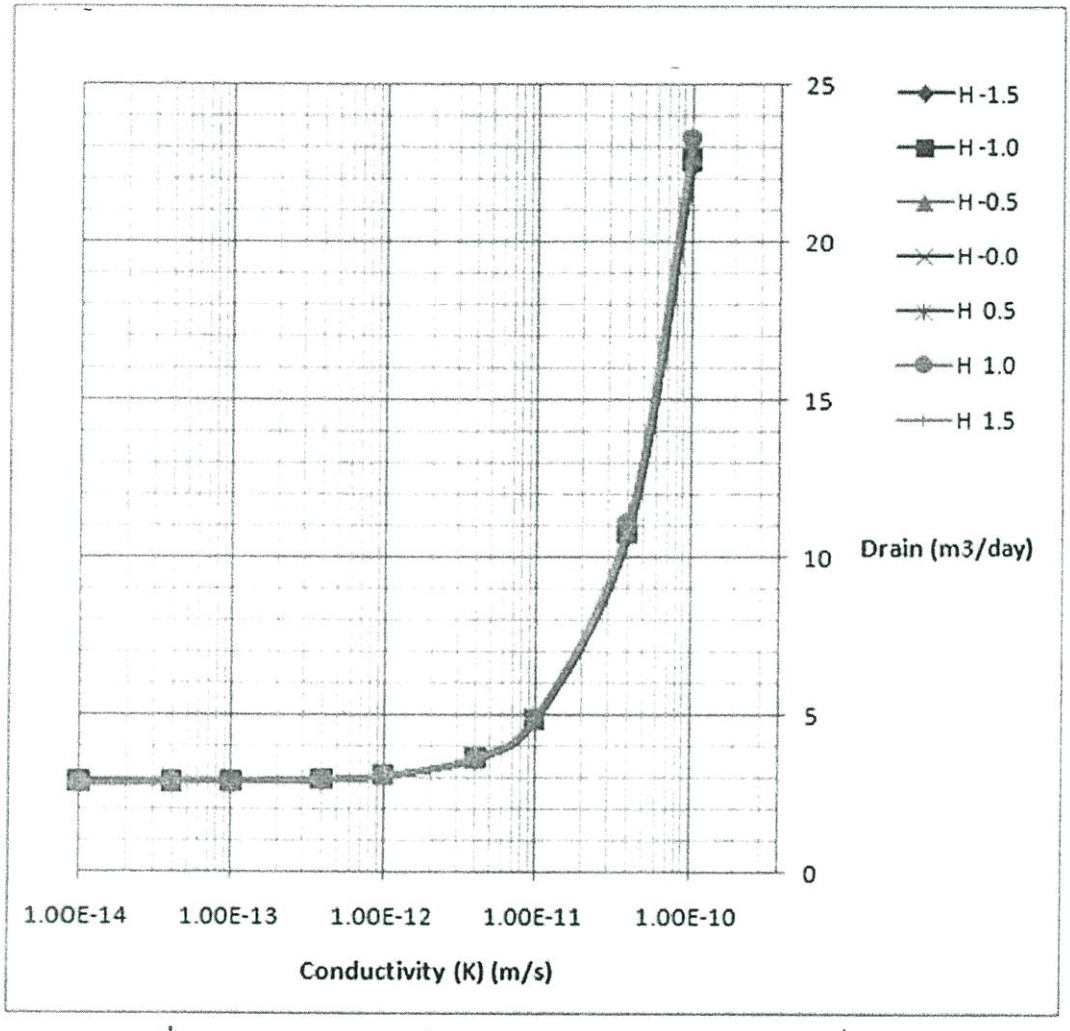
จากตารางเป็นค่าที่เรานำมาจากการกำหนดค่า Conductivity หรือสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของทราย เท่ากับ 3.00E-03เมตร/วินาที และมีระยะทางรวมจากแม่น้ำถึง infiltration Gallery เท่ากับ 2.5 เมตร

เราจะเห็นว่าถ้าดินที่เรานำมาใช้ในการทำน้ำประปาผ่านระบบของ infiltration Gallery จะเห็นว่าค่าที่ได้นั้นยิ่งดินมีค่าของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านที่มากจะสามารถทำให้ได้ปริมาณน้ำต่อวันมากขึ้นด้วยและจากการศึกษาการที่เรากำหนดค่า Conductivity หรือสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของทรายมากและระยะระหว่างแม่น้ำกับจุดตั้ง infiltration Gallery น้อยลงจะทำให้เราได้ปริมาณของน้ำที่ลดลงด้วย ทั้งสามรูปแบบของค่า Conductivity หรือสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของทราย ที่เรานำมาใช้ได้มีการวิเคราะห์แล้วว่าจะช่วยให้การกรองน้ำมีประสิทธิ์ภาพมากขึ้น น้ำที่กรองจะผ่านกระบวนการได้น้อยลง ลดค่าใช้จ่ายและการนำไปใช้จะได้ประโยชน์มากขึ้นลดขั้นตอนและเวลาในการผลิตน้ำประปาของชุมชนขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางได้

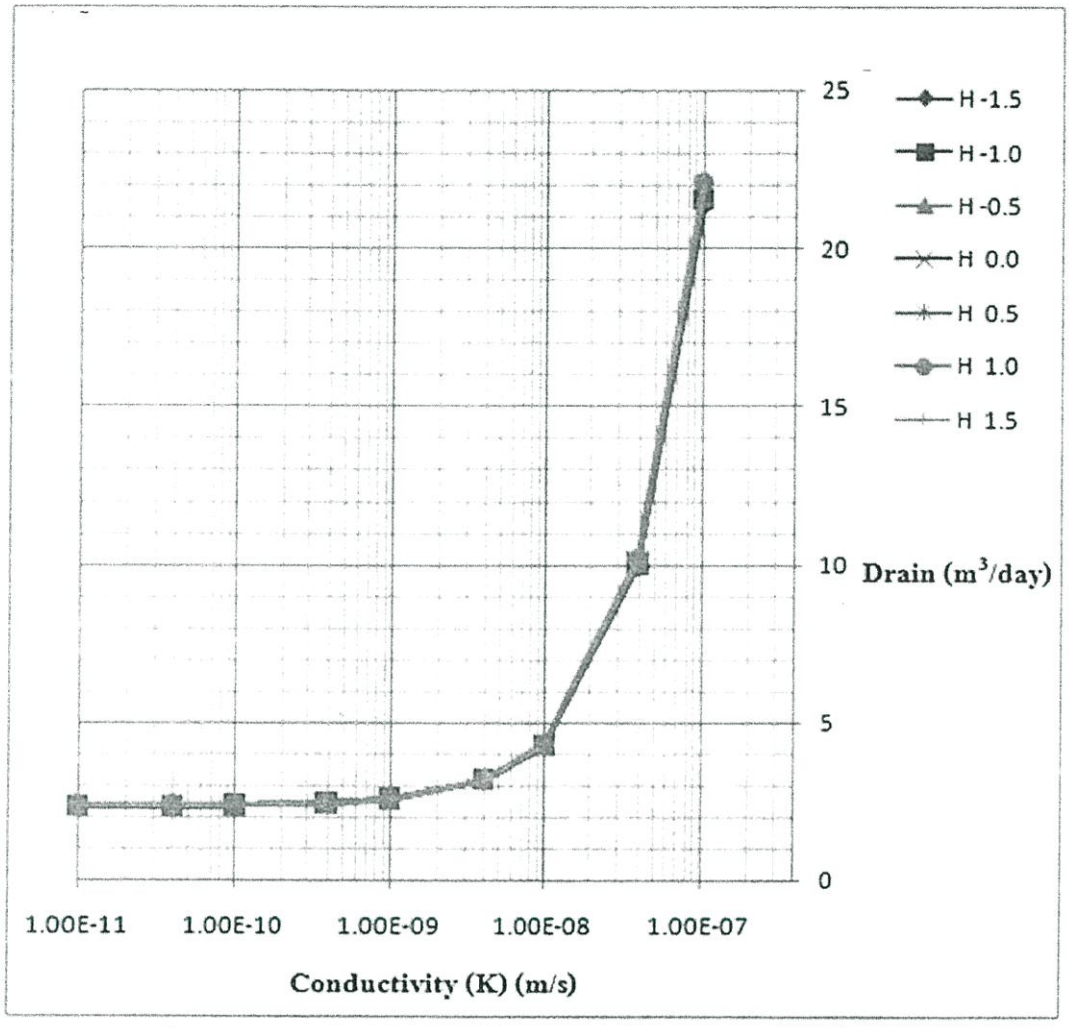
จากการศึกษานี้เราได้นำค่าที่ได้มาออกแบบกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบระบบ infiltration Gallery ว่าถ้าเราจะใช้กระบวนการนี้ในการกรองน้ำดิบก่อนว่าจะได้ปริมาณน้ำประมาณเท่าไรจากการออกแบบ



ภาพที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS1



ภาพที่ 5.2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS2

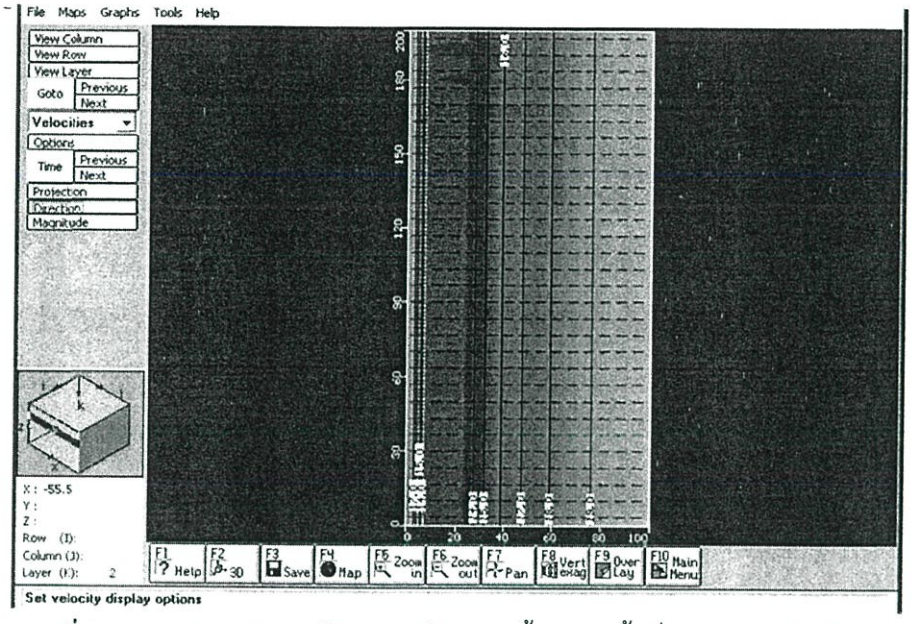


ภาพที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS3

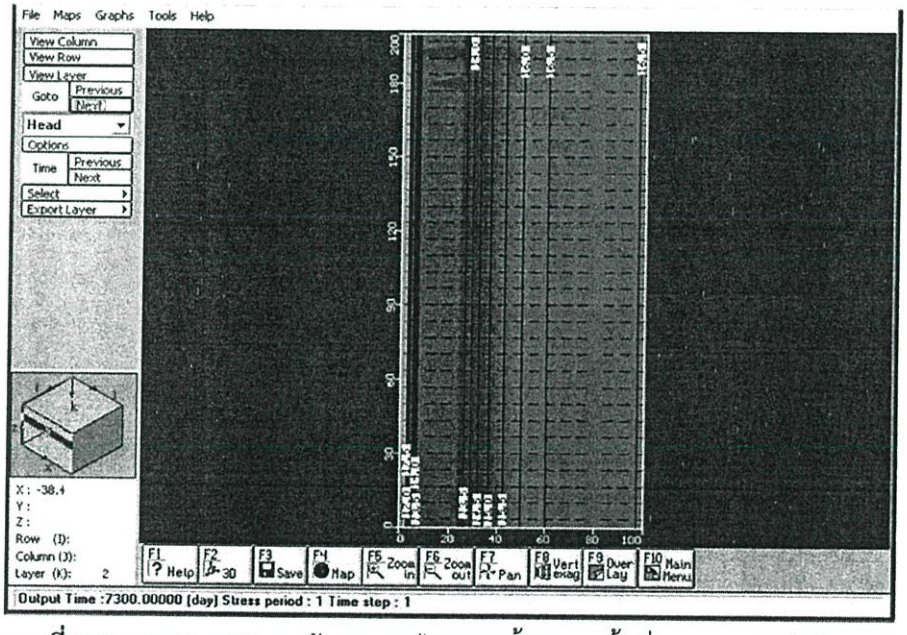
จากกราฟในภาพที่ 5.1 – 5.3 เราจะสังเกตได้ว่าค่าของกราฟมีความใกล้เคียงกันมากโดยไม่ขึ้นกับค่าลาดชลศาสตร์ (Hydraulic gradient) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมผ่านของชั้นดิน KC (Hydraulic conductivity of clay) มีค่าสูงกว่า 1.00E-08 เมตร/วินาทีอัตราการให้น้ำของ Infiltration gallery จะมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อดินเหนียวแข็งและทึบ นั่นคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมผ่านของชั้นดินเหนียวมีค่าน้อยกว่า 1.00E-08 เมตร/วินาที ปริมาณการให้น้ำของ Infiltration gallery จะต่ำกว่า 5 เมตร^3/วัน

5.2 ค่าระดับของน้ำบาดาลจากการวิเคราะห์

จากการศึกษาถ้าเราสังเกตค่าจากตารางที่ได้แล้วนั้นจะเห็นว่า ค่า Constant head ของน้ำจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่จะได้จากพื้นที่ด้วย ดังตัวอย่างรูปภาพต่อไปนี้

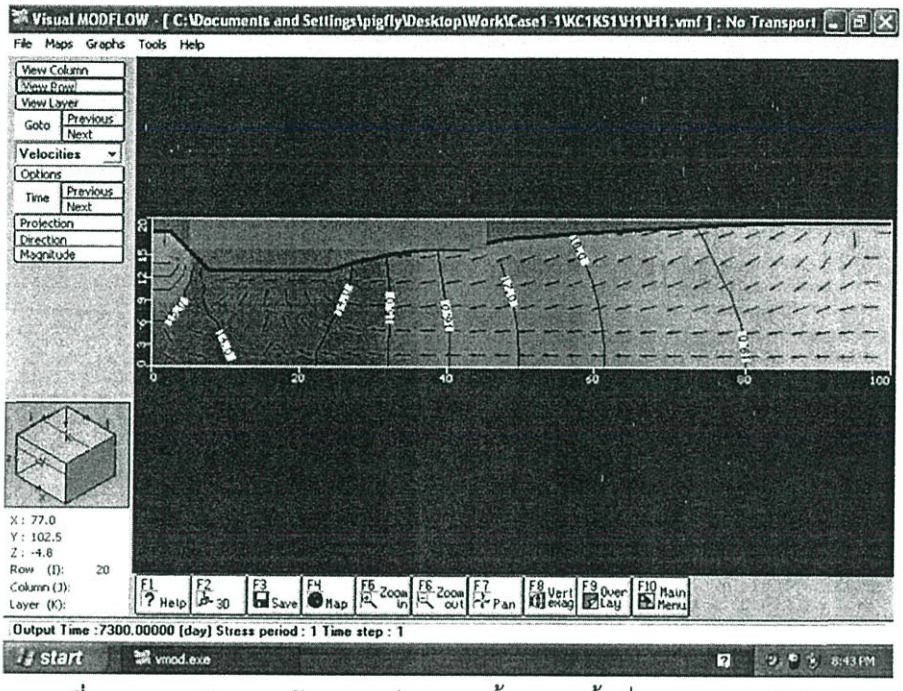


ภาพที่ 5.4 ภาพ Top View เส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 2 (Slope เท่ากับ 1.5)



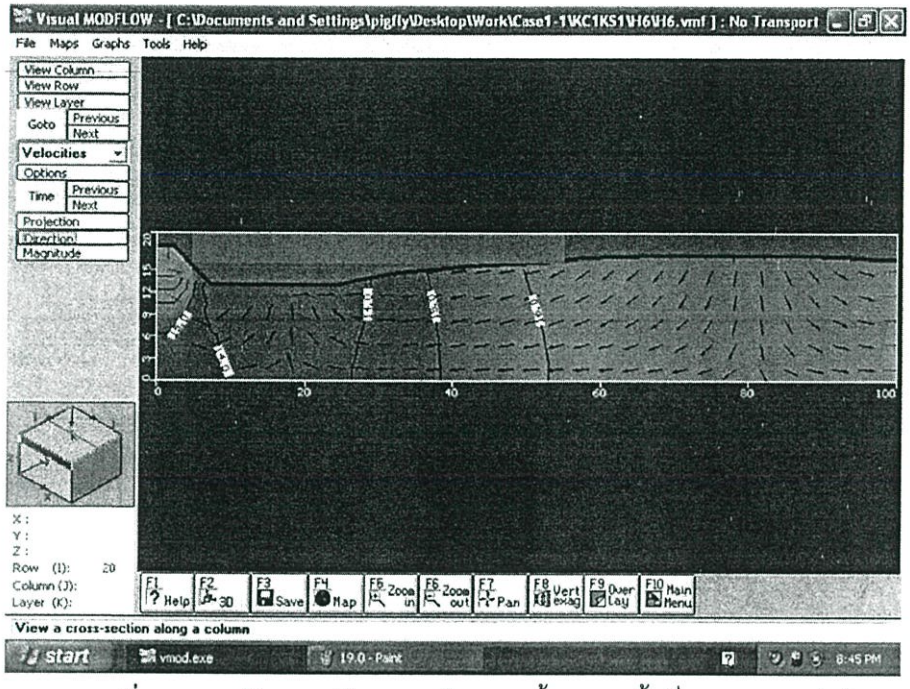
ภาพที่ 5.5 ภาพ Top View เส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 2 (Slope เท่ากับ -1.5)

จากตัวอย่างของภาพที่5.4 และภาพที่ 5.5 จะเห็นว่ามีการไหลของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด รูปที่ 5.4. จะเห็นว่าน้ำที่ไหลจากขวาไปซ้ายทั้งหมดเลย เพราะเป็นการไหลของน้ำจากที่สูงกว่าไปที่ต่ำกว่า น้ำจึงมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากภาพที่ 5.5 และจากภาพที่ 5.5 ยังเห็นอีกว่าน้ำมีการไหลออกไปทาง Constant Head ที่ต่ำกว่าและไหลไปทางที่จะ Drains ด้วยทำให้ทราบถ้าระดับน้ำบาดาลต่ำกว่าระดับของแม่น้ำจะมีน้ำบางส่วนไหลออกทาง Constant Head ด้วย



ภาพที่ 5.6. ภาพตัดขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 1 (Slope เท่ากับ 1.5)

จากภาพที่ 5.6 จะแสดงให้เราเห็นอย่างชัดเจนว่าน้ำมีการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ไม่ว่าจะเป็นน้ำที่ได้จากการซึมผ่านลงมาของฝนหรือน้ำใต้ดินเองก็ตามทุกอย่างจะต้องเป็นไปตามกฎแรงโน้มถ่วงของโลก จากภาพยังแสดงให้เราทราบอีกว่า การนำน้ำออกมาใช้ประโยชน์นั้นจะเป็นน้ำที่ได้จากแม่น้ำและน้ำที่ไหลเข้ามาจากทางด้านขวามือซึ่งผ่านการกรองมาตามชั้นดินมารวมกันแล้วถูกนำออกมาใช้ และยังมีน้ำส่วนหนึ่งที่จะไหลออกไปจากกระบวนการบ้าง สังเกตได้จากเส้นไม่ว่าจะเป็นทางซ้ายหรือทางขวาจะมีการไหลออกของน้ำอยู่เส้นสีน้ำเงินเข้มยังแสดงให้เห็นอีกว่าเป็นเส้นขอบเขตของพื้นที่ได้จาก Conceptual Model แสดงถึงความสูงต่ำของน้ำใต้ดินตามไปด้วย



ภาพที่ 5.7 ภาพตัดขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาลชั้นที่ 1 (Slope เท่ากับ -1.5)

จากภาพที่ 5.7 จะแสดงให้เราเห็นว่าเมื่อมีฝนตกลงมา ส่วนหนึ่งที่ซึมลงสู่ใต้ดินนั้นจะไหลออกไปเป็นสองเส้นทางคือออกทางค่า Constant Head ที่ต่ำกว่า และไหลที่ทางจุดที่มี Infiltration gallery ติดตั้งอยู่และน้ำที่ได้จากแม่น้ำก็ไหลมาร่วมกันที่จุดนี้หมด ทำให้หากสภาพของพื้นที่มีระดับน้ำใต้ดินที่ต่ำกว่า น้ำที่จะได้จากขบวนการนี้จะมีค่าน้อยกว่าน้ำที่ได้จากสภาพของพื้นที่มีระดับน้ำใต้ดินที่สูงกว่า

อย่างไรก็ตามแต่การไหลของน้ำทั้งสองแบบที่มีระดับน้ำใต้ดินแตกต่างกัน แสดงผลในเรื่องของปริมาณน้ำที่ได้ขบวนการ Infiltration gallery ว่ามีค่ามากหรือน้อยเท่านั้น พื้นที่แบบไหนให้น้ำอย่างไร หรือการเลือกรูปแบบของการใช้ทรายที่มีความหนาแน่นเท่าไร จึงจะเลือกระยะทางระหว่างแม่น้ำกับ Infiltration gallery ที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่จะได้ ทั้งนี้และทั้งนั้นสิ่งที่ส่งผลต่อการสร้างระบบ Infiltration gallery คือเงินลงทุนในการก่อสร้าง สภาพของพื้นที่ วัสดุที่มีในท้องที่นั้นๆ ความต้องการของประชาชนที่จะใช้น้ำในพื้นที่ขาดแคลน ว่ามีมากน้อยเพียงไร และการดูแลสภาพของแม่น้ำลำธารที่จะใช้ในการสร้างเพื่อนำพาความเจริญก้าวหน้ามาสู่หมู่บ้านของตนเอง

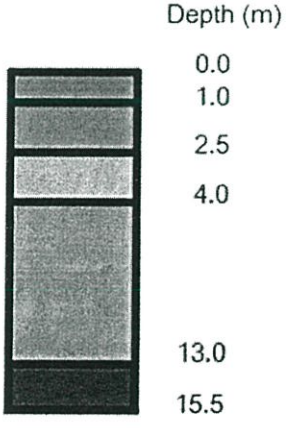
บทที่ 6
การนำไปใช้กับพื้นที่จริง

พื้นที่ศึกษาในโครงการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากงานสำรวจชั้นดินใน ตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่มีอาชีพเกษตรกรรม เราได้นำข้อมูลดินที่ได้ไปทำการเจาะสำรวจ มาวิเคราะห์ตามกราฟแล้วจัดทำแบบจำลองตามรูปแบบที่ได้จากการสำรวจเพื่อนำมาการวิเคราะห์มาใช้ในการพิสูจน์ว่ากราฟที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือนำไปใช้ได้หรือไม่

6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบจำลองในหลายสถานการณ์ ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปเช่นแผนที่ภูมิประเทศข้อมูลหลุมเจาะ ระดับเส้นชั้นความสูงได้มาจากGoogle maps
   - ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง มีความลึกจากผิวดิน 0.00 - 1.00 เมตร
   - ชั้นดินเหนียวอ่อน มีความลึกจากผิวดิน 1.00 - 2.50 เมตร
   - ชั้นดินเหนียวมีทรายปนเล็กน้อยอ่อนมากมีความลึกจากผิวดิน 2.50 - 4.00 เมตร
   - ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงอ่อนมีความลึกจากผิวดิน 4.00 - 13.00 เมตร
   - ชั้นดินเหนียวแข็งมีความลึกจากผิวดิน 13.00 - 15.50 เมตร



ภาพที่ 6.1 ข้อมูลหลุมเจาะ ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

2) ข้อมูลระดับน้ำบาดาล บ่อสังเกตการณ์ และข้อมูลการใช้น้ำบาดาล บ่อบาดาลที่เจาะโดยหน่วยงานราชการได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลแล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำเป็นค่าระดับน้ำ
3) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากงานวิจัยในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 6.1. ค่าสัมประสิทธิ์การซึม

ลักษณะดิน	ระดับความลึก(เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์การซึม(เมตร/วินาที)
ดินเหนียวแข็งปานกลาง	0.00 - 1.00	3.25E-10
ดินเหนียวอ่อน	1.00 - 2.50	5.62E-10
ดินเหนียวมีทรายปนเล็กน้อยอ่อนมาก	2.50 - 4.00	8.81E-10
ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงอ่อน	4.00 - 13.00	7.78E-10
ชั้นดินเหนียวแข็ง	13.00 - 15.50	1.51E-10

4) ข้อมูลทางอุทกวิทยา

ข้อมูลจากสถิติภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี (ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้จังหวัดฉะเชิงเทรามากที่สุด เนื่องจากจังหวัดฉะเชิงเทราไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ) ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2538-2547) พบว่าจังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด150.0 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคม จำนวนฝนตกเฉลี่ย 117.4 วัน และมีค่าการระเหยเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนเมษายน วัดได้ 172.1 มิลลิเมตร

6.2 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์

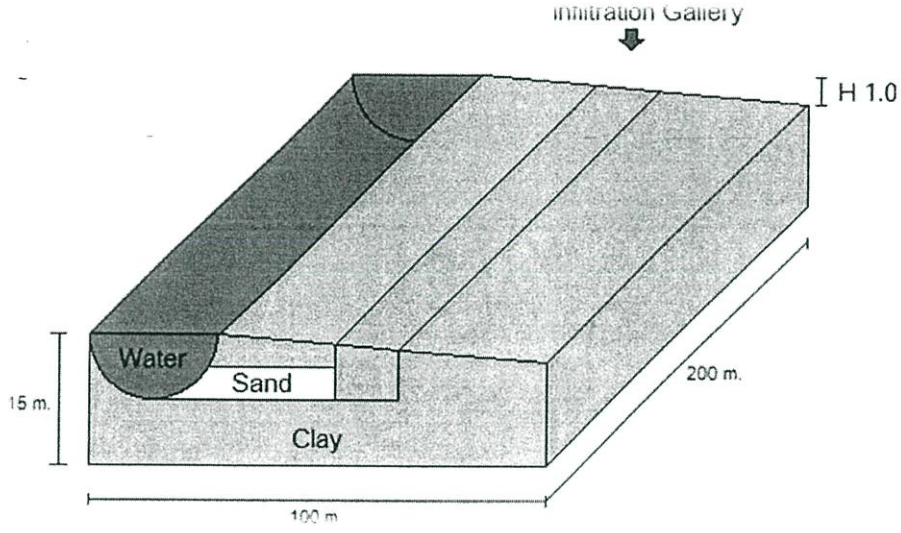
การสร้างแบบจำลองแนวความคิดเป็นการรวบรวมข้อมูลด้านอุทกวิทยาธรณีวิทยาข้อมูลระดับน้ำบาดาลบ่อสังเกตการณ์ ข้อมูลหลุมเจาะ ในแต่พื้นที่มาคิดวิเคราะห์ซึ่งในขั้นตอนต่างๆต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ โดยมีขั้นตอนดังนี้

6.2.1.การกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง

เป็นขั้นเริ่มต้นที่มีความสำคัญมากเพราะจะเป็นการระบุว่าแบบจำลองของเราเป็นแบบไหน ตอบคำถามแบบใดได้บ้าง คำถามหลักๆที่ผู้พัฒนาการจำลองควรตอบคำถามให้ชัดเจนคือ การคาดการล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ในอนาคตที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ศึกษา หรือตอบเฉพาะคำถามที่อยากรู้จากแบบจำลองแล้วแบบจำลองนี้เหมาะสมแล้วหรือยัง

6.2.2.การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยข้อมูลภาคสนามเพื่อทำความเข้าใจสภาพพื้นที่และกำหนดในส่วนของพื้นที่ต่างๆ ใน Modelแล้วจึงนำค่าต่างๆมาทำการจำลองซึ่งมีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถทำการวิเคราะห์ได้



ภาพที่ 6.2 Conceptual Model ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

6.3 การกำหนดขอบเขต(Boundary)

ในการกำหนดขอบเขตหรือBoundary นั้นเราต้องดูจากลักษณะภูมิประเทศจริง เช่น แม่น้ำ ภูเขาและอื่นๆ ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจพื้นที่ที่เราจะทำการจำลอง อาศัยข้อมูลจากแผนที่ Google earth และแผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

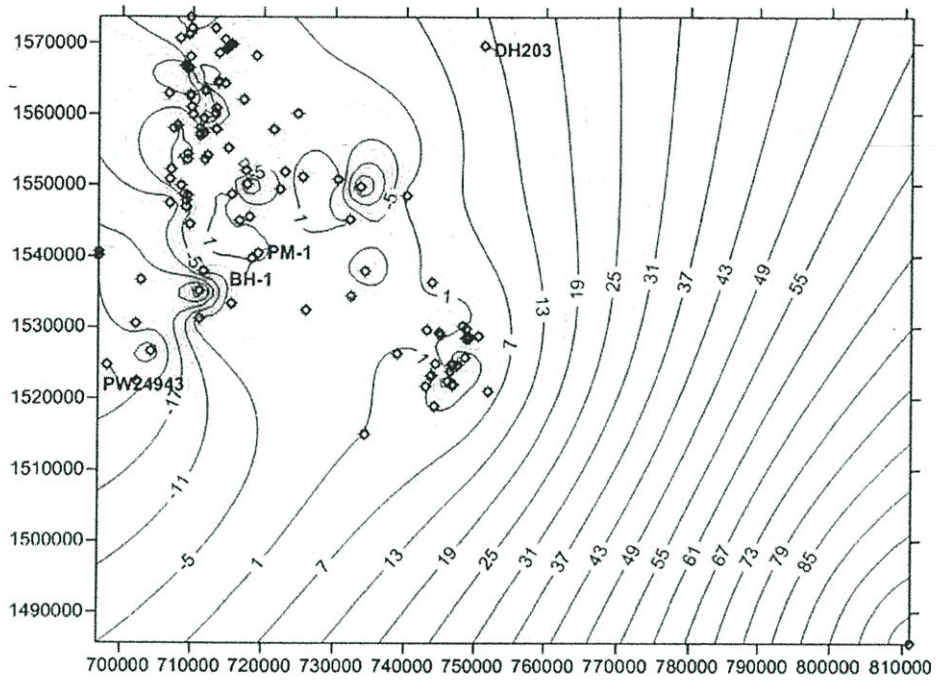
6.3.1. แผนที่ Google earth

จากรูปที่ 6.3 แผนที่ Google earth เราจะเห็นเส้นสีฟ้าคือแม่น้ำชี ซึ่งเป็นแม่น้ำไหลผ่านพื้นที่ เราจึงกำหนดขอบเขตด้านล่างเป็น แม่น้ำ(Boundary>River)

ภาพที่ 6.3 แสดงขอบเขตที่จะทำการจำลอง

6.3.2.แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

ดูข้อมูลการทำเป็นเส้นชั้นน้ำบาดาลได้จากภาคผนวก ข. และนำมา Interpolate เป็นเส้นชั้นน้ำบาดาลโดยวิธี Inverse distance interpolation



ภาพที่ 6.4 แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล บริเวณ ต.สิงโตทอง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา

จากรูปภาพถ่ายทางอากาศจะเห็นได้ว่า ด้านบนเป็นแม่น้ำ และสังเกตจากภาพของแผนที่เส้นเส้นชั้นน้ำบาดาล ทำให้น้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากด้านบนลงด้านล่าง จึงกำหนดขอบเขตด้านข้างทั้งซ้ายและขวาเป็นขอบเขตประเภท ไม่มีการไหล(No flow condition)ส่วนด้านบนของแผนที่กำหนดเป็นแม่น้ำ ด้านล่างกำหนดเป็นพื้นต่ำกว่าระดับแม่น้ำ

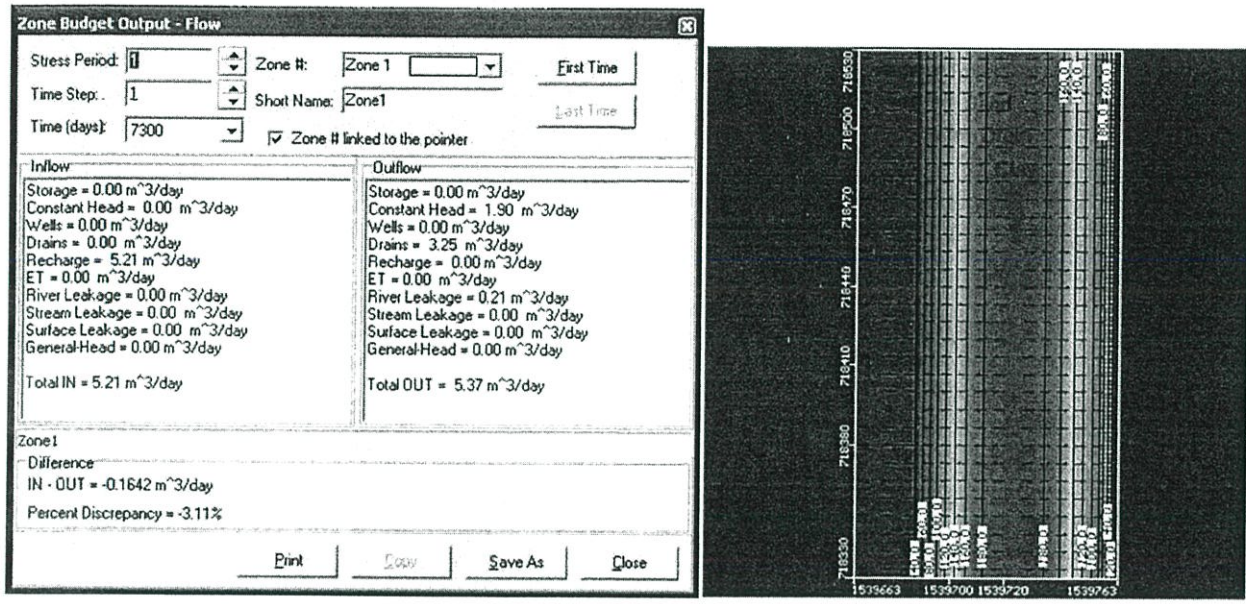
ขอบเขตเป็นดังรูป Conceptual Model หมู่ 6 ตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทราจึงทำการกลับรูปจากบนมาเป็นด้านซ้าย แบบด้านบนและด้านล่าง No Flow condition และด้านขวาเป็น Static Head condition โดยเส้น Static Head จะอ้างอิงตามเส้นของแผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

- Layer 5 ชั้น
- Column 20 ชั้น
- Row 40 ชั้น
- ระนาบแกน X 1539663 – 1539763
- ระนาบแกน Y 718330 – 718530
- ระนาบแกน Z 0 - 20

6.4 ผลการทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

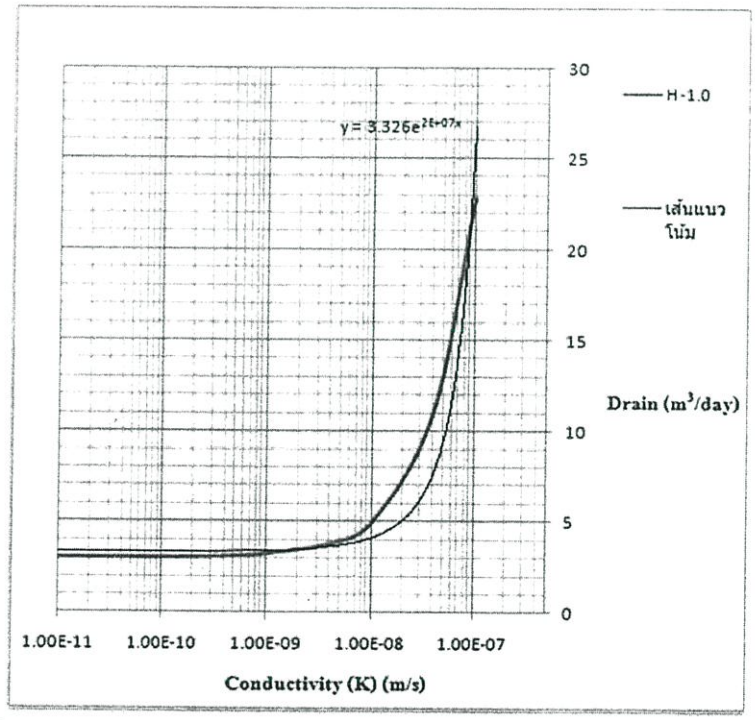
จากข้อมูลเบื้องต้นที่กล่าวมาได้ทำการออกแบบระบบ Infiltration gallery โดยใช้ผลการจำลองในบทที่ 5 จำลองการไหลของน้ำบาดาลเบื้องต้น

6.4.1. กำหนดค่าการซึมผ่านของทราย 6.00E-3เมตร/วินาทีและระยะทางจาก Infiltration Gallery ถึงแม่น้ำ เท่ากับ 20 เมตร



ภาพที่ 6.5 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 6.00E-3 เมตร/วินาที

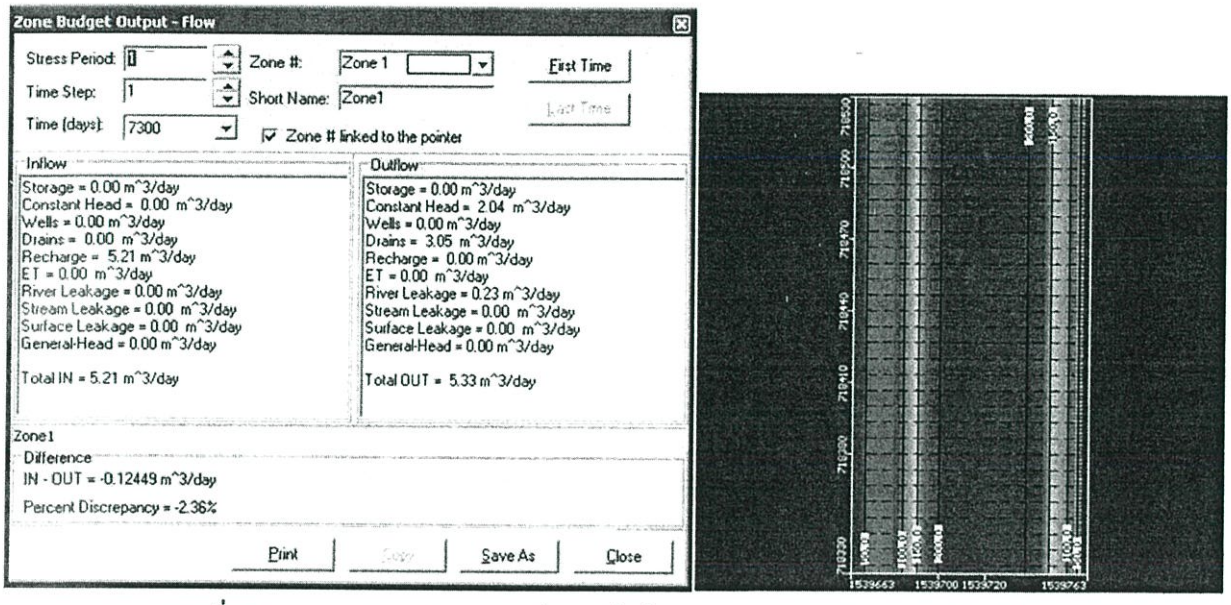
สังเกตจากภาพที่ 6.5 ผลจากการ Run Program จะเห็นว่าเส้นการเคลื่อนที่ของน้ำจากตรงกลางออกไปด้านขวาและด้านซ้ายซึ่งจากรูปการเคลื่อนจากตรงกลางออกไปด้านซ้ายซึ่งเป็นจุดของการดูดน้ำออก แล้วจะสังเกตเห็นอีกว่ามีน้ำบ้างส่วนไหลออกจากแม่น้ำมาด้วย



ภาพที่ 6.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS1

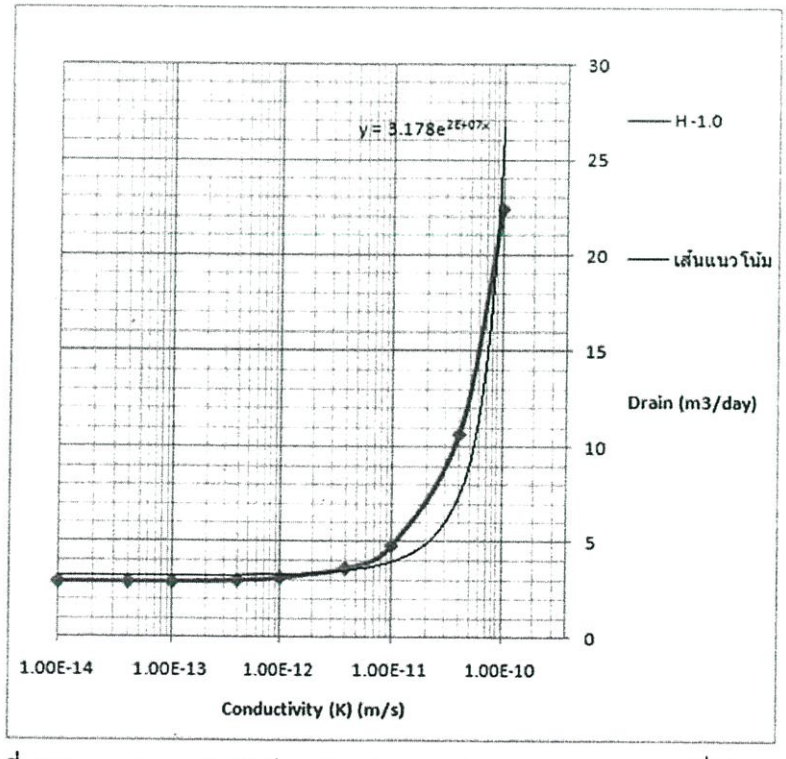
เมื่อใช้ตามสูตรที่ได้จากกราฟและค่า Conductivity ของดินเหนียวที่ใช้มีค่า 7.78E-10เมตร/วินาที จะทำให้ค่าของน้ำที่คำนวณได้จากกราฟมีค่าเท่ากับ 3.326เมตร3/วัน ค่าที่ได้จากการ Run Program ตามภาพที่ 6.5 จะมีค่า 3.25 เมตร^3/วัน

6.4.2. กำหนดค่าการซึมผ่านของทราย 2.00E-3 เมตร/วินาทีและระยะทางจาก Infiltration Gallery ถึงแม่น้ำ เท่ากับ 15 เมตร



ภาพที่ 6.7 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 2.00E-3 เมตร/วินาที

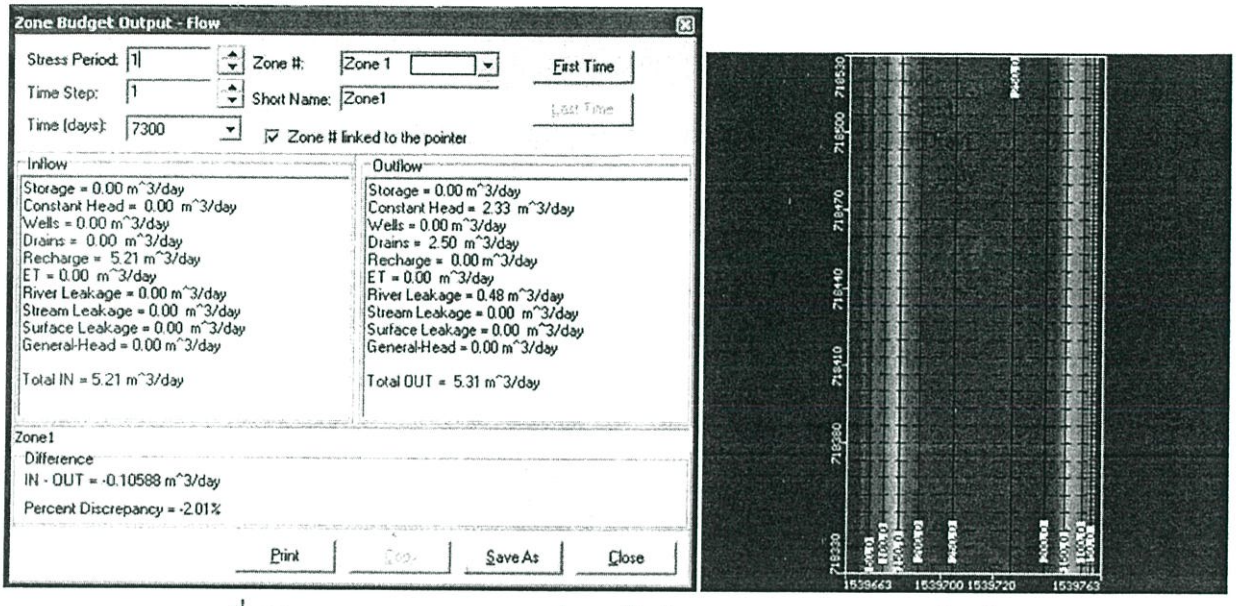
สังเกตจากภาพที่ 6.7 ผลจากการ Run Program จะเห็นว่าเส้นการเคลื่อนที่ของน้ำจากตรงกลางออกไปด้านขวาและด้านซ้ายซึ่งจากรูปการเคลื่อนจากตรงกลางออกไปด้านซ้ายซึ่งเป็นจุดของการดูดน้ำออก แล้วจะสังเกตเห็นอีกว่ามีน้ำบ้างส่วนไหลออกจากแม่น้ำมาด้วยแตกต่างจาก Case แรกตรงที่ค่า Head ของน้ำจะสูงกว่า



ภาพที่ 6.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS2

เมื่อใช้ตามสูตรที่ได้จากกราฟและค่า Conductivity ของดินเหนียวที่ใช้มีค่า 7.78E-10เมตร/วินาทีจะทำให้ค่าของน้ำที่คำนวณได้จากกราฟมีค่าเท่ากับ 3.178 เมตร^3/วัน ค่าที่ได้จากการ Run Program ตามภาพที่ 6.8. จะมีค่า 3.05 เมตร^3/วัน

6.4.3. กำหนดค่าการซึมผ่านของทราย 2.00E-4 เมตร/วินาทีและระยะทางจาก Infiltration Gallery ถึงแม่น้ำเท่ากับ 2.5 เมตร

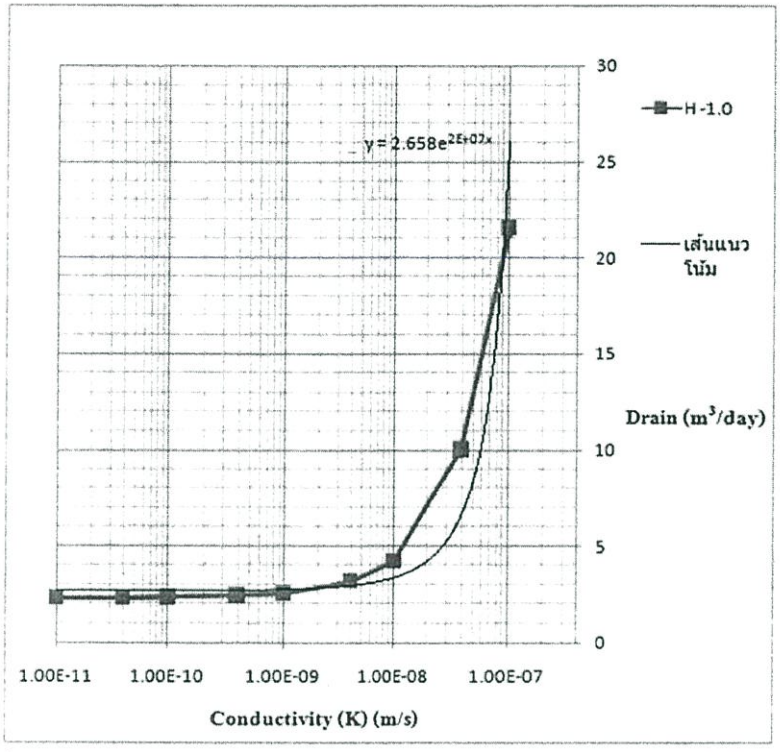


ภาพที่ 6.9 ผลการ Run Program ค่าการซึมผ่านของทราย 2E-4 เมตร/วินาที

สังเกตจากรูปที่ 6.9 ผลจากการ Run Program จะเห็นว่าเส้นการเคลื่อนที่ของน้ำจากตรงกลางออกไปด้านขวาและด้านซ้ายซึ่งจากรูปการเคลื่อนจากตรงกลางออกไปด้านซ้ายซึ่งเป็นจุดของการดูดน้ำออกแล้วจะสังเกตเห็นอีกว่ามีน้ำบ้างส่วนไหลออกจากแม่น้ำมาด้วย แตกต่างจาก Case แรกและ Case สอง ตรงที่ค่า Head ของน้ำจะสูงกว่าทั้งสองมาก

เมื่อใช้ตามสูตรที่ได้จากกราฟและค่า Conductivity ของดินเหนียวที่ใช้มีค่า 7.78E-10 เมตร/วินาทีจะทำให้ค่าของน้ำที่คำนวณได้จากกราฟมีค่าเท่ากับ 2.658 เมตร3/วัน ค่าที่ได้จากการ Run Program ตามภาพที่ 6.9 จะมีค่า 2.50 เมตร^3/วัน

เมื่อแทนค่าที่ได้จากกราฟทั้งหมดและนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่เราทำการจำลองจากหน้างานจริงขึ้นมา จะสังเกตได้ว่าค่าที่ได้จะมีความแตกต่างค่าที่ได้จากกราฟ ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากกราฟประมาณ 0.10 เมตร^3/วัน เราจึงสามารถสรุปได้ว่าผลที่ได้จากกราฟนั้นสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้จริง



ภาพที่ 6.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conductivity และ Drain ที่ได้จาก KS3

บรรณานุกรม

1] 25 กรกฎาคม 2557. ข้อมูล Zone budget, โปรแกรม Visual Mod Flow

2] 19 กรกฎาคม 2557. ข้อมูลอุทกวิทยาจังหวัดฉะเชิงเทรา, กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่มา : www.dwr.go.th [ออนไลน์]

3] 19 กรกฎาคม 2557. ข้อมูลบ่อบาดาลในจังหวัดฉะเชิงเทรา, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่มา : http://www.dgr.go.th/well_web/Well_web.html [ออนไลน์]

4] 19 กรกฎาคม 2557. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา มหาสารคาม, กรมอุตุนิยมวิทยา. ที่มา : www.tmd.go.th [ออนไลน์]

5] 19 กรกฎาคม 2557. ระดับผิวดินตำบลสิงโตทอง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา, โปรแกรม Google earth.

6] Todd, D.K. 1980. Groundwater Hydrology, 2nd edition. John Wiley & Sons. New York.

7] Glenn M. Duffield, President, HydroSOLVE, Inc., 2014, Representative Values of hydraulic Properties ที่มา : http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm [ออนไลน์]

8] McDonald, M.G., and Harbaugh, A.W. (December 28, 1983). A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. Open-File Report 83-875. U.S. Geological Survey.

9] Asare S. Mintah-Boateng. United Nations Environment Programme. Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in Africa. Newsletter and Technical Publications. 1999

10] Asare EB and Bosque-Hamilton EK. The performance of an infiltration gallery used as a simple water treatment option for a small rural community- Goviefe-Agodome in the Volta Region, Ghana. Technical note. Available on website http://www.wrc.org.za.

11] AWWA (American Water Works Association). 2004. Formal Comments of the American Water Works Association on the Long-Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Proposed Rule, Appendices 1 and 2. Water Docket OW-2002-0039. Washington, DC: AWWA. Available: <http://www.awwa.org/Advocacy/govtaff/documents/AWWACommentson LT2ESWTRJan92004.pdf

12] Bravo R., Du J., Gallagher N., and Kancharia V. Low-cost Water Purification Systems For Rural Thailand: http://www.soe.rutgers.edu/sites/default/files/gset/Paper08-Water.pdf

13] Choowaew, S. 2006. Mekong River Transboundary Wetlands. Proceedings of the International Symposium on Asian Regional Wetland Issues and Preparation for Ramsar COP10. Bugok, Republic of Korea.

14] Collins Seamus. Hand-dug Shallow Wells. Series of Manuals on Drinking Water Supply Volume 5. SKAT, Swiss Center for Development Coorperation in Technology and Management. 2000.

15] Department of Public Health Engineering (DPHE). 2000. Year Book 1998-1999, Rural Water Supply, Department of Public Health Engineering, April, 2000.

16] EE&T (Environmental Engineering & Technology, Inc.). 2005. Quality Assurance Project Plan (Project #3020) Concentrated Animal Feeding Operations (CAFOs): Water Utility Issues and Regulatory Control. Newport News, Va.: EE&T, Inc.

17] Gale I. 2005. Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in semi-arid areas. IAH - MAR, UNESCO IHP. Paris, France.

18] Geldreich, E.E. 1990. Microbiological quality of source waters for water supply. pp. 3-31 in G. A. McFeters (ed.) Drinking Water Microbiology: Progress and Recent Developments. Springer-Verlag, New York.

19] Grischek T., Schoenheinz D., Worch E. 2002. Bank filtration in Europe - An overview of aquifer conditions and hydraulic controls. Management of Aquifer Recharge for Sustainability. Proceedings of ISAR-4, Adelaide, South Australia.

20] Juntopas M. and Naruchaikusol S. 2011. Thailand: Lessons for Rural Water Supply; Assessing progress towards sustainable service delivery. The Hague: IRC International Water and Sanitation Center and Bangkok: Stockholm Environment Institute, Asia Center.

21] Kopchynski, T. Fox, P. Alsamadi, B. and Berner, M. 1996. The effects of soils type and effluent pre-treatment on soil aquifer treatement. Water research technology 34(11): pp. 235-242.

22] Lee, G. F. and Jones-Lee, A., 'Total Dissolved Solids and Groundwater Quality Protection,' IN: Artificial Recharge of Ground Water, II, Proc. International Symposium on Artificial Recharge of Ground Water, American Society of Civil Engineers, NY, pp. 612-618 (1995).

23] Madsen, E. L. and W. C. Ghiorse. 1993. Groundwater microbiology: subsurface ecosystem processes. pp. 167-214 in T.E. Ford (ed.) Aquatic Microbiology. Blackwell Scientific Publications, Boston.

24] Richard W Gullick, Richard A Brown, David A Cornwell. Source Water Protection for Concentrated Animal Feeding Operations: A Guide for Drinking Water Utilities. AwwaRF. 212 pages. 2006.

25] Simonffy Z. 2002. Enhancement of groundwater recharge in Hungary - 'Bank infiltration for drinking water supply'. In Management of Aquifer Recharge and Subsurface Storage NNC-IAH publication#4. Utrecht, The Netherlands

26] WHO, Geneva, 1993. Guidelines for Drinking-Water Quality, 2nd edition. ISBN 92 4 154460.

27] United States Geology Survey (USGS). 2002. Groundwater quality information, cited May 2002, http://co.water.usgs.gov.

28] Water and Rivers Commission (WRC). Groundwater pollution, Water Facts 10, 1998.

29] Water and Rivers Commission (WRC). Western Australia's groundwater resources, Water Facts 9, 1998.

30] Water and Rivers Commission (WRC). Groundwater contamination in garden bores, Water Advise 4, 1997.

31] World Bank. Water Supply and Sanitary Strategy, Hanoi, 2006.

32] WSP. Tapping the Market: Private sector financing of rural water supplies in Cambodia and Vietname, Dan Salter, WSP, Hanoi, 2003.

33] การประปาส่วนภูมิภาค 2553 รายงานประจำปี การประปาส่วนภูมิภาค กรุงเทพฯ : การประปาส่วนภูมิภาค , 2553 พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวนหน้า 216 หน้า

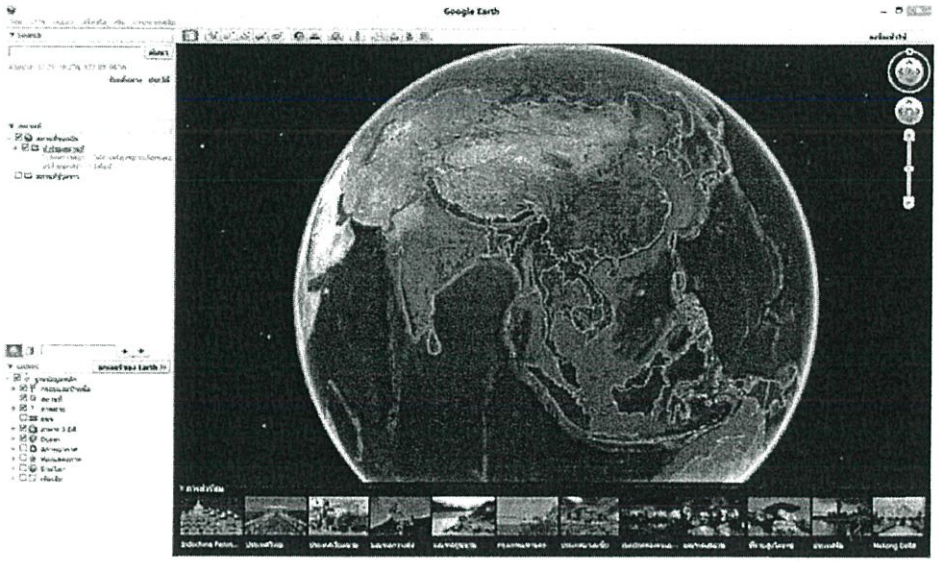
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

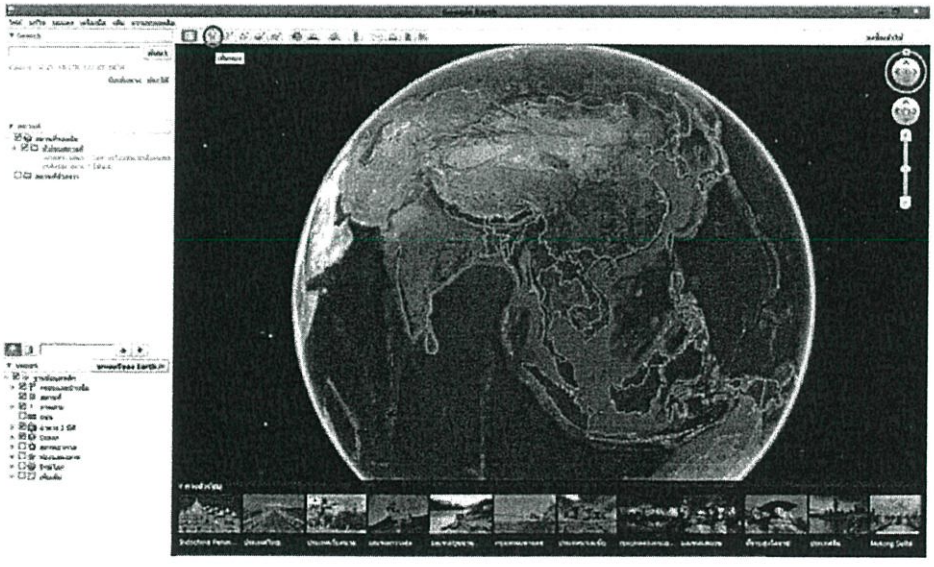
การใช้งานโปรแกรม Google earth เพื่อกำหนดขอบเขตุ (boundary)

การใช้งานโปรแกรม Google earth เพื่อกำหนดขอบเขตุ (boundary)

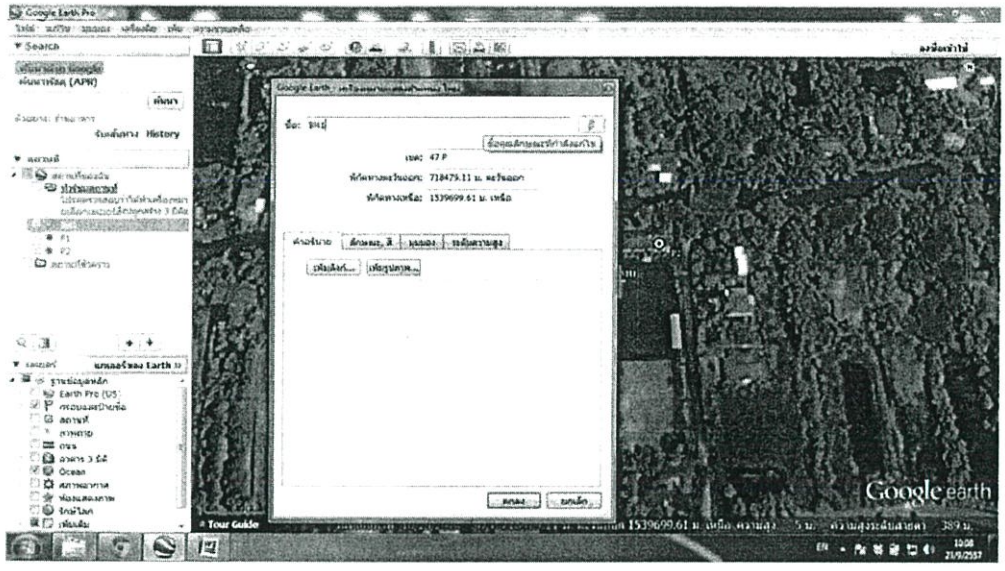
1. หลังจากี Install โปรแกรม Google earth เรียบร้อยแล้ว



2. นำข้อมูลพิกัดบ่อน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษามากำหนดเพิ่มหมุดบน Google earth โดยการคลิก > เพิ่มหมุด



3. กรอกข้อมูลในกรอบสีแดง >ชื่อบ่อ และพิกัด UTMของบ่อน้ำ



4. กำหนดหมุดเรียบร้อย หาระดับพื้นผิวดิน โดยนำเม้าไปวางที่หมุดที่ทำเสร็จ

5. กำหนดหมุดต่างๆ เพิ่มจนครอบคลุมทั้งพื้นที่

6. นำรูปแผนที่ Google Earth ที่ได้ไปใช้ในการอ้างอิงพิกัดในโปรแกรม Visual Modflow และกำหนดขอบเขต(Boundary)

7. จากนั้นนำข้อมูลแม่น้ำ พิกัดและระดับน้ำของบ่อบาดาล ไปทำแผ่นที่ Contour น้ำบาดาลต่อไป เพื่อกำหนดขอบเขตด้านอื่นๆ ของโมเดล

ภาคผนวก ข
การหากราฟเส้นความชันน้ำใต้ดิน

ตารางข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

ลำดับ	หมายเลขบ่อ	พิกัดออก	พิกัดเหนือ	ระดับผิวดิน	ระดับผิวน้ำ	ระดับน้ำบาดาล
1	DJ295	715642	1533423	6	6	0
2	PW1698	738901	1526385	4	2.8	1.2
3	AFD313	725989	1532476	4	7.62	-3.62
4	AFD393	810966	1485572	118	4.57	113.43
5	DCD3307	716648	1544979	5	4.8	0.2
6	5209B005	710995	1531218	5	6	-1
7	5409A006	711108	1535102	4	42	-38
8	DJ291	709593	1544531	5	6	-1
9	DJ294	734235	1515106	5	4	1
10	DJ293	711495	1537905	4	5	-1
11	C1127	724748	1560051	4	5.1	-1.1
12	C1133	712033	1554105	5	3	2
13	DH20	709551	1573734	5	1.8	3.2
14	DH110	711089	1557962	6	6.05	-0.05
15	DH79	717221	1562123	7	6	1
16	G1370	711631	1559357	7	28	-21
17	G1371	711087	1557000	5	11	-6
18	G1375	709744	1561015	7	18	-11
19	DH410	713209	1560178	7	25	-18
20	PW4981	715185	1569625	4	2.5	1.5
21	PW7418	713520	1564564	5	1.3	3.7
22	PW20182	715642	1548711	5	4	1
23	PW20186	718052	1545561	5	4	1
24	PW19932	711032	1557249	5	6	-1
25	PW16066	709284	1554273	7	4.1	2.9

ตารางข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขบ่อ	พิกัดออก	พิกัดเหนือ	ระดับผิวดิน	ระดับผิวน้ำ	ระดับน้ำบาดาล
26	PW16108	707864	1558366	7	4.4	2.6
27	PW22264	707410	1557979	7	7.08	-0.08
28	PW5344	711718	1563537	5	2.5	2.5
29	PW19933	713749	1564481	5	7	-2
30	PW19934	706921	1552187	5	4	1
31	PW20187	706809	1550796	6	7.5	-1.5
32	PW20185	711727	1553550	5	7	-2
33	DCD7484	709469	1566447	4	6	-2
34	DCD7486	709486	1566463	4	5	-1
35	DCD7600	709700	1568030	4	7	-3
36	NN61	721456	1557825	7	12	-5
37	ง6597	725515	1551115	9	3.12	5.88
38	งฎ2480	708490	1549856	6	6.53	-0.53
39	งฎ2449	709058	1547756	6	10.5	-4.5
40	งฎ2448	709095	1546978	5	13.5	-8.5
41	ง6597	725515	1551115	9	3.12	5.88
42	งฎ2448	709095	1546978	5	13.5	-8.5
43	งฎ2449	709058	1547756	6	10.5	-4.5
44	งฎ2480	708490	1549856	6	6.53	-0.53
45	5503L014	708943	1566669	4	27	-23
46	5503L023	706897	1547530	5	20	-15
47	5603L005	733537	1549761	4	30	-26
48	C1140	711525	1557238	5	6.9	-1.9
49	C1134	715150	1555115	4	5.7	-1.7
50	C1142	709458	1571314	7	5.1	1.9

ตารางข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขบ่อ	พิกัดออก	พิกัดเหนือ	ระดับผิวดิน	ระดับผิวน้ำ	ระดับน้ำบาดาล
51	C1128	721437	1557896	6	7.5	-1.5
52	C1139	708835	1548728	5	6.9	-1.9
53	DE9	708282	1570716	4	5.1	-1.1
54	DE8	713091	1572176	4	3.6	0.4
55	DH16	730445	1550824	5	1.5	3.5
56	DH77	718963	1568230	3	4.5	-1.5
57	DH17	717636	1552008	6	2.89	3.11
58	DH78	713366	1557889	5	4.5	0.5
59	DH128	722951	1551761	4	7.5	-3.5
60	DH146	709301	1548442	4	5.99	-1.99
61	DH58	709756	1572097	5	4.68	0.32
62	DH143	714534	1564336	5	6.02	-1.02
63	DH95	722343	1549350	3	7.5	-4.5
64	DH34	715362	1569764	4	5.11	-1.11
65	DH122	715450	1569829	4	6.08	-2.08
66	DH123	714637	1570450	4	5.84	-1.84
67	DH202	714748	1569349	4	6	-2
68	DH203	751272	1569567	18	6	12
69	DH204	715184	1569624	4	6	-2
70	DH57	709275	1566524	4	5.25	-1.25
71	DH144	709357	1553533	6	6.4	-0.4
72	DH36	708982	1566821	4	5.46	-1.46
73	DH94	709471	1566463	4	4.5	-0.5
74	X70	709719	1562608	4	1.83	2.17
75	TW65	714976	1569307	4	8	-4

ตารางข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ต่อ)

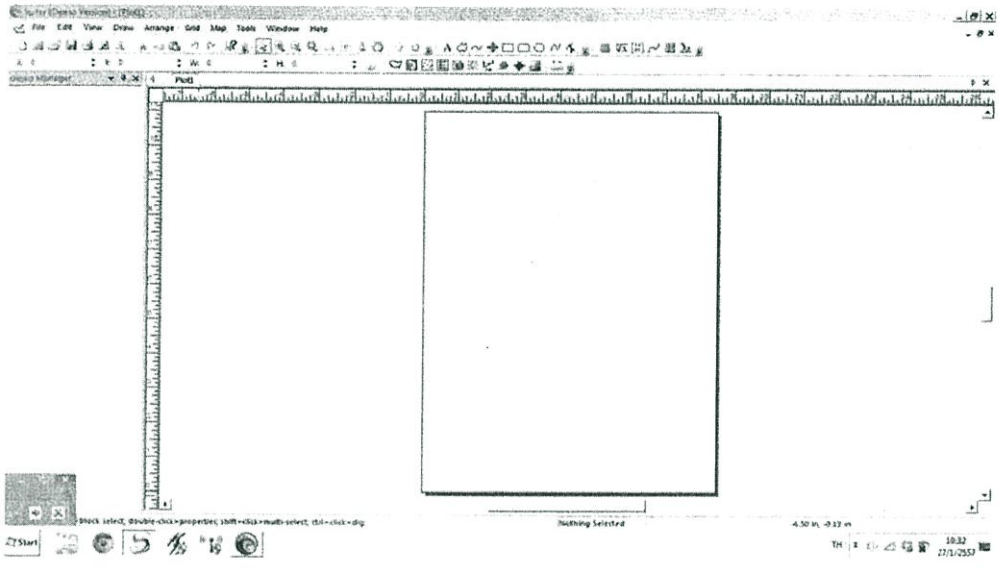
ลำดับ	หมายเลขบ่อ	พิกัดออก	พิกัดเหนือ	ระดับผิวดิน	ระดับผิวน้ำ	ระดับน้ำบาดาล
76	TW66	715708	1569893	3	8	-5
77	TW67	713700	1568524	4	8	-4
78	G1378	711689	1563354	5	23	-18
79	G1372	709662	1562799	6	23	-17
80	G1373	706720	1562942	4	13	-9
81	G1374	717773	1550164	5	25	-20
82	X1509	709943	1559954	7	12	-5
83	X1510	713409	1560864	7	15	-8
84	MA127	740090	1548500	3	0	3
85	DH307	743879	1536425	5	2	3
86	AFD454	732344	1534469	3	1.52	1.48
87	PB161	732161	1545156	4	2.5	1.5
88	DH300	734281	1537860	5	15	-10
89	PW23199	696798	1540112	3	26	-23
90	PW25279	696737	1540662	3	22	-19
91	PW23201	702848	1536658	5	24	-19
92	PW22637	704176	1526727	3	36	-33
93	PW24943	697972	1524755	3	31	-28
94	BKK14	702315	1522414	4	28	-24
95	ง176	702054	1530502	5	24	-19
96	DJ234	743098	1529661	5	4.92	0.08
97	PW825	751839	1520950	7	2.2	4.8
98	PW1483	748772	1528631	15	1.5	13.5
99	PW1489	749199	1528599	16	1.5	14.5
100	PW1705	749222	1528614	16	5.5	10.5
101	PW1772	748716	1529791	10	6.4	3.6

ตารางข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ต่อ)

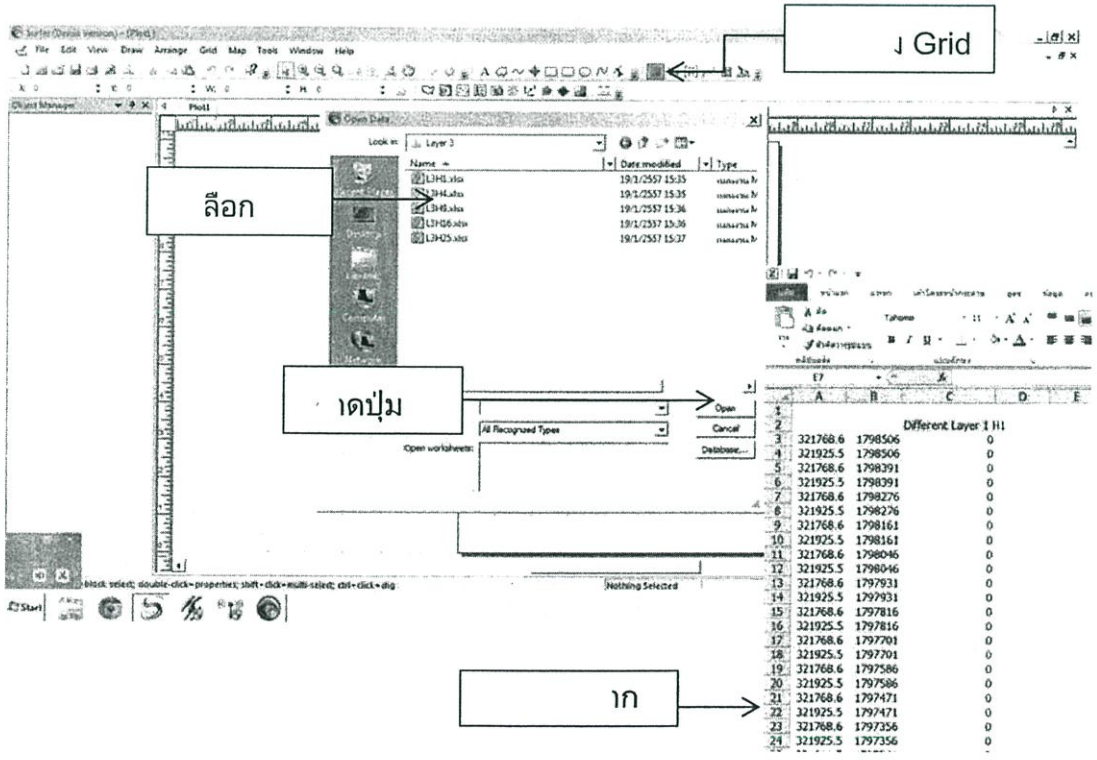
ลำดับ	หมายเลขบ่อ	พิกัดออก	พิกัดเหนือ	ระดับผิวดิน	ระดับผิวน้ำ	ระดับน้ำบาดาล
102	PW2061	750537	1528802	5	2.1	2.9
103	PW2039	748290	1530096	5	6.4	-1.4
104	PW1454	744230	1518917	4	3.5	0.5
105	DCD3456	746705	1524782	6	20	-14
106	CS27	746109	1522420	4	17.25	-13.25
107	5509G021	746109	1522420	4	19	-15
108	5509G023	747509	1524722	3	12	-9
109	C788	748784	1528434	14	7.5	6.5
110	C789	748582	1525786	5	6.9	-1.9
111	DJ23	747461	1524683	3	3.9	-0.9
112	DJ283	743826	1523250	5	3	2
113	DJ284	743016	1521731	5	3	2
114	DJ267	746422	1523757	5	3	2
115	DJ440	749153	1528613	16	2	14
116	DJ494	746858	1522056	5	9	-4
117	DJ495	746865	1521943	5	6	-1
118	DJ496	743560	1523075	4		4
119	DJ497	746691	1524782	6	6	0
120	DJ498	744267	1524970	5	6	-1
121	DJ500	746818	1524932	6	6	0
122	DJ545	744850	1529310	5	9	-4
123	DJ595	745010	1529010	4	3	1

การใช้โปรแกรม Surfer

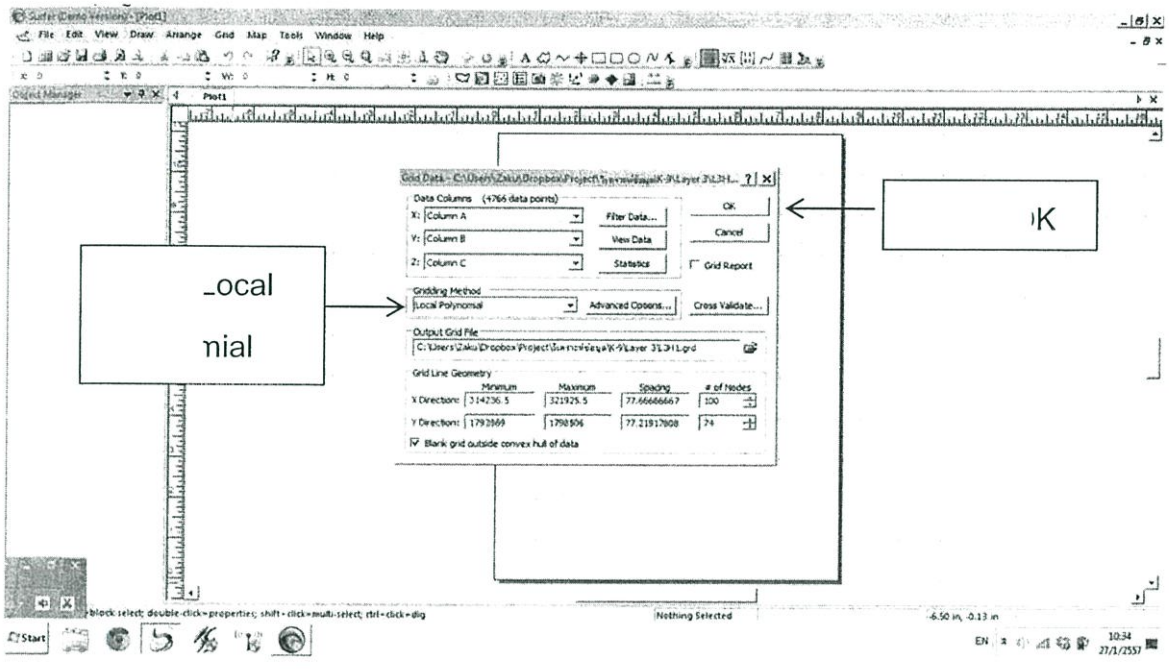
1.เมื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรม Surfer



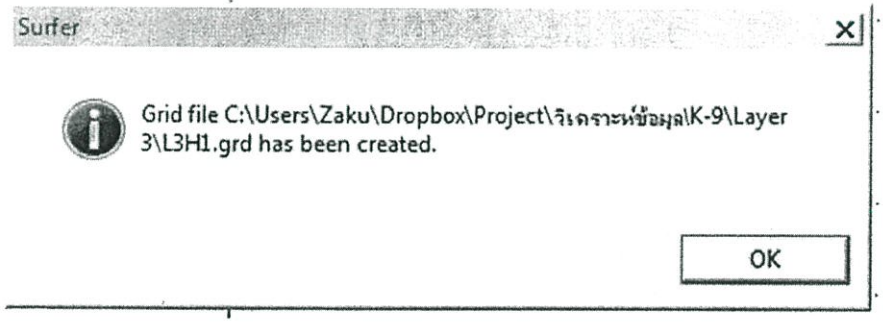
2.กดปุ่ม Grid Data เพื่อนำเข้าจากโปรแกรมข้อมูลอื่นๆ ในที่นี้จะนำข้อมูลจากFxcel



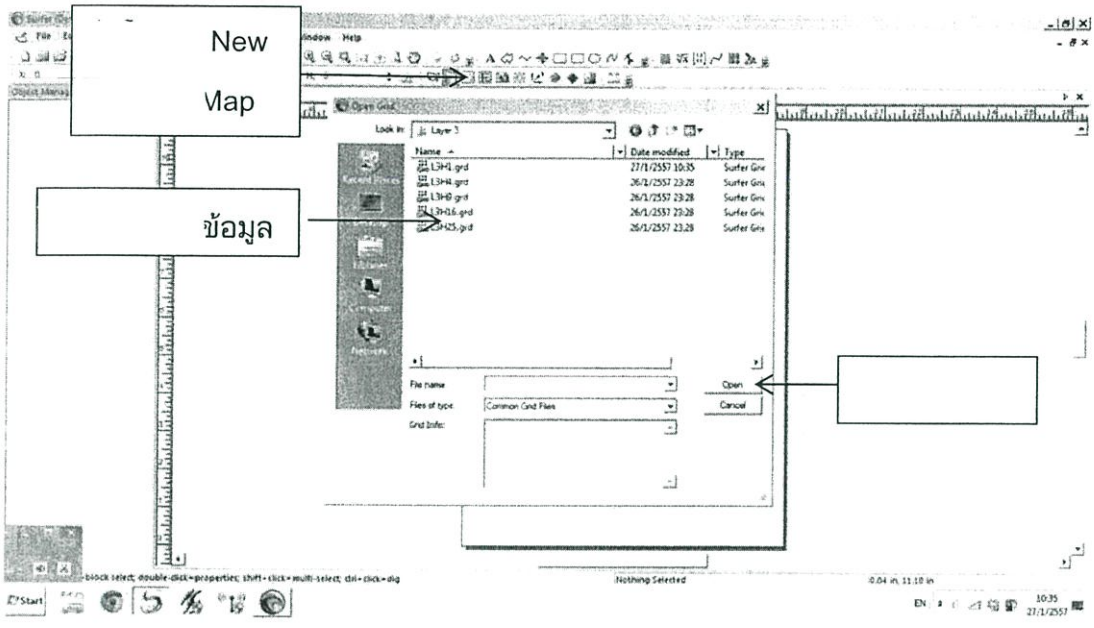
3.กำหนดค่าGrid Data



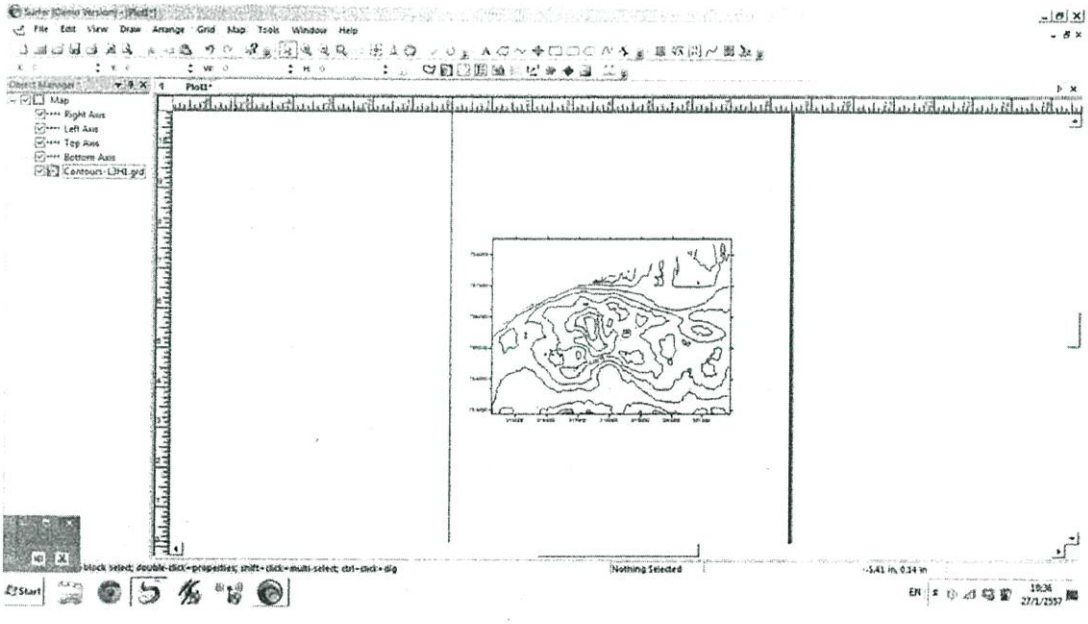
4.กดปุ่ม OK



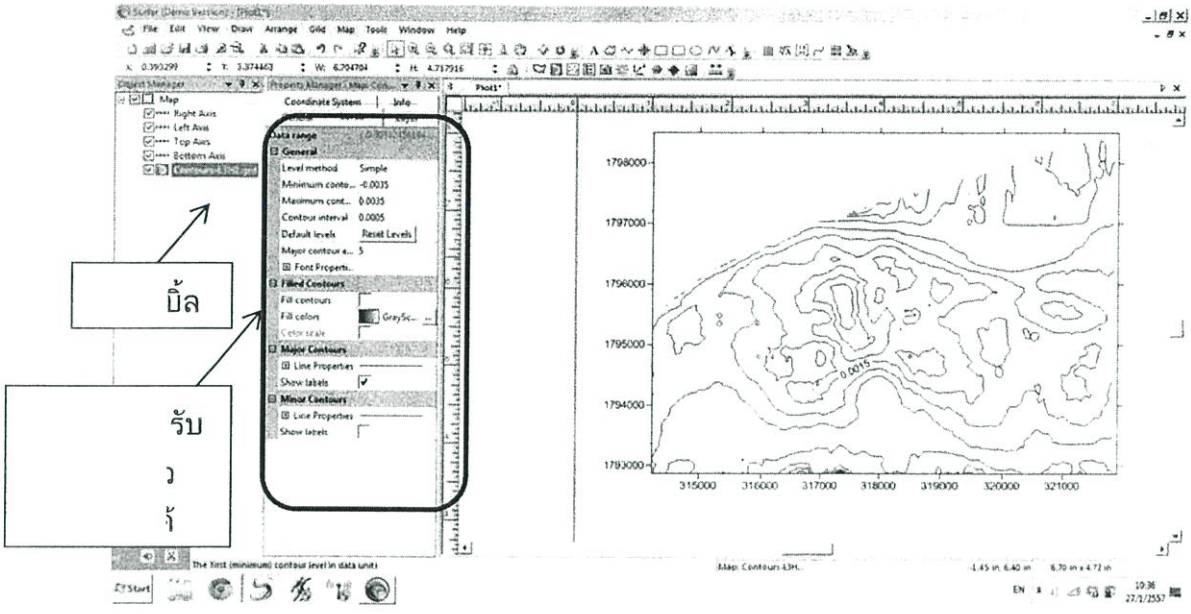
5.กดปุ่ม New Contour Map



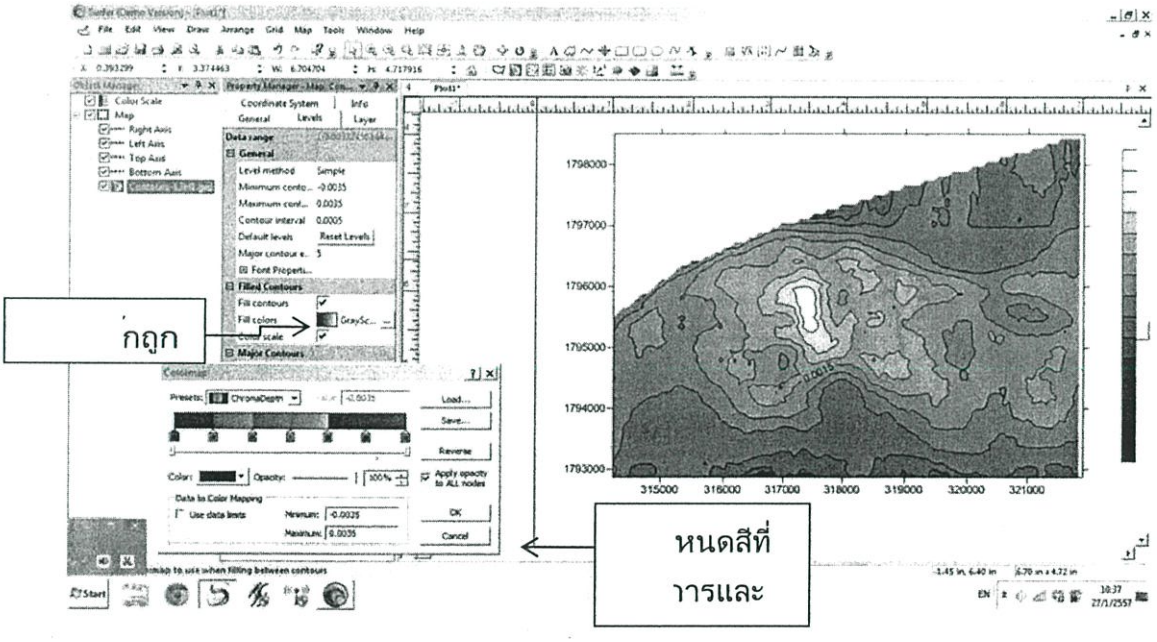
6.โปรแกรมจะแสดงรูป Contour Map



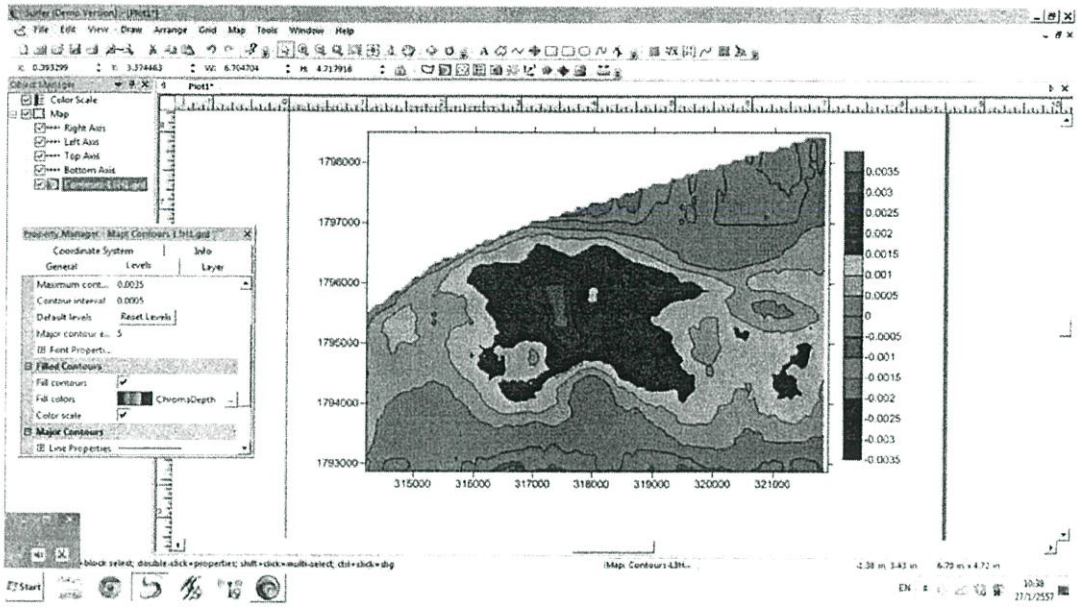
7.กำหนดค่าต่างๆของ Contour Map



8. แสดงการปรับแต่ง โดยในที่นี้จะทำการใส่สี Contour Map



9. ได้รูปภาพ Contour Map ตามต้องการ



ภาคผนวก ค

ค่า Zone Budget ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Visual MODFLOW

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC1KS1							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0.02	0.14	0.28	0.47	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	18.44	18.43	18.43	18.43	18.42	18.42	18.41	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	23.64	23.64	23.64	23.66	23.77	23.91	24.09	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0.8	0.62	0.41	0.24	0.14	0.07	0.04	2.7
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	22.61	22.79	22.98	23.18	23.37	23.57	23.77	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.54
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	23.41	23.41	23.39	23.42	23.51	23.64	23.81	5.24
Difference:								
IN - OUT	0.22941	0.23342	0.24456	0.23287	0.25973	0.26614	0.27324	-0.031585
Percent Discrepancy	0.98%	0.99%	1.04%	0.99%	1.10%	1.12%	1.14%	-0.60%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC1KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0.05	0.19	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	18.35	18.34	18.34	18.33	18.32	18.32	18.31	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	23.56	23.55	23.54	23.54	23.53	23.57	23.7	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.13 y	0.94	0.76	0.57	0.37	0.23	0.13	2.7
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	22.42	22.58	22.76	22.93	23.11	23.26	23.46	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.54
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	23.55	23.53	23.52	23.5	23.48	23.49	23.58	5.24
Difference:								
IN - OUT	0.0078341	0.021366	0.018446	0.037503	0.053314	0.077201	0.11877	-0.033005
Percent Discrepancy	0.03%	0.09%	0.08%	0.16%	0.23%	0.33%	0.50%	-0.63%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC1KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	17.87	17.85	17.83	17.81	17.78	17.76	17.73	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	23.08	23.05	23.04	23.01	22.98	22.96	22.94	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.7	1.58	1.38	1.21	1.06	0.88	0.68	2.65
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	21.37	21.52	21.62	21.77	21.93	22.07	22.21	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.5
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	23.08	23.1	23	22.99y	22.99	22.95	22.89	5.15
Difference:								
IN - OUT	0.0030553	-0.050687	0.03963	0.025804	-0.007419	0.014372	0.049048	0.053129
Percent Discrepancy	0.01%	-0.22%	0.17%	0.11%	-0.03%	0.06%	0.21%	1.03%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC2KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	1.71	1.71	1.71	1.71	1.7	1.7	1.7	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.79	1.78	1.77	1.75	1.75	1.72	1.7	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	4.95	4.97	4.98	5.00	5.03	5.03	5.05	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	6.75	6.75	6.75	6.75	6.77	6.75	6.75	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.16589	0.15966	0.16002	0.16042	0.13854	0.16116	0.16139	0.14918
Percent Discrepancy	2.43%	2.34%	2.34%	2.35%	2.03%	2.36%	2.36%	2.91%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC2KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	6.88	6.88	6.88	6.88	6.88	6.88	6.88	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.94	1.93	1.92	1.91	1.89	1.87	1.85	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	4.81	4.82	4.84	4.85	4.87	4.88	4.9	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	6.76	6.75	6.76	6.76	6.76	6.75	6.75	5.05
Difference:								
IN - OUT	0.12302	0.12339	0.11928	0.11951	0.12081	0.12257	0.12176	0.15468
Percent Discrepancy	1.80%	1.81%	1.75%	1.75%	1.77%	1.80%	1.79%	3.02%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC2KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	6.66	6.66	6.65	6.65	6.65	6.65	6.65	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.26	2.26	2.25	2.23	2.22	2.21	2.19	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	4.24	4.24	4.26	4.26	4.28	4.29	4.3	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	6.5	6.5	6.51y	6.49	6.5	6.5	6.49	5.05
Difference:								
IN - OUT	0.15542	0.15268	0.14844	0.1585	0.15405	0.15384	0.15323	0.15176
Percent Discrepancy	2.36%	2.32%	2.26%	2.41%	2.34%	2.34%	2.33%	2.96%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC3KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.21

Output Report

Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.89	1.9	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.27	3.26	3.25	3.25	3.24	3.24	3.24	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.06

Difference:

IN - OUT	0.14347	0.14357	0.14363	0.14368	0.14371	0.14374	0.14377	0.14807
Percent Discrepancy	2.74%	2.74%	2.74%	2.75%	2.75%	2.75%	2.75%	2.89%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC3KS2							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.28	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.03	2.04	2.05	2.05	2.05	2.05	2.06	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.1	3.09	3.09	3.08	3.08	3.08	3.08	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.13912	0.13909	0.13903	0.13901	0.139	0.13901	0.13904	0.1466
Percent Discrepancy	2.67%	2.67%	2.67%	2.67%	2.67%	2.67%	2.67%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC3KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.32	2.33	2.33	2.34	2.34	2.34	2.34	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.57	2.56	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	2.46
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14573	0.14561	0.14552	0.14564	0.14545	0.1457	0.14586	0.14753
Percent Discrepancy	2.84%	2.84%	2.84%	2.84%	2.83%	2.84%	2.84%	2.87%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC4KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.9	1.91	1.92	1.93	1.93	1.94	1.94	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.03	3.02	3.01	3	3	3	2.99	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.18743	0.18746	0.18748	0.1875	0.18751	0.18752	0.18753	0.14658
Percent Discrepancy	3.67%	3.67%	3.67%	3.67%	3.67%	3.67%	3.67%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC4KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.04	2.05	2.06	2.07	2.07	2.07	2.08	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.89	2.88	2.87	2.87	2.86	2.86	2.86	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.05	5.05	5.05	5.05	5.05	5.05	5.05	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.15904	0.15901	0.15901	0.15899	0.15895	0.15896	0.15899	0.14649
Percent Discrepancy	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC4KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.33	2.34	2.35	2.35	2.36	2.36	2.36	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.38	2.37	2.36	2.36	2.35	2.35	2.35	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	2.46
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14503	0.14501	0.14505	0.14504	0.14496	0.14499	0.14496	0.14662
Percent Discrepancy	2.83%	2.83%	2.83%	2.83%	2.82%	2.82%	2.82%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC5KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.9	1.92	1.92	1.93	1.93	1.94	1.94	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.01	2.99	2.99	2.98	2.98	2.97	2.97	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.19222	0.19222	0.19222	0.19222	0.19222	0.19222	0.19222	0.14649
Percent Discrepancy	3.76%	3.76%	3.76%	3.76%	3.76%	3.76%	3.76%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC5KS2							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21

Output Report

Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.04	2.05	2.06	2.07	2.07	2.08	2.08	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.87	2.85	2.85	2.84	2.84	2.83	2.83	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.06

Difference:

IN - OUT	0.16498	0.16498	0.16498	0.16498	0.16499	0.16499	0.16498	0.14649
Percent Discrepancy	3.22%	3.22%	3.22%	3.22%	3.22%	3.22%	3.22%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC5KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.33	2.34	2.35	2.35	2.36	2.36	2.36	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.36	2.35	2.34	2.34	2.33	2.33	2.33	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	2.46
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14587	0.14587	0.14587	0.14587	0.14588	0.14588	0.14587	0.14649
Percent Discrepancy	2.84%	2.84%	2.84%	2.84%	2.84%	2.84%	2.84%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC6KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.27	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	12.49	12.49	12.48	12.48	12.48	12.48	12.48	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.47	1.39	1.32	1.24	1.17	1.09	1	2.59
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	10.81	10.88	10.95	11.03	11.12	11.2	11.28	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.44
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	12.28	12.27	12.27	12.26	12.29	12.28	12.28	5.03
Difference:								
IN - OUT	0.21214	0.21459	0.21497	0.21959	0.1912	0.19902	0.20261	0.17336
Percent Discrepancy	1.71%	1.73%	1.74%	1.77%	1.54%	1.61%	1.64%	3.39%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC6KS2							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	7.23	7.23	7.23	7.22	7.22	7.22	7.22	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	12.44	12.43	12.43	12.43	12.43	12.42	12.42	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.71	1.63	1.57	1.49	1.4	1.33	1.23	2.59
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	10.68	10.73	10.81	10.9	10.96	11.04	11.1	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.44
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	12.38	12.37	12.38	12.39	12.37	12.37	12.33	5.03
Difference:								
IN - OUT	0.051421	0.068313	0.04962	0.037723	0.059624	0.053555	0.090883	0.17534
Percent Discrepancy	0.41%	0.55%	0.40%	0.30%	0.48%	0.43%	0.73%	3.43%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC6KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	6.92	6.91	6.91	6.9	6.9	6.89	6.88	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	12.13	12.12	12.11	12.11	12.1	12.09	12.08	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.11	2.04	1.98	1.88	1.79	1.71	1.64	2.58
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	9.95	10	10.05	10.09	10.12	10.17	10.24	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.43
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	12.06	12.04	12.04	11.97	11.91	11.89	11.88	5
Difference:								
IN - OUT	0.070164	0.079128	0.07473	0.13842	0.18864	0.20766	0.20081	0.20446
Percent Discrepancy	0.58%	0.66%	0.62%	1.15%	1.57%	1.73%	1.68%	4.01%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC7KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.86	1.86	1.86	1.86	1.85	1.85	1.84	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.8	3.79	3.79	3.8	3.8	3.81	3.81	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.66	5.66	5.66	5.65	5.65	5.65	5.65	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14039	0.14104	0.14155	0.142	0.14239	0.14271	0.1429	0.14997
Percent Discrepancy	2.45%	2.46%	2.47%	2.48%	2.49%	2.49%	2.50%	2.92%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC7KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2	2	2	2	1.99	1.99	1.98	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.63	3.62	3.62	3.63	3.63	3.63	3.64	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14563	0.14514	0.14508	0.14519	0.14744	0.1465	0.14423	0.1501
Percent Discrepancy	2.56%	2.55%	2.55%	2.55%	2.59%	2.57%	2.53%	2.93%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC7KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.63	5.64	5.64	5.64	5.64	5.63	5.63	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.29	2.29	2.3	2.29	2.29	2.29	2.28	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.2	3.2	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.49	5.49	5.49	5.49	5.48	5.48	5.48	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14997	0.15055	0.15014	0.15048	0.15036	0.15032	0.15015	0.14997
Percent Discrepancy	2.70%	2.71%	2.70%	2.71%	2.70%	2.70%	2.70%	2.92%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC8KS1							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.9	1.91	1.92	1.92	1.93	1.93	1.93	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.11	3.1	3.09	3.09	3.08	3.08	3.08	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.17151	0.17161	0.17167	0.1717	0.17173	0.17174	0.17175	0.14664
Percent Discrepancy	3.35%	3.35%	3.35%	3.35%	3.35%	3.35%	3.35%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC8KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.04	2.05	2.06	2.06	2.06	2.07	2.07	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.97	2.96	2.96	2.95	2.95	2.94	2.94	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.13941	0.13948	0.1398	0.13975	0.13971	0.13969	0.13968	0.14713
Percent Discrepancy	2.71%	2.72%	2.72%	2.72%	2.72%	2.72%	2.72%	2.87%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC8KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.32	2.33	2.34	2.35	2.35	2.35	2.36	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.44	2.43	2.43	2.42	2.42	2.42	2.41	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	2.46
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14538	0.14525	0.14504	0.14518	0.14526	0.14526	0.14523	0.14694
Percent Discrepancy	2.83%	2.83%	2.83%	2.83%	2.83%	2.83%	2.83%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC9KS1							
Output Time: 1 Time (days): 7300 Input Report	-1.50 m^3/day	-1.00 m^3/day	-0.50 m^3/day	0.00 m^3/day	0.50 m^3/day	1.00 m^3/day	1.50 m^3/day	No Drain m^3/day
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	1.9	1.91	1.92	1.93	1.93	1.94	1.94	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	3.01	3	2.99	2.99	2.98	2.98	2.98	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.19058	0.1906	0.19062	0.19063	0.19064	0.19064	0.19065	0.14651
Percent Discrepancy	3.73%	3.73%	3.73%	3.73%	3.73%	3.73%	3.73%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC9KS2							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.04	2.05	2.06	2.07	2.07	2.08	2.08	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.87	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84	2.84	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	2.45
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.16301	0.16302	0.16301	0.16303	0.16297	0.16302	0.16302	0.14653
Percent Discrepancy	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	2.86%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET KC9KS3							
Output Time: 1	-1.50	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	1.50	No Drain
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	0	0	0	0	0	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21	5.21
Output Report								
Storage	0	0	0	0	0	0	0	0
Constant Head	2.33	2.34	2.35	2.35	2.36	2.36	2.36	2.6
Wells	0	0	0	0	0	0	0	0
Drains	2.36	2.35	2.35	2.34	2.34	2.33	2.33	0
Recharge	0	0	0	0	0	0	0	0
ET	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	2.46
Stream Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0
General-Head	0	0	0	0	0	0	0	0
Total OUT	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06
Difference:								
IN - OUT	0.14869	0.14871	0.14872	0.14873	0.14873	0.14871	0.14874	0.1465
Percent Discrepancy	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	2.85%

Zone 1 [Zone1]	ZONE BUDGET LionGold		
Output Time: 1	KS1	KS2	KS3
Time (days): 7300	m^3/day	m^3/day	m^3/day
Input Report			
Storage	0	0	0
Constant Head	0	0	0
Wells	0	0	0
Drains	0	0	0
Recharge	5.21	5.21	5.21
ET	0	0	0
River Leakage	0	0	0
Stream Leakage	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0
General-Head	0	0	0
Total IN	5.21	5.21	5.21

Output Report

Storage	0	0	0
Constant Head	1.9	2.18	2.33
Wells	0	0	0
Drains	3.25	1.82	2.5
Recharge	0	0	0
ET	0	0	0
River Leakage	0.21	1.32	0.48
Stream Leakage	0	0	0
Surface Leakage	0	0	0
General-Head	0	0	0
Total OUT	5.37	5.31	5.31

Difference:

IN - OUT	-0.1642	-0.10634	-0.10588
Percent Discrepancy	-3.11%	-2.02%	-2.01%

ประวัติคณะผู้วิจัย

แบบฟอร์มประวัติบุคคล

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวอุมา สีบุญเรือง
   (ภาษาอังกฤษ) Miss Uma Seeboonruang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน x-xxxx-xxxxx-xx-x
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ. ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม. 10520 โทร 02-329-3334 Email: kseuma@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยแห่งรัฐคาลิฟอร์เนีย-เดวิส ประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2545

ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยลีไฮ ประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2541

ปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลากระบัง พ.ศ. 2537

5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2003-2004: Research grant funded by the Thailand Research Fund under the project "Study and Research on the Processes and Mitigation Plans for Acid Soils in the Lower Part of the Tha-Dan Dam Areas, Nakhon Nayok Province, Thailand"

2004-2005: Science and Technology Research Grant by Thailand Toray Science Foundation (TTSF) for the project "The Role of Unsaturated Zone in the Artificial Recharge Project and Saturated and Unsaturated Zone Modeling: A Case Study in Phichit Province, Thailand".

2005-2007: Research grant funded by the Thailand Research Fund under the project "Mitigation Plans for Acid Soils in the Lower Part of the Tha-Dan Dam Area (Continuing) and Preliminary Study for Development of Water Resources in Nakhon Nayok"

2004–2006: Royal Thai Government Budget – Joint Research Project, Fiscal Year 2004 on the project "An Assessment of Groundwater Vulnerability to Contamination and Estimation of Potential Areas Contributing Risk and Hazard to Groundwater in the Chaophraya Basin by Numerical Modelings"

2006-2007: Engineering Faculty – Revenue Research Grant on the project "System Development for Salinity Analysis and Prediction from Groundwater Levels: A case studying in Nam Kam Area, Amphoe Thatpanom, Nakhon Panom Province", King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2006-2007: International Foundation for Science (IFS) Research Grant on the project "An Application of Stochastic-Geostatistic Approach to Groundwater Potential Exploration in the Southern Part of Thailand"

2010: Engineering Faculty – Revenue Research Grant on the project" The study of Wind Energy Potential Area for Agriculture In the lower Central Plain of Thailand", King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2010: Royal Thai Government Budget – Joint Research Project, Fiscal Year 2010 on the project "A geoenvironmental-geophysical investigation of petroleum-contaminated soil at the Donmuang Airport site using Electrical Imaging Technique"

ON GOING RESEARCH PROJECTS

2008-2012: Research Grant from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang on the project "The Study of Saline Soil in the Lower Nam Kam Basin, Nakhon Panom Province"

2011: Engineering Faculty – Revenue Research Grant on the project" The Initial Investigation on the Impacts of Climate Change on Groundwater Resource in Thailand", King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

แบบฟอร์มประวัติบุคคล

1. ชื่อ – นามสกุล นายสุพจน์ ศรีนิล
   Mr. Supot Srinil
2. เพศ ชาย สถานะทางการสมรส สมรส
3. วัน เดือน ปีเกิด 13 มกราคม 2500 อายุ 54 ปี
4. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
5. ที่อยู่ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง
   จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520
   โทรศัพท์ 02-329 8000 - 02-329 8099 ต่อ 3430 โทรสาร 02-329-8302
6. ที่อยู่ (ที่บ้าน) 662/2 หมู่บ้านกรองทอง ถ.พัฒนาการ สวนหลวง
   จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10250
   โทรศัพท์ 02-7223211 โทรสาร 02-7223215
7. E-mail Address pte208@yahoo.com โทรศัพท์มือถือ 081-4212636
8. ประวัติการศึกษา
   ปริญญาตรีสาขา วิศวกรรมโยธา สถาบัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
   ปีที่สำเร็จ พ.ศ.2542 คะแนนเฉลี่ยสะสม 2.15
9. ผลงานวิจัยย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 ถึงปัจจุบัน
   9.1 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ -
   9.2 ผลงานวิจัยอื่น
   ค.ศ. 2005-ปัจจุบัน

สุพจน์ ศรีนิล, อุบะ ศิริแก้วและถาวร พรมรัศมี (2553) การศึกษาค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน ในจังหวัดสมุทรปราการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 36 หน้า

สุพจน์ ศรีนิล, ปรีชานันท์ ศรีแก้ว, ถนอมศรีวรษาและอุบะ ศิริแก้ว (2553) แนวทางการศึกษาและตรวจวัดการทรุดตัวของคันดินถมบดอัดโดยรอบสนามบินสุวรรณภูมิ สจล. 24 หน้า

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2553) การศึกษาและออกแบบขั้นรายละเอียดพัฒนาบึงทุ่งกะโล่ องค์การบริหารส่วนจังหวัดอุตรดิตถ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2552) การศึกษาและออกแบบพัฒนาขั้นเบื้องต้นบึงทุ่งกะโล่ องค์การบริหารส่วนจังหวัดอุตรดิตถ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2552) รายงานการตรวจสอบเรือนแถวพักอาศัย (Town House) ที่ทรุดเสียหาย ถ. แพรกษา จ.สมุทรปราการ

สุพจน์ ศรีนิล, ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์, ถนอม ศรีวรษาและคณะ (2552) โครงการพัฒนาการเรียนการสอนเชิง

บูรณาการและผสมผสานวิชาการออกค่ายสำรวจ ณ.วัดพระพุทธบาทห้วยต้ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2551) โครงการศึกษาและติดตามการแก้ไขปัญหาสนามบินสุวรรณภูมิ และตรวจสอบปัญหาการลักลอบขนดินออกจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สจล.

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2551) โครงการตรวจสอบและเสนอแนวทางแก้ไข การเคลื่อนตัวของ Flood wall บริเวณประตูระบายน้ำคลองอำแพง จ.สมุทรสาคร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2551) โครงการศึกษาการออกแบบอาคารสโมสรเนติบัณฑิตยสภา ตลิ่งชัน กรุงเทพฯ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิลและคณะ (2550) โครงการตรวจสอบโครงสร้างอาคารโรงงานน้ำตาลมิตรผลและบริษัทฯในเครือ; (1) โรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง อ.หนองเรือ จ.ขอนแก่น, (2) โรงงานน้ำตาลมิตรภูเขียว ต.โคกสะอาด อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ, (3) โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์ อ.กุฉินารายณ์ จ.กาฬสินธุ์, (4) โรงงานน้ำตาลมิตรผล อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิล(2549) การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสนามบินสุวรรณภูมิทั้งทางด้านเสียง ด้านจราจรและด้านสังคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุพจน์ ศรีนิล(2549) โครงการออกแบบและก่อสร้างสำนักงานเทศบาลบางมูลนาก จ.พิจิตร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

10. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ วิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมปฐพีและฐานราก วิศวกรรมวัสดุและวิศวกรรมบริหาร

แบบฟอร์มประวัติบุคคล

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวอุบะ ศิริแก้ว
   Ms.Uba Sirikaew
2. เพศ หญิง เกิด 8 ตุลาคม 2507 อายุ 46 ปี
4. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
5. ที่อยู่ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง
   จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520
   โทรศัพท์ 0 2329 8000 - 0 2329 8099 ต่อ 5069 โทรสาร 02-329-8302
6. ที่อยู่ (ที่บ้าน) 76/33 เกื้อกูลนิเวศน์ ติวานนท์ อ.ปากเกร็ด
   จังหวัด นนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 10120
   โทรศัพท์ 0816896810 โทรสาร -
7. E-mail Address; ksuba@kmitl.ac.th โทรศัพท์มือถือ 0816896810
8. ประวัติการศึกษา
   8.1 ปริญญาตรีสาขา เทคโนโลยีธรณี สถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
   ปีที่สำเร็จ 2529 คะแนนเฉลี่ยสะสม 2.43
   8.2 ปริญญาโทสาขา Engineering Geology and Applied Geophysics สถาบัน AIT
   ปีที่สำเร็จ 2537 คะแนนเฉลี่ยสะสม 3.34
   หัวข้อวิทยานิพนธ์ Rock Mechanics at Lam Ta Khong Pumped Storage Project
9. ผลงานวิจัยย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 ถึงปัจจุบัน
   9.1 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Uma Seebunrueng and Uba Sirikaew(2006) Investigation and Exploration of Groundwater Availability, case study on Bangwan and Tamnang Subdistrict , Phangna Province Thailand, the 3rd AHPW, 16-18 October 2006, Bangkok Thailand.

   9.2 ผลงานวิจัยอื่น
   ค.ศ. 2005-ปัจจุบัน

สุพจน์ ศรีนิล, อุบะ ศิริแก้วและถาวร พรมรัศมี (2553) การศึกษาค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียวอ่อนในจังหวัดสมุทรปราการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

สุพจน์ ศรีนิล, ปรีชานันท์ ศรีแก้ว, ถนอมศรีวรษาและอุบะ ศิริแก้ว (2553) แนวทางการศึกษาและตรวจวัดการทรุดตัวของคันดินถมบดอัดโดยรอบสนามบินสุวรรณภูมิ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2552)งานสำรวจชั้นดินและพื้นทางหมู่บ้านชลลดา แลนด์แอนด์เฮาส์ สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2552)งานเจาะสำรวจฐานรากอาคารบ้านพัก เอกชัย 22 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2551) งานเจาะสำรวจดินลูกรังถมปรับพื้นที่สวนสาธารณะเทศบาล คลองด่าน จ.สมุทรปราการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาลาดกระบัง.

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2550)งานสำรวจฐานรากของบ่อก๊าซชีวภาพ บริษัทเครือเบทาโกร จ.ลพบุรี, สระบุรี

และนครราชสีมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2549) งานสำรวจแหล่งทรายและบ่อลูกรังพื้นที่เขาไม้แก้ว จ.ชลบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 16 หน้า

อุบะ ศิริแก้วและคณะ(2549) งานเจาะสำรวจฐานรากเจดีย์วัดประยูรวงศาวาส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 8 หน้า

10. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (ตอบได้มากกว่า 1 สาขา) ธรณีเทคนิควิศวกรรมธรณี และธรณีสิ่งแวดล้อม