

การแทรกซอนของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย
อันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี
นายวิศรุต เตชะสุวรรณวงศ์

ธรณีวิทยา

2557

การแทรกซอนของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย
อันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

นาย วิศรุต เตชะสุวรรณวงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

SEAWATER INTRUSION OF GROUNDWATER IN HUAY SAI ROYAL DEVELOPMENT
STUDY CENTER AND ADJACENT AREAS, AMPHOE CHA-AM,
CHANGWAT PHETCHABURI.

MR. WITSARUT TECHASUWANWONG

A report submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2014

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(_____)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย: การแทรกซอนของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วย
ทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ
จังหวัดเพชรบุรี

นิสิตผู้ทำการวิจัย: นายวิศรุต เตชะสุวรรณวงศ์

ภาควิชา: ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

ปีการศึกษา: 2557

บทคัดย่อ

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชมหาราชทรงมีพระราชดำริให้จัดตั้งพื้นที่
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายขึ้นเพื่อพัฒนาพื้นที่เสื่อมโทรมในภาคตะวันตก ทว่าอย่างไรก็ตาม
ยังคงมีปัญหาปริมาณคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลมีปริมาณค่อนข้างสูง พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้
ครอบคลุมตำบลสามพระยา ตำบลไร่ใหม่พัฒนา ตำบลห้วยทรายเหนือและตำบลชะอำ อำเภอ
ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของน้ำ
บาดาลและการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลที่รุกล้ำเข้าไปสู่พื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะชั้นน้ำตะกอนที่
ราบลุ่มน้ำหลาก (Qfd) เนื่องจากชั้นน้ำนี้เป็นชั้นน้ำหลักที่ประชาชนใช้ในการอุปโภค บริโภค และ
ทำการเกษตร โดยได้ทำการตรวจวัดระดับน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำมาเพื่อตรวจวัดค่าปริมาณ
ของแข็งละลายน้ำ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ทางด้านอุทกธรณีวิทยา และ
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากพื้นที่เติมน้ำไหลลงสู่กลางแอ่ง
ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่เติมน้ำ และไหลออกสู่ทะเลในทิศตะวันออก การคำนวณการรุกล้ำของน้ำทะเล
ในพื้นที่ศึกษาโดย เมื่อคำนวณในระยะเวลา 20 ปี การรุกล้ำของน้ำทะเลเคลื่อนเข้าไปถึงตอนกลาง
ของพื้นที่

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, การรุกล้ำของน้ำทะเล, ปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำ

Project title: SEAWATER INTRUSION OF GROUNDWATER IN HUAY SAI ROYAL
DEVELOPMENT STUDY CENTER AND ADJACENT AREAS, AMPHOE
CHA-AM, CHANGWAT PHETCHABURI

Researcher: MR. WITSARUT TECHASUWANWONG

Department: GEOLOGY

Advisor: ASST.PROF. DR.SRILERT CHOTPANTARAT

Academic Year: 2014

ABSTRACT

His Majesty King Bhumibol Adulyadej initiated to establish Huay Sai Royal Development Study Center as a demonstrated area of deteriorated western area. However, this area has faced the problem of high chloride concentration in groundwater. The study area is located in Tambon Sam Phraya, Tambon Huay Sai Nua, Tambon Rai Mai Phattana and Tambon Cha-am, Amphoe Cha-am, Changwat Phetchaburi. The aim of this study was to investigate the flow direction of groundwater and the seawater intrusion of groundwater aquifer in the study area, namely Quaternary floodplain deposits aquifer (Qfd), the major aquifer, which has been used for domestic and agricultural purposes. Groundwater levels were measured and groundwater samples were collected to analyse the total dissolved solid (TDS). Data was collected to create the hydrogeologic conceptual model and then mathematic model. The result showed that the groundwater flows from recharge zone to discharge zone around the center of groundwater basin and flow out to the sea in the eastern part. The evaluation of seawater intrusion for 20 years showed that seawater has significantly intruded to the center of basin.

Keyword: Mathematic model, Seawater intrusion, Total dissolved solid, Huay Sai

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเป็นเพราะได้รับการอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ก่อนอื่นข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนให้การดูแลในทุกเรื่องตลอดระยะเวลาดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบคุณ นายจาตุรนต์ กอนกุล และนางสาวชุตินันท์ ลิ้มปกาญจน์เวช ที่สอนและให้คำแนะนำการใช้โปรแกรม Arcgis 10.2 และ Visual Modflow

ขอบคุณ นายเทวนพฤทธิ ภาคไชย, นางสาวจิรวรรณ อังรังศรีสกุล, นางสาววัลลภา วิศิษฎ์ธรรมศรี, นายพิสุทธิ เทศสวัสดิ์ และนางสาวยอดหญิง ที่มกาญจน์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดการออกภาคสนาม

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ธรณีวิทยา รุ่น 55 ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเสมอมาจนทำให้โครงการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 พื้นที่ศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.3 ทฤษฎี	10
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	14
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	16
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	17
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 การวิเคราะห์ระดับความสูงต่ำ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ด้วยข้อมูลโทรสัมผัส	24
4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา	25
4.3 การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล	25

4.4 การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ	26
4.5 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ทางด้านอุทกธรณีวิทยา	27
4.6 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	28
บทที่5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	
5.1 อภิปรายผลการศึกษา	37
5.2 สรุปผลการศึกษา	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	38
ภาคผนวก	39
เอกสารอ้างอิง	60

สารบัญญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	พื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายในพระราชดำริ และบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี	2
รูปที่ 2.1	แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	5
รูปที่ 2.2	แผนที่อุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	6
รูปที่ 2.3	ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว B-B' (Rojborwornwittaya, 2011)	7
รูปที่ 2.4	ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว C-C' (Rojborwornwittaya, 2011)	8
รูปที่ 2.5	Piper diagram ของชั้นน้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก(Qfd) (Waleeittikul, 2013)	9
รูปที่ 2.6	Gibb's diagram ของชั้นน้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก(Qfd) (Waleeittikul, 2013)	9
รูปที่ 2.7	แสดงแนวเชื่อมต่อระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็ม	12
รูปที่ 2.8	แสดงการสูบน้ำปริมาณมากทำให้น้ำทะเลรุกล้ำเข้ามา	12
รูปที่ 2.9	แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Anderson and Woessner, 2002)	13
รูปที่ 3.1	แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน	15
รูปที่ 3.2	แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อบาดาลที่ทำการเก็บข้อมูล	16
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	17
รูปที่ 3.4	แผนที่แสดงตำแหน่ง pumping wells	21
รูปที่ 3.5	แผนที่แสดงตำแหน่ง observed wells	23
รูปที่ 4.1	แผนที่แสดงระดับความสูงต่ำ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	24
รูปที่ 4.2	แผนที่แสดงปริมาณการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา	25
รูปที่ 4.3	แผนที่แสดงระดับและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ปี 2557	26
รูปที่ 4.4	แผนที่แสดงปริมาณค่า TDS ปี 2557	27
รูปที่ 4.5	แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่ศึกษา	28
รูปที่ 4.6	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	29
รูปที่ 4.7	การกำหนดค่า hydraulic conductivity ลงในแบบจำลอง	29
รูปที่ 4.8	การกำหนดค่า recharge rate ลงในแบบจำลอง	30
รูปที่ 4.9	ผลการคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (a) ชั้นน้ำที่ 1 (b) ชั้นน้ำที่ 2	31
รูปที่ 4.10	ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการจำลองการไหล	32

รูปที่ 4.11	ผลการคำนวณแนวการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 1,000 m	33
รูปที่ 4.12	ผลการคำนวณแนวการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 2,000 m (a) top-view (b) cross section	34
รูปที่ 4.13	ผลการคำนวณแนวการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 20 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 1,000 m	35
รูปที่ 4.14	ผลการคำนวณแนวการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 20 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 2,000 m (a) top-view (b) cross section	36

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ช่วงค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินอุ้มน้ำ (Domenico, 1990)	11
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง	18
ตารางที่ 3.2	ข้อมูล pumping wells	19
ตารางที่ 3.3	ข้อมูล observed wells	21
ตารางที่ 4.1	ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการจำลองการไหล	32

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตบริเวณพื้นที่ที่ห้วยทรายเคยมีความอุดมสมบูรณ์เป็นอย่างมาก เป็นแหล่งต้นน้ำ มีแหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญที่ประชาชนในพื้นที่ใช้ทั้งอุปโภค บริโภค และทำการเกษตรแต่ภายหลังเมื่อเกิดการบุกรุก ทำลายป่า ทำการเกษตรกรรมอย่างผิดวิธี ใช้สารเคมีที่ส่งผลเสียต่อดินและน้ำ ตลอดจนไม่มีการบำรุงรักษาคุณภาพดิน พื้นที่บริเวณดังกล่าวจึงเปลี่ยนแปลงสภาพไปอย่างรวดเร็ว หน้าที่ดินถูกชะล้าง ความอุดมสมบูรณ์หายไป ดินกลายเป็นดินทรายและดินดานที่ไม่มีแร่ธาตุ นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาลด้วยเหตุนี้ การศึกษาในด้านคุณภาพของน้ำ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก และเนื่องจากในปัจจุบันพื้นที่บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี มีการฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อคุณภาพชีวิตของราษฎรตามแนวพระราชดำริ แต่ก็ยังพบปัญหาปริมาณของคลอไรด์ในน้ำบาดาลมีปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งมาจากการฝังของชั้นหินบริเวณพื้นที่ศึกษา แต่ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าการที่พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ใกล้กับทะเลนั้นอาจมีผลของการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหรือไม่ ซึ่งพื้นที่บริเวณชายฝั่งมักจะประสบกับปัญหาการรุกคืบของน้ำทะเล ในการศึกษาคั้งนี้ผู้ศึกษาจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับแนวการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลบริเวณศูนย์การศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยการจำลองการแพร่กระจายตัวของน้ำเค็มโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อจัดทำแผนที่แสดงคุณภาพน้ำบาดาลของชั้นน้ำประกอบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษานี้ ตลอดจนอธิบายความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยาและระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่

1.2 วัตถุประสงค์

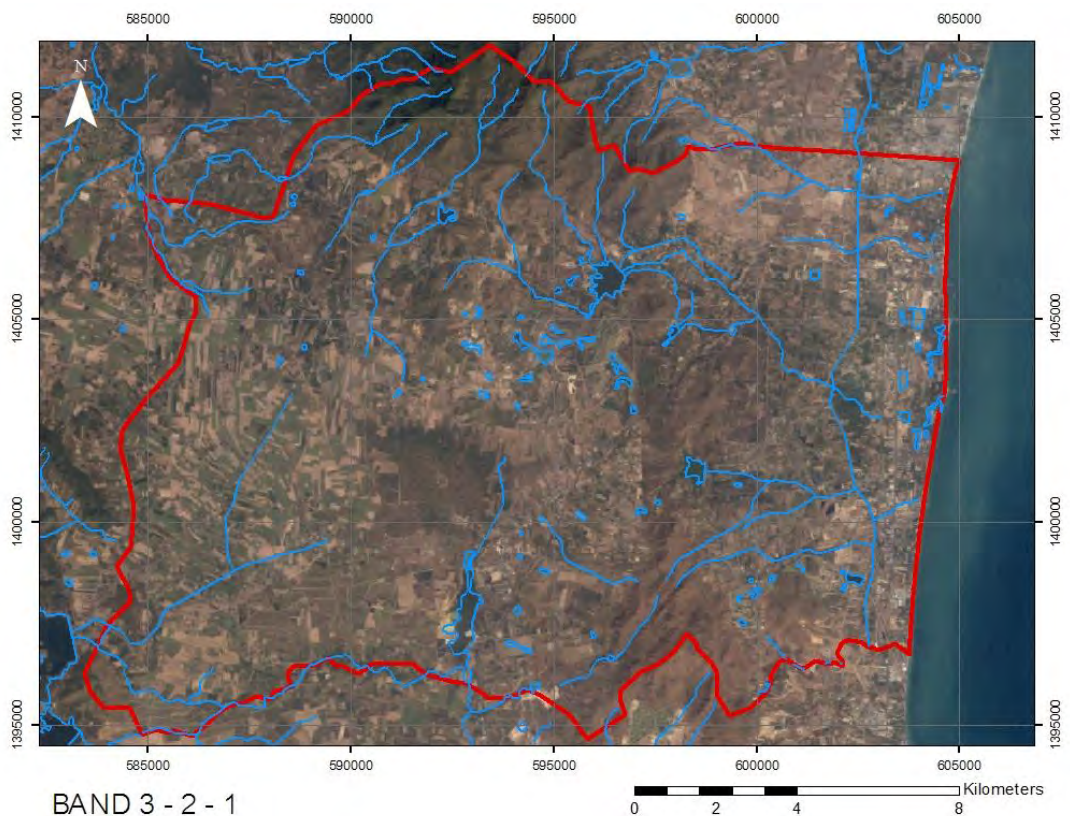
เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของน้ำบาดาลและการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลที่รุกคืบเข้าไปสู่พื้นที่บริเวณศูนย์การศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นศึกษาลักษณะการไหลของน้ำบาดาลและการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายในพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อจัดทำแผนที่แสดงคุณภาพน้ำบาดาล

1.4 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยในครั้งนี้ อยู่ในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย ครอบคลุมบริเวณตำบลห้วยทรายเหนือ ตำบลสามพระยา และตำบลไร่ไหมพัฒนา และตำบลชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่โดยประมาณ 260 ตารางกิโลเมตรดังแสดงในรูปที่ 1-1 อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50000 ลำดับชุด L7017 ระวัง 4934 II ชื่อระวางแผนที่ อำเภอหัวหิน และระวัง 4934 III ชื่อระวางแผนที่ บ้านหนองพลับ



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายในพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงลักษณะการไหลของน้ำบาดาลบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายในพระราชดำริ
2. ทราบถึงลักษณะการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายในพระราชดำริ
3. แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่

ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

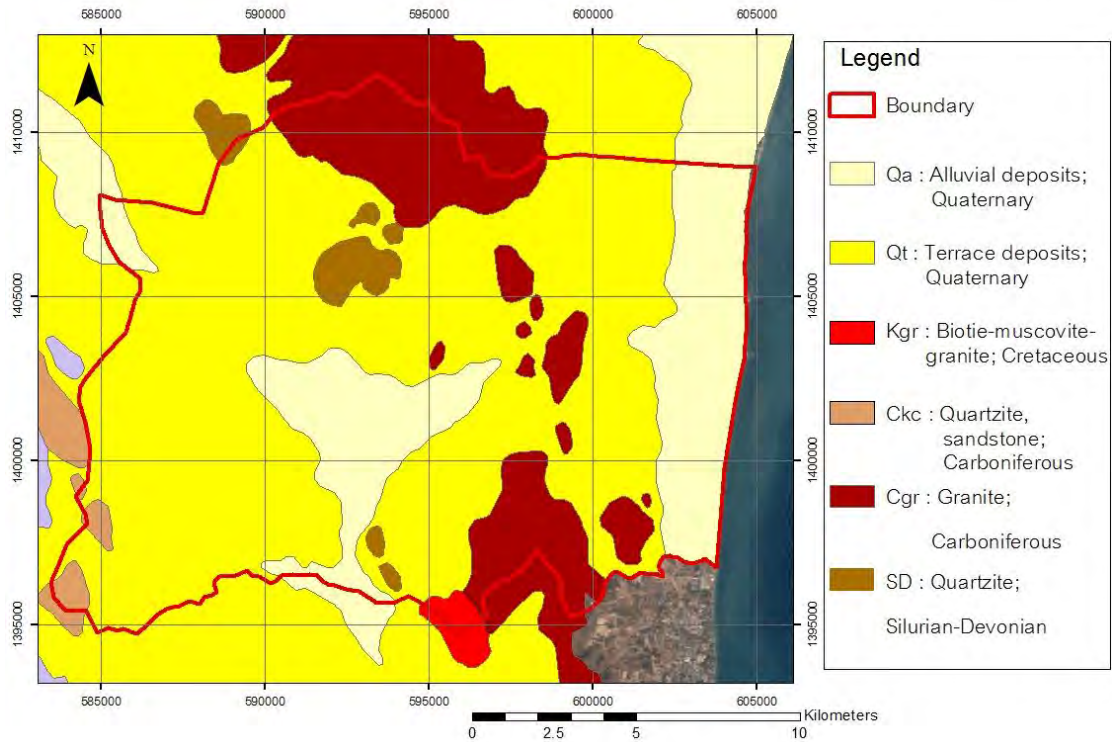
ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะการกระจายตัวของหินชนิดต่างๆดังต่อไปนี้

ตะกอนและหินตะกอน

1. หินทรายยุคดีโวเนียนถึงไซลูเรียน (SD): เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อดิน สีน้ำตาล เทา และน้ำตาลแกมแดง ขนาดละเอียดถึงหยาบ เม็ดกึ่งกลม บางส่วนมีการแปรสภาพไปเป็นหินควอตซ์ไซต์ หินชนวน และหินฟิลไลต์ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกแทนจะควิลโลตีในชั้นหินเชิร์ต มีอายุ 360-438 ล้านปี กระจายตัวอยู่ไม่มากนักบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา
2. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส หมวดหินเขาเจ้า (C_{kc}): อยู่ในกลุ่มหินแก่งกระจาน ประกอบด้วย หินทรายอาร์โคส สีขาวถึงสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อละเอียดมากถึงปานกลาง การคัดขนาดปานกลางถึงดี หินโคลนสีขาวยู่ที่ปานกลาง เนื้อละเอียดมากถึงละเอียด การคัดขนาดดีชั้นบางและเป็นแถบชั้นบาง เม็ดแร่มีลักษณะเหลี่ยม พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกหอยตะเกียง พลัปลิงทะเลและไบรโอซัว กระจายอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา
3. ตะกอนน้ำพายุคควอเทอร์นารี (Q_a): ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว พบบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา
4. ตะกอนตะกัณ้ำยุคควอเทอร์นารี (Q): ประกอบด้วยกรวดและทราย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในพื้นที่

หินอัคนี

1. หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C_{gr}): เป็นหินแกรนิตเนื้อปานกลางถึงหยาบ พบการเรียงตัวของแร่กลุ่มเฟลสปาร์ผลึกใหญ่ค่อนข้างดี พบตั้งแต่บริเวณตอนกลางถึงทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา
 2. หินแกรนิตยุคครีเตเชียส (K_{gr}): หินแกรนิตสีจาง เนื้อปานกลางถึงหยาบ และหินแอไฟลต์แกรนิต เนื้อละเอียดถึงปานกลาง พบเล็กน้อยบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา
- ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาดังที่แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2552)

ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่สำคัญซึ่งแบ่งตามชนิดหินออกได้เป็น 3 หน่วยหลักดังต่อไปนี้

1. ชั้นน้ำที่ราบลุ่มน้ำหลากและตะกอนเชิงเขา (Floodplain deposit aquifer ; Qfd)
เป็นชั้นน้ำบาดาลชั้นบนสุด ประกอบด้วยตะกอนน้ำพำจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของเม็ดตะกอน ความลึกของชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.5-4.5 เมตร มีความหนาของชั้นน้ำอยู่ที่ 30-40 เมตร คุณภาพน้ำบาดาลอยู่ในระดับปานกลาง สามารถให้น้ำได้ 2-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2. ชั้นน้ำหินชั้นกึ่งหินแปรอายุเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous metasedimentary aquifer ; PCms)

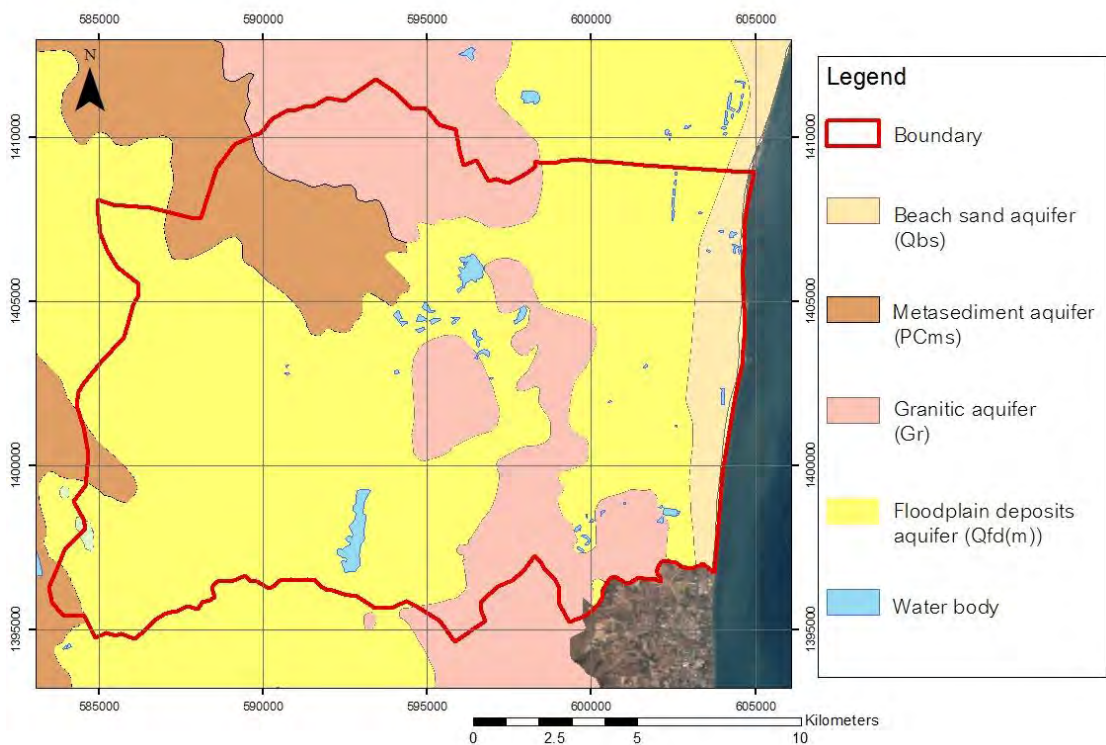
วางตัวอยู่ด้านล่าง Floodplain deposit aquifer ประกอบด้วยหินทรายควอริต หินดินดาน กึ่งหินฟิลไลต์และกึ่งหินชนวน พบน้ำบาดาลบริเวณรอยต่อ รอยเลื่อน และรอยแตกของชั้นหิน ความลึกของชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ย 30-40 เมตร ความหนาโดยประมาณ 100 เมตร พบ

ปริมาณเหล็กสูงเกินกว่ามาตรฐาน (1.0 มก./ล.) ปริมาณการให้น้ำ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อ ชั่วโมง

3. ชั้นน้ำหินแกรนิตอายุครีเตเชียส (Cretaceous granitic aquifer; Gr)

แทรกตัวอยู่ระหว่างชั้นน้ำทั้งสองชั้นแรก จะพบทางบริเวณตะวันออกของพื้นที่ (ตำบลสามพระยา) เป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินแกรนิต ที่มีแร่ไบโอไทต์ ฮอร์นเบลนด์ มัสโคไวต์ และทัวร์มาลีน เป็นส่วนประกอบ ผลึกเนื้อดอกขนาดเท่ากัน น้ำบาดาลจะอยู่ในรอยแตก รอยแยก และชั้นหินผุ ความลึกของชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ย 2.5-4.5 เมตร ส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำน้อย เพราะรอยแตกที่ไม่ต่อเนื่อง คุณภาพน้ำ

ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่และดังที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rojborwornwittaya (2011) ได้ศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของบริเวณศูนย์ศึกษาการ พัฒนาห้วยทราย โดยนำข้อมูล Lithologic well log, Pumping test และข้อมูลระดับน้ำบาดาลมา สร้างภาพตัดขวางของชั้นหิน ซึ่งความสัมพันธ์คือได้ชั้นน้ำบาดาลประเภทหินตะกอนกึ่งแปรยุค เพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส อยู่ชั้นล่างสุด ชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึงวางตัวอยู่ชั้น บน และมีชั้นหินอุ้มน้ำแกรนิตแทรกอยู่ระหว่างทั้งสองชั้น และน้ำมีการไหลจากที่สูงไปยังที่ราบคือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4

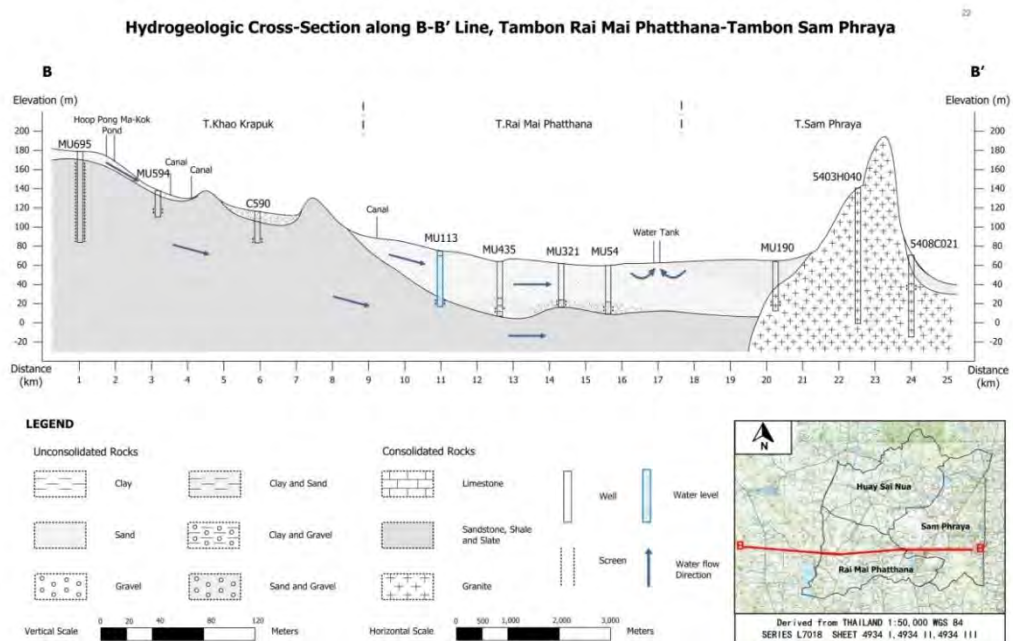


Figure 4.3 Hydrogeologic cross-section along B-B' Line, Tambon Rai Mai Phattana-Tambon Sam Phraya

รูปที่ 2.3 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว B-B' (Rojborwornwittaya, 2011)

Hydrogeologic Cross-Section along C-C' Line, Tambon Huay Sai Nua-Tambon Rai Mai Phatthana

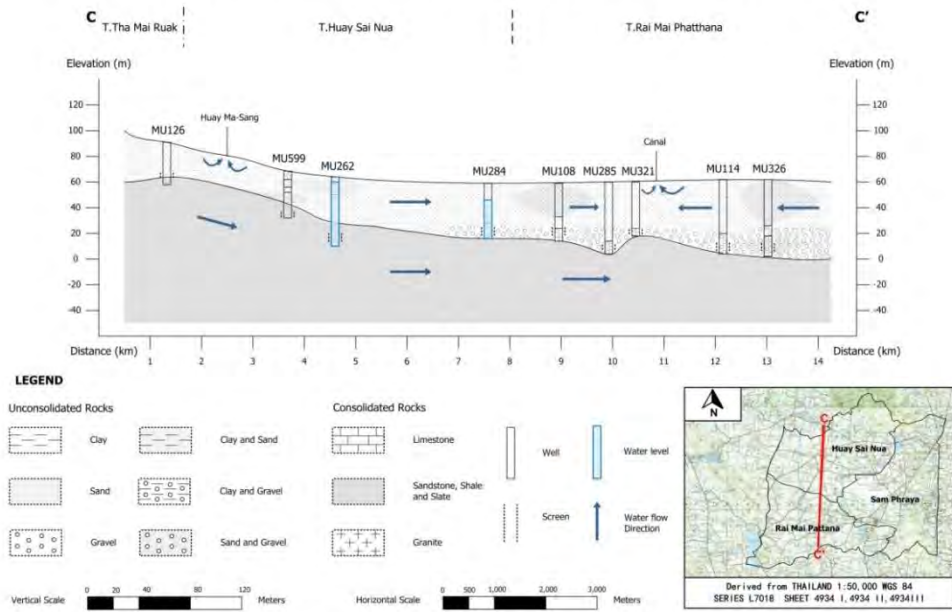
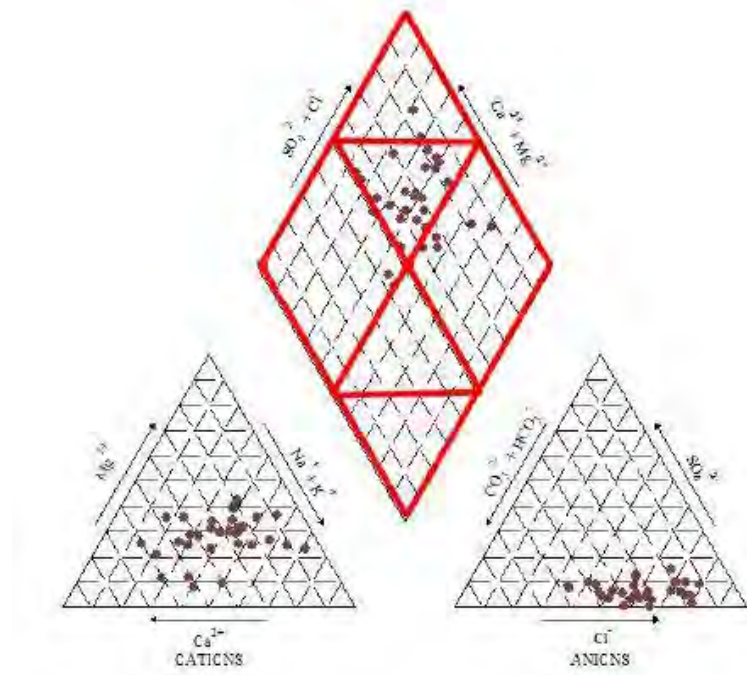


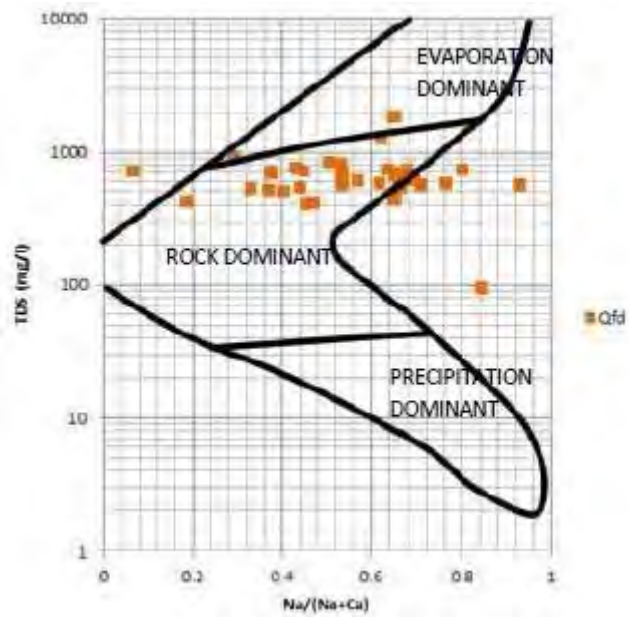
Figure 4.4 Hydrogeologic cross-section along C-C' Line, Tambon Huay Sai Nua-Tambon Rai Mai Phatthana

รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว C-C' (Rojborwornwittaya, 2011)

Waleeittikul (2013) ได้ศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับ Piper diagram พบว่าเคมีของน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ Gibb's diagram พบว่า ปัจจัยที่ทำให้สภาพทางเคมีของชั้นน้ำนั้นมาจากการผุพังของหินบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 Piper diagram ของชั้นน้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก (Qfd) (Waleeittikul, 2013)



รูปที่ 2.6 Gibb's diagram ของชั้นน้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก (Qfd) (Waleeittikul, 2013)

Qahman and Larabi (2005) ได้ศึกษาลักษณะและประเมินการรुकูล้ำของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล บริเวณฉนวนกาซา รัฐปาเลสไตน์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลและความเข้มข้นของสารละลายในระยะเวลา 17 ปี พบว่าหากมีการสูบน้ำบาดาลมาใช้ด้วยอัตราการสูบบัจจุบันจะทำให้มีการรुकูล้ำของน้ำทะเลรุนแรงที่สุด ซึ่งการแก้ปัญหาคือ งดการสูบน้ำจากบริเวณที่มีการรुकูล้ำของน้ำทะเล หรือลดอัตราการสูบน้ำทั้งหมด

Nettasana, Craig and Tolsan (2012) ได้ศึกษาผลกระทบของการสูบน้ำบาดาลมาใช้บริเวณพื้นที่ท่าพระ ลุ่มแม่น้ำชี จังหวัดขอนแก่น พบว่าในปี 2040 หากมีการสูบน้ำเพิ่มขึ้นจากอัตราการสูบน้ำปี 2008 ทุกๆ ปี ปีละ 3% จะทำให้บริเวณที่มีการสูบน้ำไปใช้ในอัตราที่สูงจะมีระดับน้ำที่ลดลงไป 4-12 เมตร

2.3 ทฤษฎี

ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity, K)

ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินอุ้มน้ำคือ อัตราการไหลของน้ำผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งหน่วยพื้นที่ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับการไหลภายใต้ความลาดชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient) 1 หน่วย ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในหินชนิดเดียวกันอาจมีความแตกต่างกันในตำแหน่งและทิศทางโดยแบ่งได้ดังนี้ และได้แสดงในตารางที่ 2.1

1. กรณีที่ค่า K ของชั้นน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งต่างๆ จะเรียกว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบ homogeneous แต่ถ้าค่า K เปลี่ยนไปตามตำแหน่ง จะเรียกว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบ heterogeneous
2. กรณีที่ค่า K ของชั้นน้ำไม่เปลี่ยนไปตามทิศทางจะเรียกว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบ isotropic แต่ถ้าค่า K เปลี่ยนไปตามทิศทาง จะเรียกว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบ anisotropic

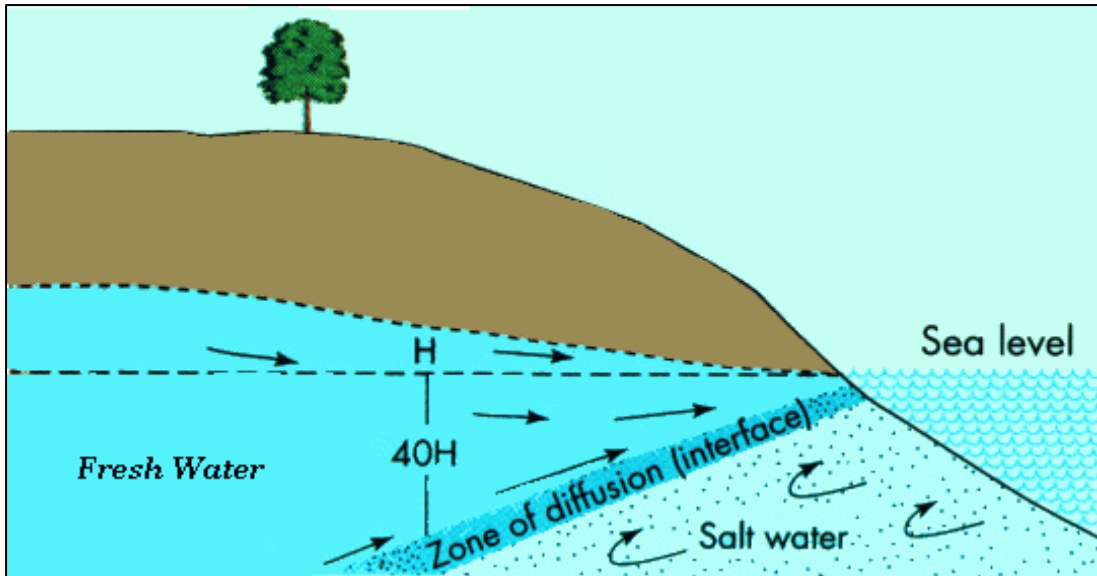
ตารางที่ 2.1 ช่วงค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินอุ้มน้ำ (Domenico, 1990)

Material	Hydraulic conductivity (m/sec)	Material	Hydraulic conductivity (m/sec)
Sedimentary		Sedimentary Rock	
Gravel	$3.0 \times 10^{-4} - 3.0 \times 10^{-2}$	Karst and reef limestone	$1.0 \times 10^{-6} - 2.0 \times 10^{-2}$
Sand (coarse)	$9.0 \times 10^{-7} - 6.0 \times 10^{-3}$	Limestone, dolomite	$1.0 \times 10^{-9} - 6.0 \times 10^{-6}$
Sand (medium)	$9.0 \times 10^{-7} - 5.0 \times 10^{-4}$	Sandstone	$3.0 \times 10^{-10} - 6.0 \times 10^{-6}$
Sand (fine)	$2.0 \times 10^{-7} - 2.0 \times 10^{-4}$	Siltstone	$1.0 \times 10^{-11} - 1.4 \times 10^{-8}$
Silt, loess	$1.0 \times 10^{-9} - 2.0 \times 10^{-5}$	Salt	$1.0 \times 10^{-12} - 1.0 \times 10^{-10}$
Till	$1.0 \times 10^{-12} - 2.0 \times 10^{-6}$	Anhydrite	$4.0 \times 10^{-13} - 2.0 \times 10^{-8}$
Clay	$1.0 \times 10^{-11} - 4.7 \times 10^{-9}$	Shale	$1.0 \times 10^{-13} - 2.0 \times 10^{-9}$

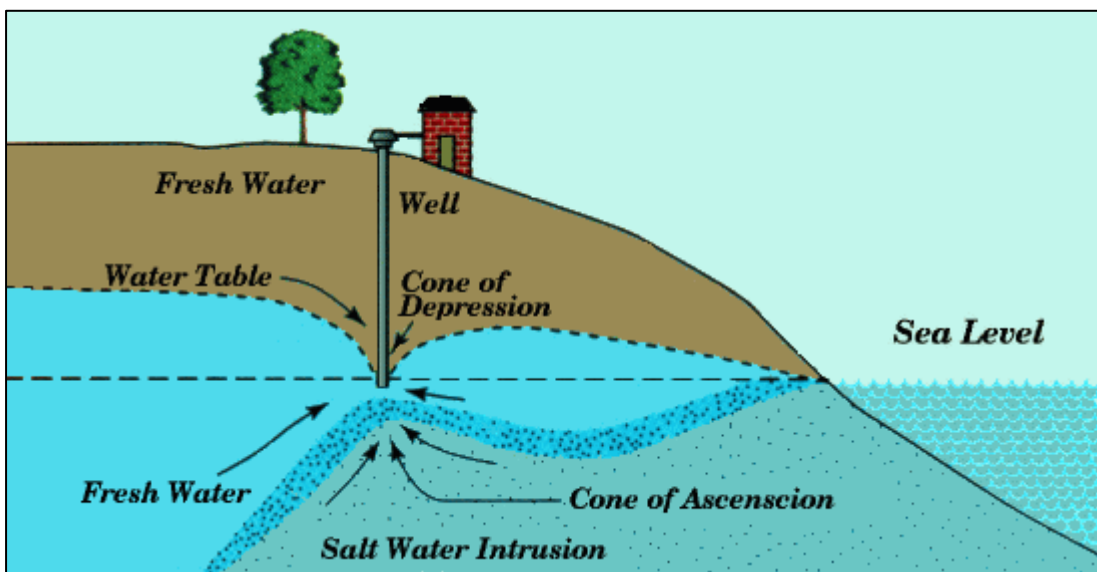
หลักการรูก้ำของน้ำทะเล

บริเวณชายฝั่งทะเลในธรรมชาตินั้นจะมีแนวเชื่อมต่อระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็ม (transitional zone) ซึ่งจะเป็นรูปลิ้มมีน้ำจืดอยู่ด้านบนและน้ำเค็มอยู่ด้านล่าง เนื่องจากน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด ซึ่งความลึกของแนวเชื่อมต่อจะอยู่ได้ระดับน้ำทะเลประมาณ 40 เท่าของความสูงของน้ำจืดที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเล ดังแสดงในรูปที่ 2.7

ความดันของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญของการรูก้ำของน้ำทะเล โดยความดันของน้ำจืดจะต้องเท่ากับน้ำทะเล บริเวณใดที่มีระดับน้ำบาดาลสูงแสดงว่ามีความดันในน้ำจืดมาก จะสามารถต้านทานการรูก้ำของน้ำทะเลได้ แต่บริเวณใดที่มีการสูบน้ำบาดาลมาใช้ในปริมาณมาก ระดับน้ำบาดาลลดลงทำให้ความดันของน้ำจืดลดลงน้ำทะเลก็จะสามารถรูก้ำเข้ามาได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



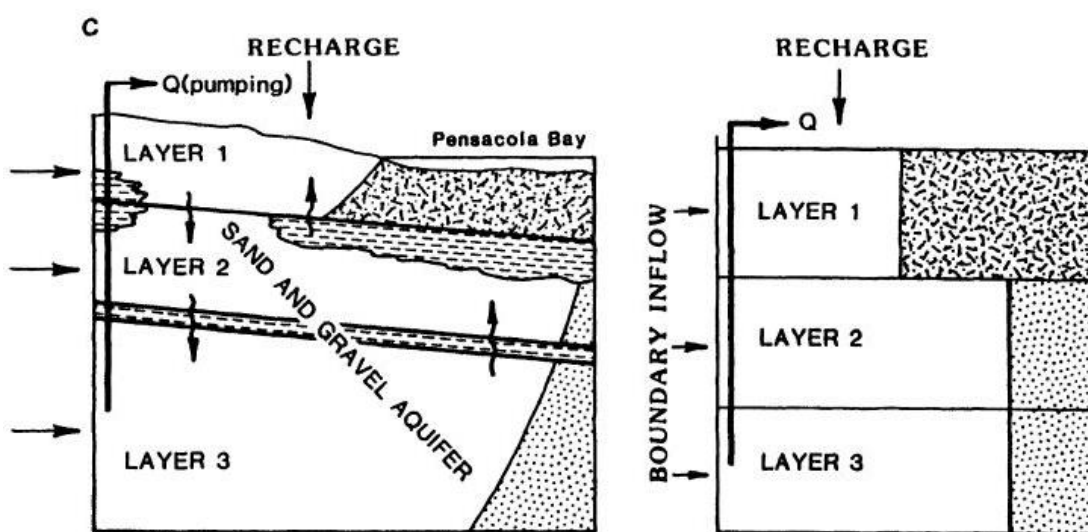
รูปที่ 2.7 แสดงแนวเชื่อมต่อระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็ม (ที่มา : www.lenntech.com/)



รูปที่ 2.8 แสดงการสูบน้ำปริมาณมากทำให้น้ำทะเลรุกเข้ามา (ที่มา : www.lenntech.com/)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองชั้นน้ำบาดาล เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาและประเมินสภาพที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ตลอดจนคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆ แต่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมือนสภาพความเป็นจริงนั้นจะไม่สามารถทำได้หากไม่มีการสร้างแบบจำลองเชิงโมเดลเพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



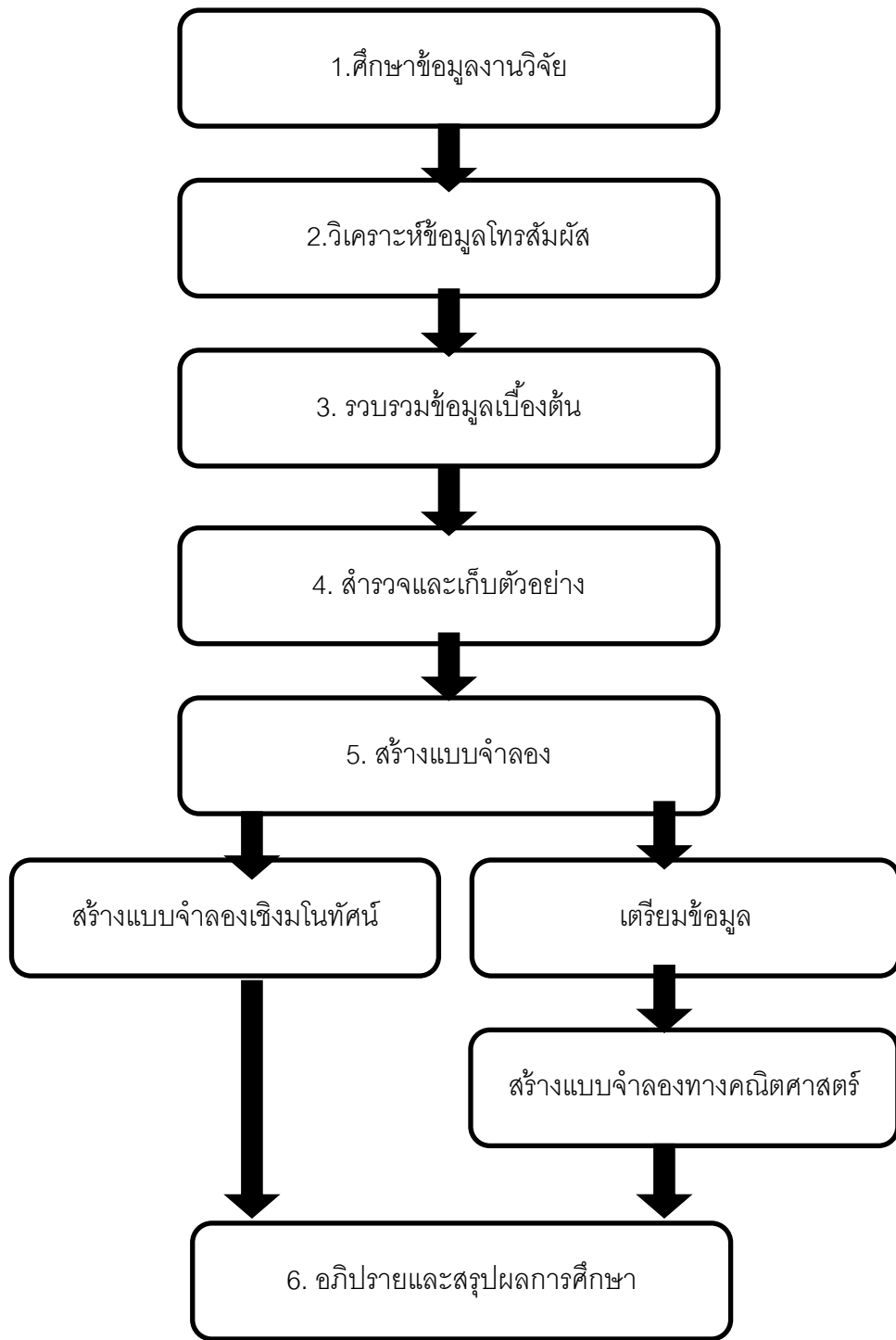
รูปที่ 2.9 แบบจำลองเชิงโมเดล และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Anderson and Woessner, 2002)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว
 - ศึกษาและข้อมูลของพื้นที่ศึกษา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลตำแหน่งบ่อบาดาล
 - ศึกษาวิธีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเมินทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและการรुकูล้ำของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล
2. วิเคราะห์ข้อมูลโทรสัมผัส
 - ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DEM)
 - ลักษณะทางธรณีวิทยา
 - ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา
3. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
 - ความสามารถในการสูบน้ำสูงสุดของพื้นที่
 - ระดับน้ำในพื้นที่
 - ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solid, TDS)
4. สํารวจและเก็บตัวอย่าง
 - วัดระดับน้ำ
 - เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solid, TDS)
5. สร้างแบบจำลอง
 - แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ทางด้านอุทกธรณีวิทยา
 - แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
6. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
7. จัดทำรูปเล่มรายงานและนำเสนอในรูปแบบสัมมนา

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน

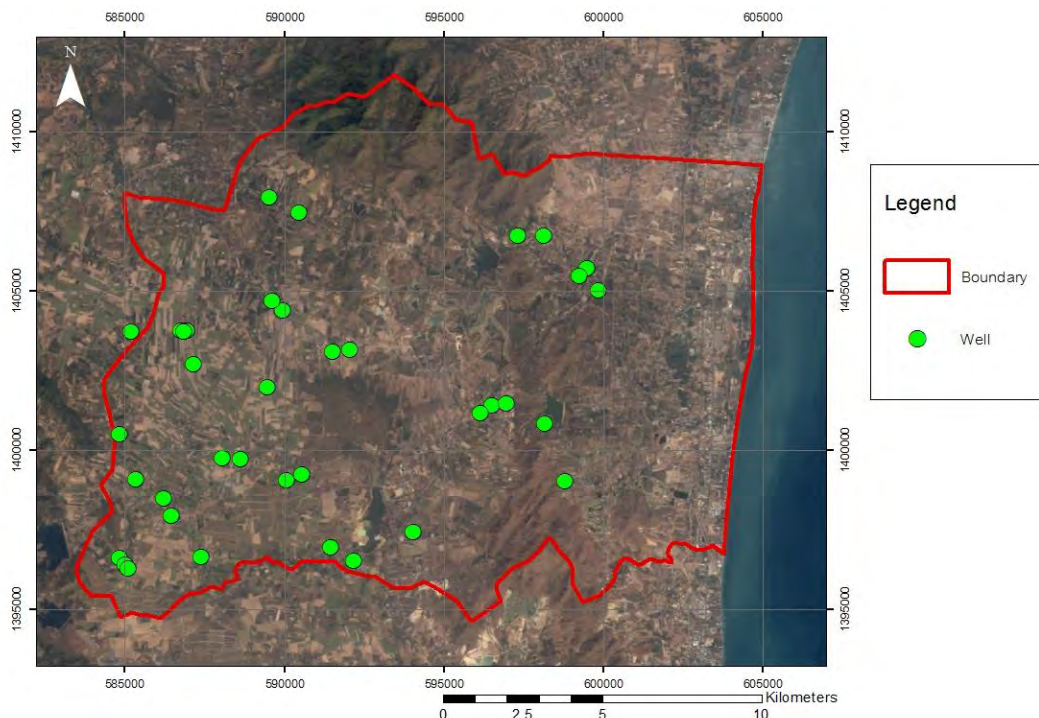
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ทำกรรวบรวมนั้นมาจาก 2 แหล่งคือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และงานวิจัยเก่า โดยรวบรวมข้อมูลความสามารถสูงสุดในการสูบน้ำจากกรมทรัพยากรธรณี จากนั้นรวบรวมข้อมูลระดับน้ำและค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ (TDS) จากงานวิจัยของ Rojborwornwittaya (2011)

การสำรวจและเก็บตัวอย่าง

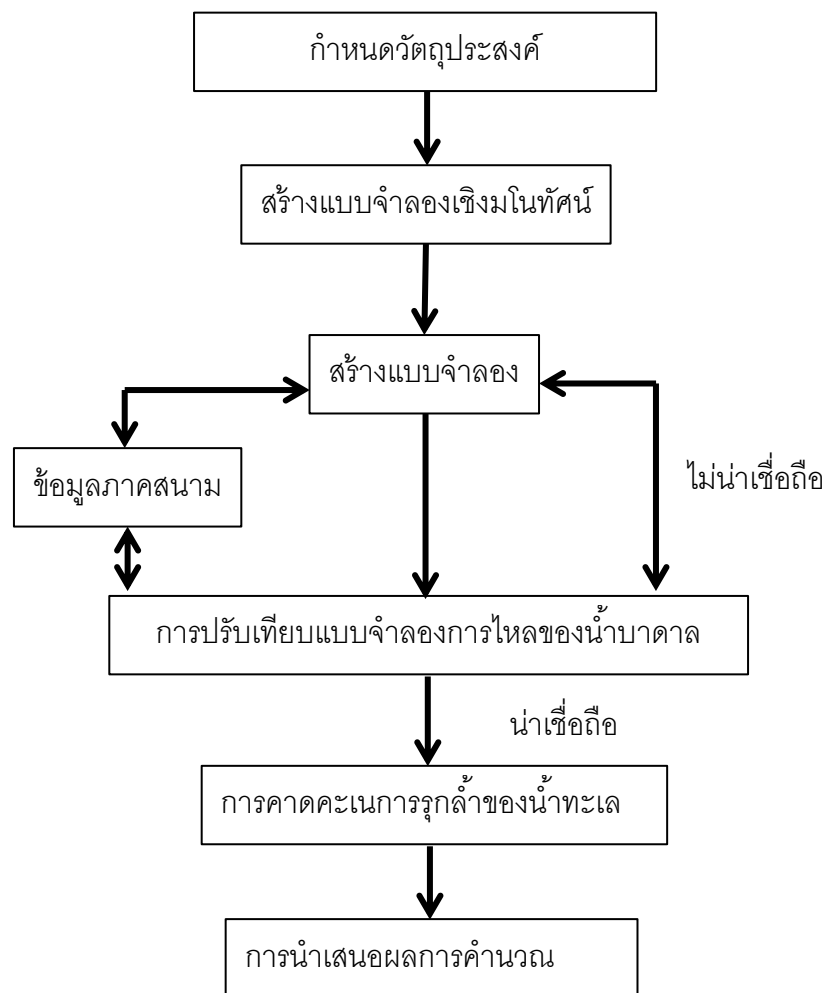
การสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลไปแล้วตั้งแต่วันที่ 22 – 26 มกราคม พ.ศ. 2558 ครอบคลุมพื้นที่ 4 ตำบลได้แก่ ตำบลสามพระยา ตำบลห้วยทรายเหนือ ตำบลไร่ใหม่พัฒนา และตำบลชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยได้ศึกษาตามตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลเดิมของ Rojborwornwittaya (2011) โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บได้แก่ ชื่อบ่อน้ำบาดาล พิกัดตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ความสูงจากระดับน้ำทะเล ระดับน้ำ ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ (TDS) แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการปิดกั้นบ่อและสาเหตุอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เท่ากับจำนวนบ่อน้ำบาดาลเดิม โดยสำรวจทั้งหมด 70 บ่อ แต่สามารถเก็บข้อมูลระดับน้ำได้ 38 บ่อ ข้อมูลของแข็งละลายน้ำ 36 บ่อ จากเดิม 86 บ่อ (พ.ศ. 2554) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่ทำกรเก็บข้อมูล

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาระดับความสูงต่ำ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาด้วยข้อมูลโทรสัมผัส
2. วิเคราะห์ปริมาณในการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา เพื่อหาปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่
3. จัดทำแผนที่แสดงระดับและทิศทางการไหลของน้ำของพื้นที่ศึกษา จากข้อมูลภาคสนาม เพื่อดูลักษณะการไหลของน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา
4. จัดทำแผนที่แสดงค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำของพื้นที่ศึกษา จากข้อมูลงานวิจัยเก่า และข้อมูลภาคสนาม เพื่อดูลักษณะการรุกรานของน้ำทะเล
5. สร้างแบบจำลอง โดยอ้างอิงขั้นตอนการทำงานจาก Anderson and Woessner (2002) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

5.1 สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และสภาพทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา

5.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินทิศทางการไหลของน้ำบาดาล และการรुक้าของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล โดยพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนดในแบบจำลองจะแสดงดังตารางที่ 3.1

- ออกแบบกริด
- กำหนดขอบเขตแบบจำลอง
- กำหนดขอบเขตช่วงเวลาดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

Parameters	รายละเอียด	แหล่งที่มา
Aquifer type	- ในการศึกษาครั้งนี้จะสนใจเฉพาะชั้นน้ำที่ราบลุ่มน้ำหลากและตะกอนเชิงเขา (Qfd) เนื่องจากเป็นชั้นน้ำหลักในพื้นที่ศึกษา ซึ่งชั้นน้ำนี้จะกำหนดให้เป็น semi-confined aquifer	- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2552) และ Rojborwornwittaya (2011)
Hydraulic conductivity	- ใช้ข้อมูลของแต่ละบ่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหล และนำมากำหนดค่าในช่วง (interpolation)	- Rojborwornwittaya (2011)
Specific storage	- 1.0×10^{-3} - 4.9×10^{-4}	- Domenico (1972)
Recharge rates	- คิดเป็น 1-12% ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ซึ่งปริมาณน้ำฝนของจังหวัดเพชรบุรีมีค่าเท่ากับ 898 mm./ปี โดยในแบบจำลองกำหนดบริเวณ recharge area = 40mm./ปี ส่วนบริเวณ discharge area ไม่กำหนดค่า	- กรมอุตุนิยมวิทยาฯ (2557)
Constant head	- กำหนดให้ระดับน้ำคงที่ตลอดเวลา บริเวณพื้นที่เติมน้ำ (ขึ้นอยู่กับความสูงภูมิประเทศ) บริเวณชายฝั่งทะเล (0 ม. รทก.)	- Rojborwornwittaya (2011)
Initial head	- ใช้ระดับน้ำจากข้อมูลภาคสนาม	- ข้อมูลภาคสนาม
Constant concentration	- กำหนดให้ค่าความเข้มข้นคงที่ของทะเลอ่าวไทย มีค่าเท่ากับ 18,000 mg/L	- ข้อมูลภาคสนาม

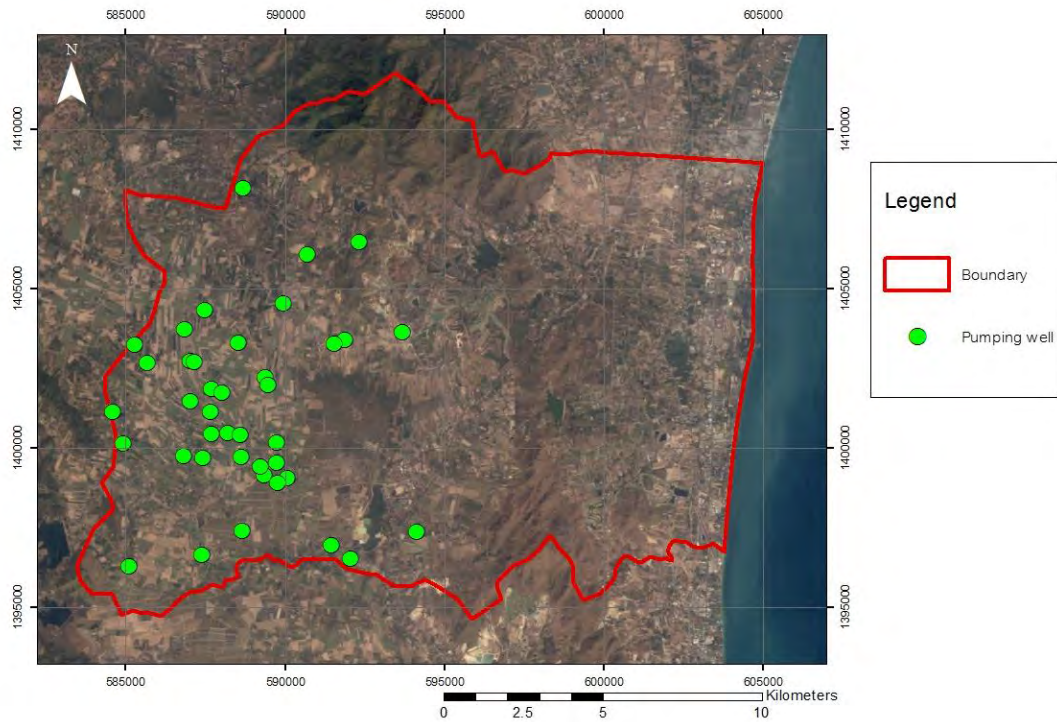
Initial concentration	- ค่าเฉลี่ย tds ในพื้นที่ศึกษา	- ข้อมูลภาคสนาม
Dispersion-Induction	- 1,000 และ 2,000 m	- การทดลองสู่ม
Wells	- pumping wells 37 บ่อ - observed wells 49 บ่อ - concentration observed wells 36 บ่อ	- Rojborwornwittaya (2011) และข้อมูลภาคสนาม

- คัดแยกข้อมูลบ่อที่ใช้ในแบบจำลองออกเป็น pumping wells และ observed wells ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 โดยตำแหน่งบ่อต่างๆจะแสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.2 ข้อมูล pumping wells

เลขบ่อ	Easting	Northing	Top screen (m)	Bottom screen (m)	Q (ลบ.ม./day)
C437	586846	1403744	25.5335	19.5335	-5
C438	592307	1406465	87.795	81.795	-5
C694	587689	1401865	-8.7367	-14.7367	-30
MU100	589375	1402213	68.2309	62.2309	-3
MU257	591873	1403387	85.642	79.642	-35
MU279	587473	1404330	-0.0585	-6.0585	-30
MU284	589460	1401991	62.2309	56.2309	-10
MU347	593673	1403653	73.371	67.371	-10
MU394	585682	1402670	10.3273	4.3273	-10
MU53	591539	1403291	85.642	79.642	-10
MU623	587025	1402745	25.5335	19.5335	-3
MU96	587156	1402703	19.5335	13.5335	-40
MU97	588545	1403302	58.8805	52.8805	-25
MU99	588013	1401739	48.2657	42.2657	-1
C474	589722	1399543	31.9972	25.9972	-5

MU114	588653	1397423	32.0086	26.0086	-40
MU117	585094	1396296	65.781	59.781	-0.04
MU128	591439	1396959	56.0832	50.0832	-40
MU314	587413	1399710	31.2929	25.2929	-5
MU315	589738	1400174	39.6883	33.6883	-5
MU316	587040	1401465	20.8725	14.8725	-
MU317	587657	1401144	42.5581	36.5581	-
MU319	584914	1400139	32.0502	26.0502	-0.5
MU321	589347	1399153	43.9972	37.9972	-2
MU325	587398	1396671	19.2617	13.2617	-40
MU328	588628	1399743	28.7521	22.7521	-40
MU337	588212	1400495	33.5581	27.5581	-40
MU339	592055	1396549	67.503	64.503	-40
MU387	588594	1400413	38.0581	32.0581	-4
MU393	586829	1399769	34.2929	28.2929	-
MU434	590075	1399074	31.9972	25.9972	-50
MU576	589764	1398926	35.9972	31.9972	-3
MU662	589218	1399417	31.9972	22.9972	-3
MU663	587703	1400454	42.5581	24.5581	-3
MU379	594139	1397380	55.2686	49.2686	-4
MU262	589957	1404549	77.66	71.66	-2
MU438	588681	1408152	35.7106	29.7106	-35
MU464	590707	1406090	56.014	50.014	-4
MU82	585282	1403253	-25.6727	-31.6727	-4
MU338	584591	1401146	37.7502	34.7502	-25



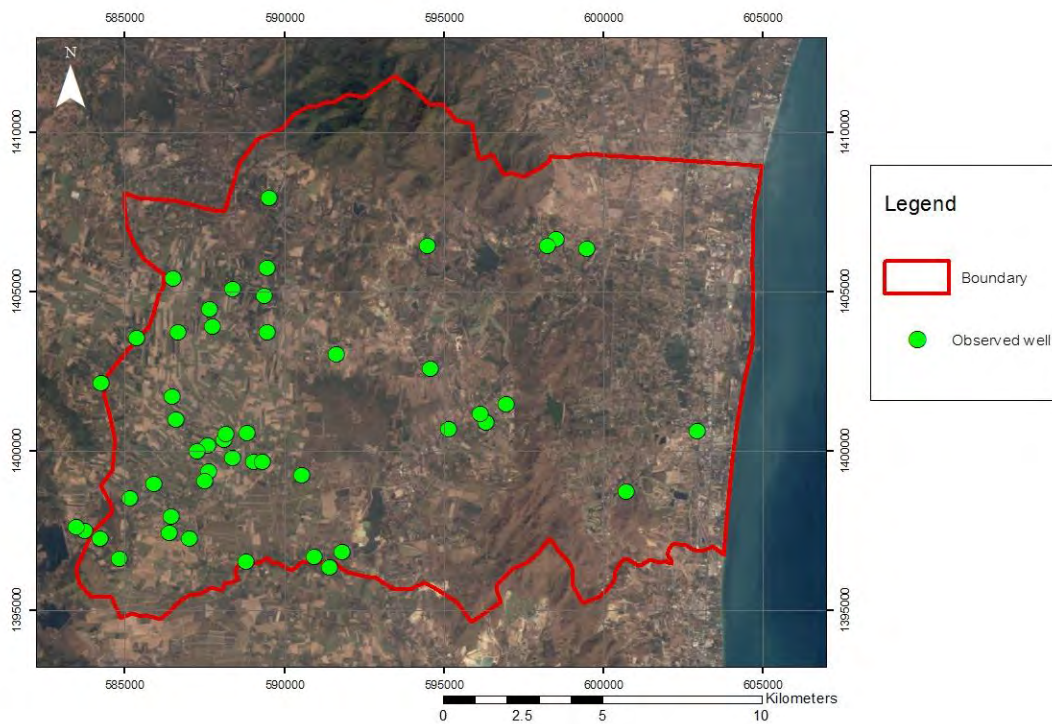
รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงตำแหน่ง pumping wells

ตารางที่ 3.3 ข้อมูล observed wells

เลขบ่อ	Easting	Northing	Z (m)	ระดับน้ำ (m)	Average screen (m)
MU287	599483	1406364	28.9756	22.6756	-14.5244
C475	586510	1405426	39.2633	30.5033	6.2633
C476	591632	1403030	115.642	105.562	82.642
MU102	587648	1404469	87.95	80.45	30.95
MU126	589533	1407935	93.0957	84.0957	57.0957
MU129	585358	1403551	34.3273	28.3273	7.3273
MU260	586652	1403724	49.5335	40.5335	16.5335
MU385	589379	1404882	119.66	117.66	92.66
MU644	587746	1403903	87.95	78.81	51.375
MU81	588391	1405073	80.7904	79.2704	52.7904
MU95	589461	1403722	114.636	108.636	48.636

C743	591410	1396373	98.0832	95.0832	59.0832
MU106	590942	1396698	98.0832	92.6832	53.0832
MU108	588845	1400588	78.5581	66.5581	39.5581
MU109	587637	1399380	79.7521	63.8521	34.7521
MU110	586616	1400981	74.4834	60.9834	29.4834
MU112	585173	1398537	123.843	123.843	84.843
MU285	589055	1399676	79.9972	71.5972	28.9972
MU311	584231	1397254	179.048	176.048	152.048
MU313	583756	1397518	209.522	198.122	164.522
MU326	588800	1396541	80.0086	68.0086	29.0086
MU435	587517	1399062	79.7521	73.7521	28.7521
MU436	586496	1401720	62.8725	50.8725	23.8725
MU443	591818	1396852	98.0832	92.0832	59.0832
MU463	588377	1399789	79.7521	67.7521	40.7521
MU465	588107	1400359	78.5581	66.5581	33.5581
MU54	590542	1399237	80.2522	71.2522	35.2522
MU572	588160	1400532	78.5581	66.5581	32.5581
MU573	587612	1400182	78.5581	63.5581	34.5581
MU574	587256	1400005	74.4834	59.4834	30.4834
MU575	589313	1399678	79.9972	67.9972	35.9972
MU577	587024	1397273	80.7617	70.7617	34.7617
MU127	594580	1402593	103.371	100.371	64.371
MU442	596315	1400908	84.0172	60.0172	39.0172
MU441	596149	1401179	84.0172	82.0172	57.0172
MU263	594501	1406431	103.366	95.866	82.366
MU599	589451	1405754	115.416	110.616	81.166
MU113	585928	1398992	94.0493	89.5493	43.0493
MU259	584826	1396624	101.781	98.181	38.781
MU318	586397	1397438	80.7617	80.4617	59.7617
MU437	584264	1402130	85.7108	79.7108	34.7108

MU439	586454	1397964	80.207	78.207	29.207
MU454	583486	1397630	209.522	205.522	158.522
C373	598516	1406647	28.9756	26.3856	1.9756
C628	602953	1400627	17.7493	16.1693	-21.2507
MU135	596966	1401483	109.524	103.524	82.524
MU190	595148	1400703	84.0172	74.4172	39.0172
MU235	600723	1398734	87.5544	81.2544	66.5544
MU747	598249	1406446	28.9756	26.9756	-9.0244



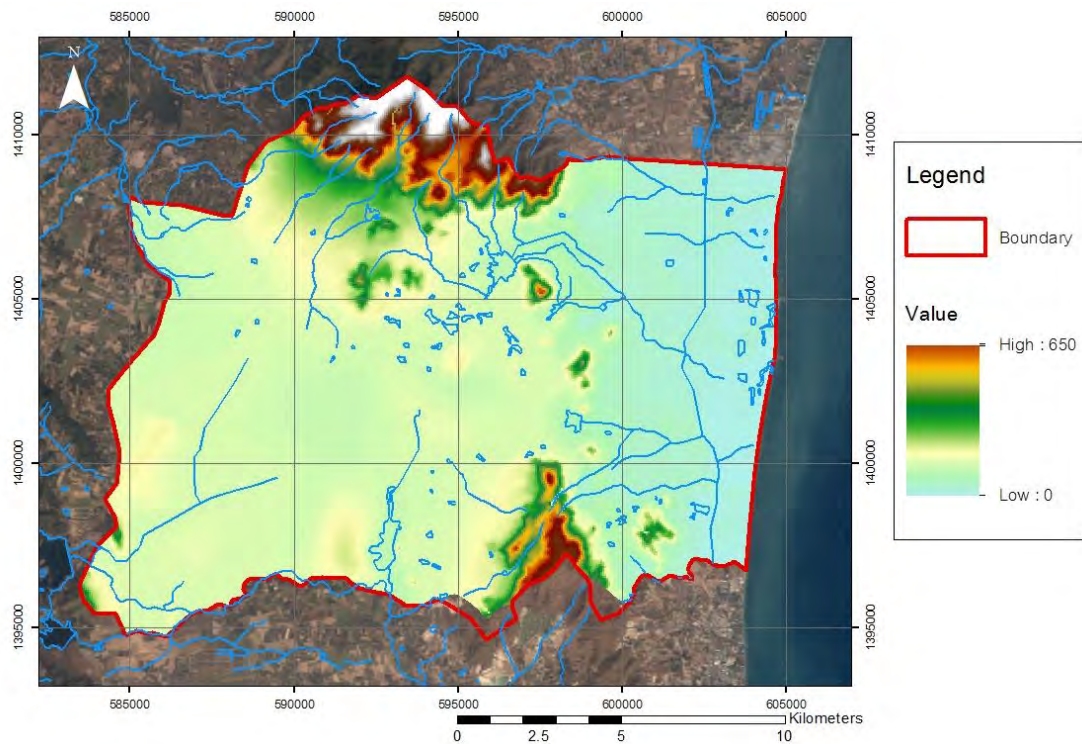
รูปที่ 3.5 แผนที่แสดงตำแหน่ง observed wells

บทที่ 4 ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัย การสำรวจและเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ข้อมูล ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา พบว่า

4.1 การวิเคราะห์ระดับความสูงต่ำ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาด้วยข้อมูลโทรสัมผัส

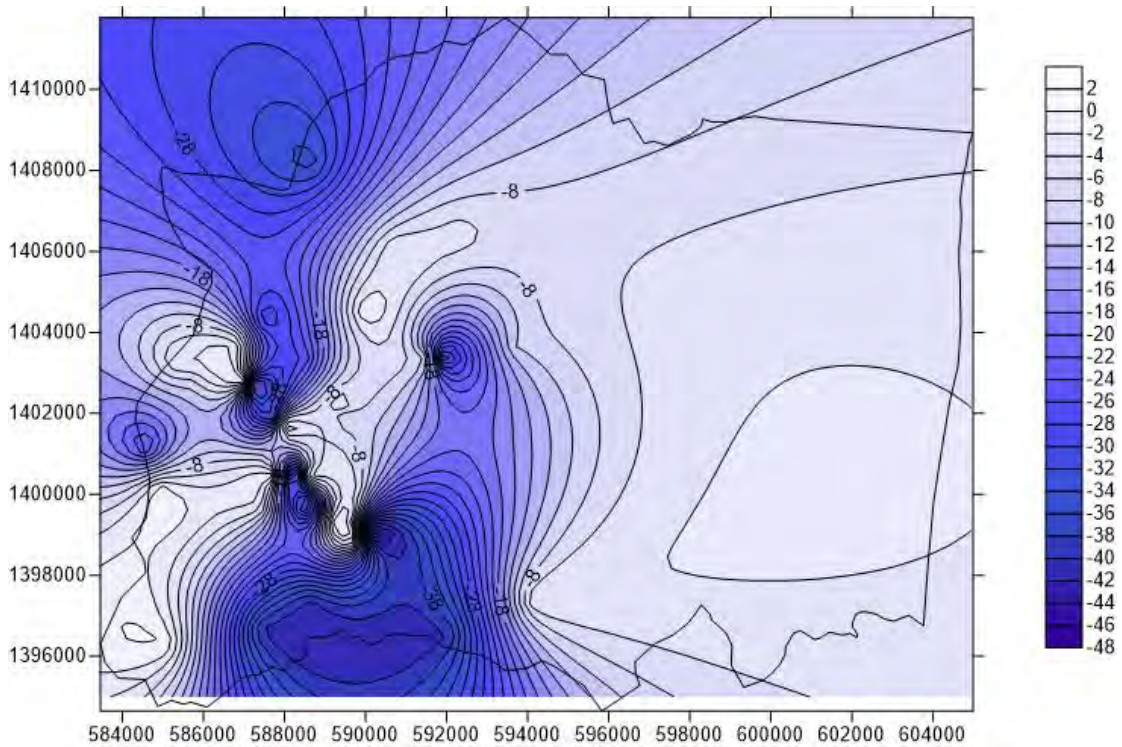
ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่ง โดยจะมีเทือกเขาวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ขนานด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ของพื้นที่ศึกษาซึ่งคาดว่าบริเวณเทือกเขานี้จะเป็นบริเวณพื้นที่เติมน้ำ(recharge area) ตรงกลางของพื้นที่จะเป็นที่ราบลุ่ม ส่วนทางด้านตะวันออกของพื้นที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ชายฝั่งติดทะเลอ่าวไทยซึ่งคาดว่าพื้นที่บริเวณนี้จะเป็นพื้นที่รับน้ำ(discharge area) ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงระดับความสูงต่ำ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา

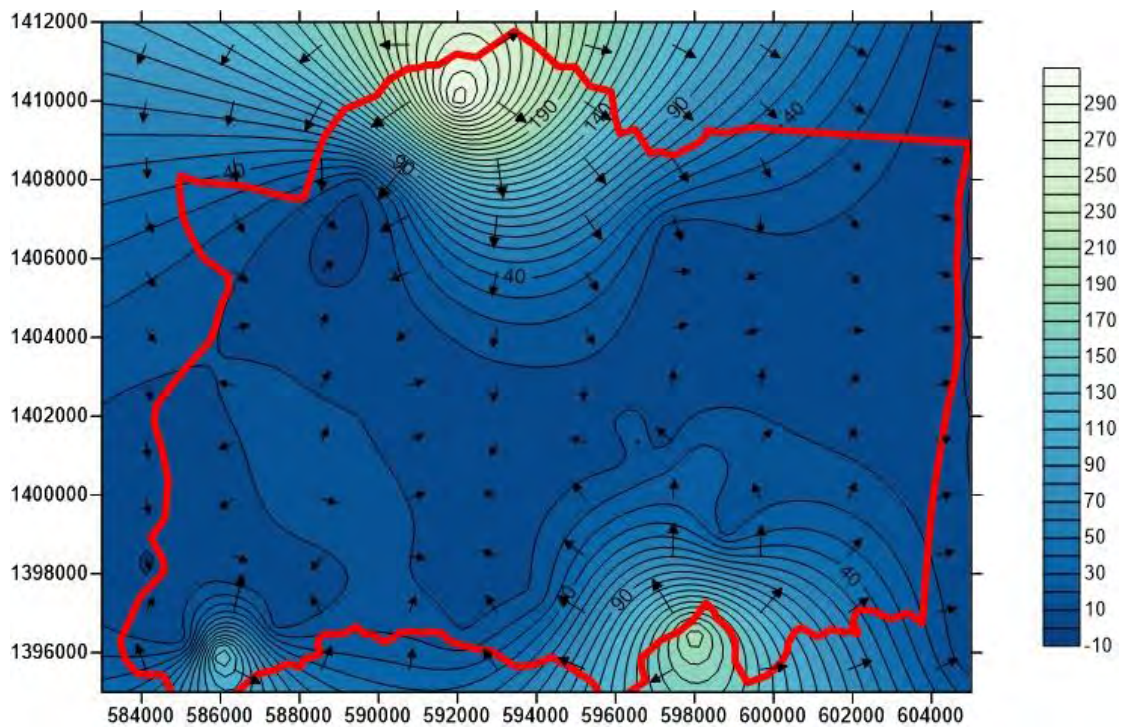
จากการรวบรวมข้อมูลความสามารถในการสูบน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมนั้นมาจากฐานข้อมูลพสุธาธา ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งเมื่อนำมา กำหนดจุดลงบนแผนที่และทำการประมาณค่าในช่วง พบว่าบริเวณที่มีความสามารถในการสูบน้ำ สูงแทนด้วยบริเวณสีน้ำเงิน อยู่บริเวณกลางแอ่งซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งข้อมูลนี้จะนำมาใช้แทนปริมาณการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงปริมาณการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา

4.3 การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

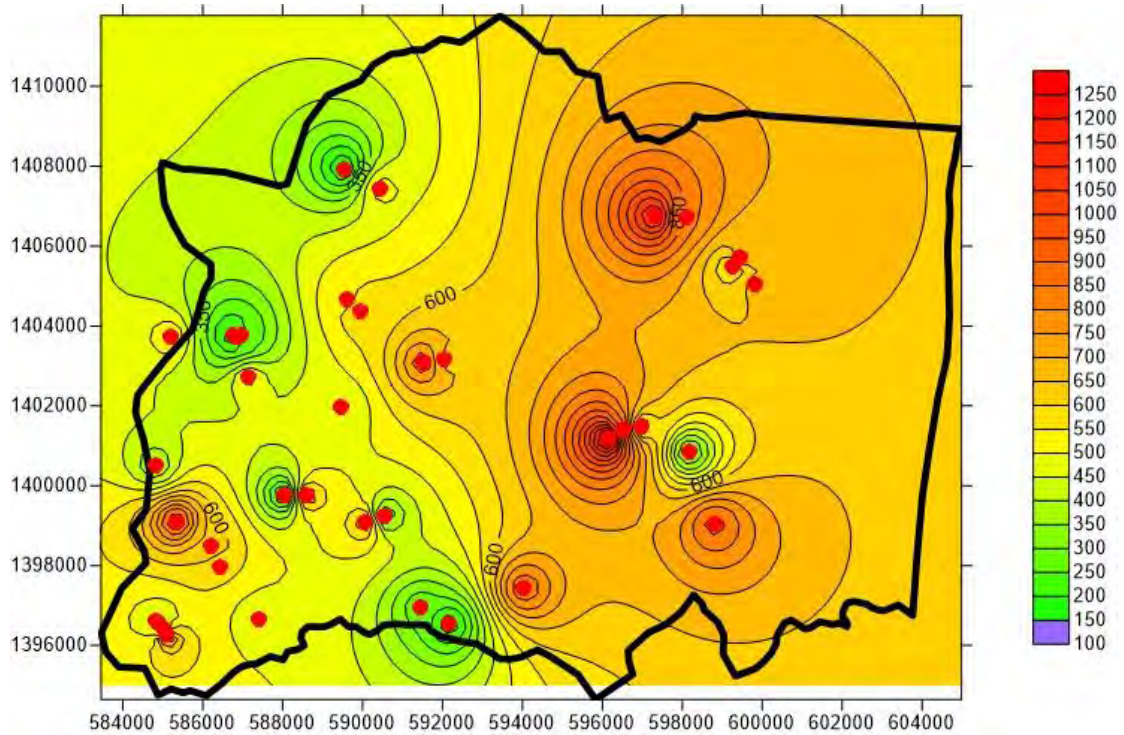
จากการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ 4 ตำบลได้แก่ ตำบล สามพระยา ตำบลห้วยทรายเหนือ ตำบลไร่ใหม่พัฒนา แลตำบลชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัด เพชรบุรี จะได้ข้อมูลระดับน้ำทั้งหมด 38 บ่อ เมื่อนำมากำหนดจุดและกำหนดค่าในช่วง พบว่า ระดับน้ำในพื้นที่ศึกษาจะเพิ่มขึ้นตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางอุทก ธรณีวิทยา และเมื่อลากทิศทางการไหลของน้ำ จะเห็นว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากพื้นที่เขา ลงสู่กลางแอ่งและมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลในทิศตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงระดับและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ปี 2557

4.4 การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ

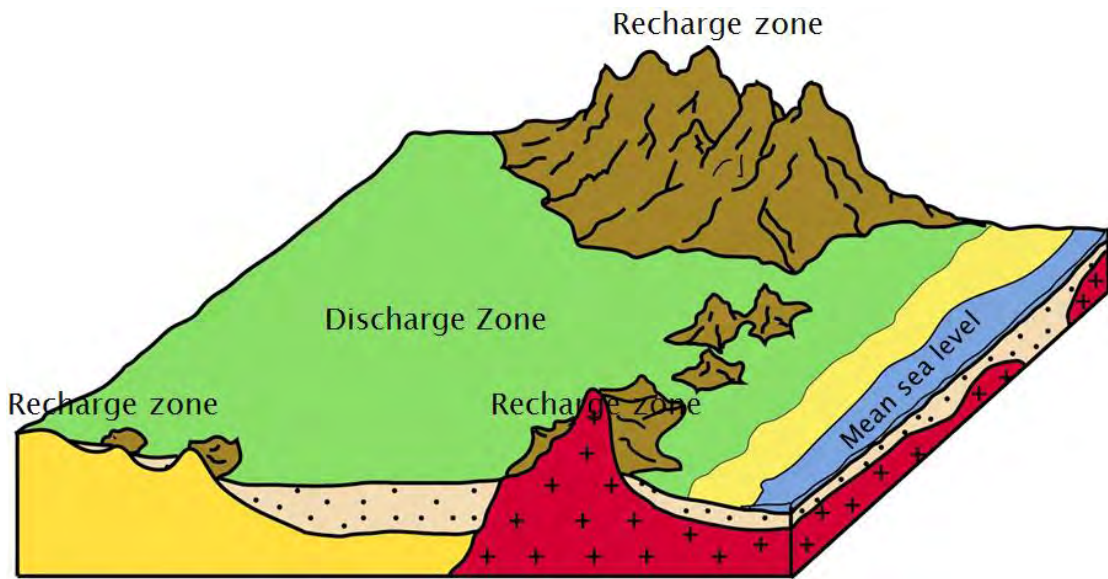
จากการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ 4 ตำบลได้แก่ ตำบลสามพระยา ตำบลห้วยทรายเหนือ ตำบลไร่ใหม่พัฒนา แลตำบลชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี จะได้ข้อมูลของแข็งละลายน้ำทั้งหมด 70 บ่อ เมื่อนำมากำหนดจุดและกำหนดค่าในช่วงพบว่าบริเวณที่มีปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำสูงจะอยู่บริเวณทางด้านตะวันออกของพื้นที่ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอาณาเขตติดต่อกับทะเล ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แผนที่แสดงปริมาณค่า TDS ปี 2557

4.5 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ทางด้านอุทกธรณีวิทยา

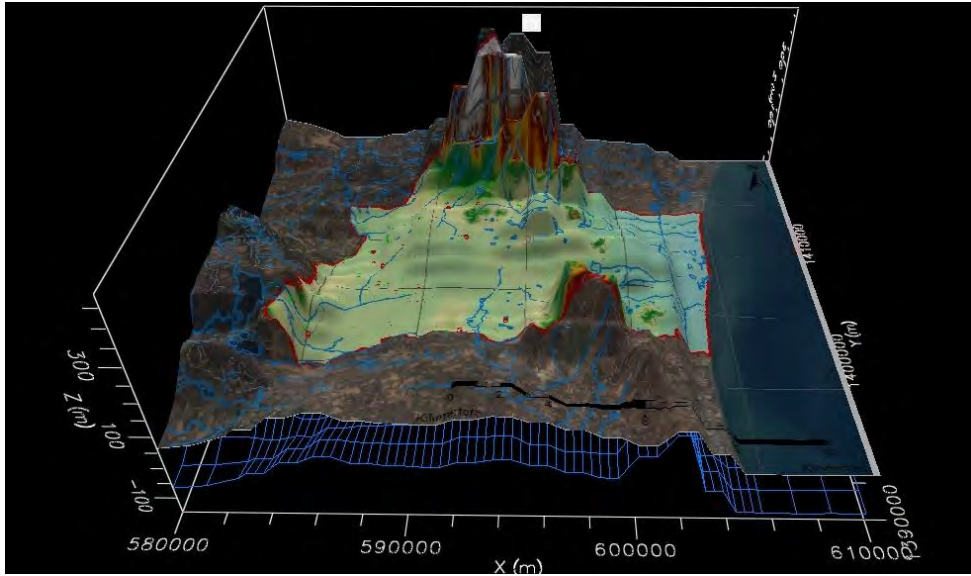
จากการศึกษาข้อมูลระดับความสูงต่ำ สภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ทำให้เข้าใจถึงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และสภาพทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่าในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยชั้นน้ำทั้งหมด 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นน้ำที่ราบลุ่มน้ำหลากและตะกอนเชิงเขา ชั้นน้ำหินชั้นกึ่งหินแปรอายุเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส และชั้นน้ำหินแกรนิตอายุครีเตเชียส และเมื่อศึกษาลักษณะพื้นที่ทางอุทกศาสตร์พบว่าบริเวณเทือกเขาทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้เป็นบริเวณพื้นที่เติมน้ำ ตรงกลางของพื้นที่เป็นบริเวณพื้นที่รับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ คาดว่าน้ำบาดาลน่าจะมีทิศทางการไหลจากพื้นที่เติมน้ำ ไหลลงสู่กลางแอ่งและมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลในทิศตะวันออก



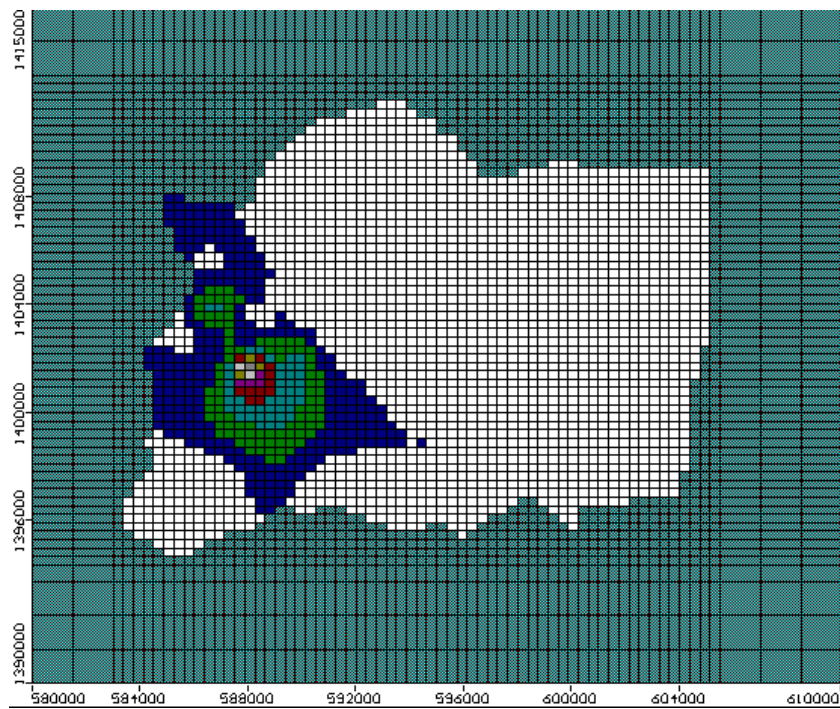
รูปที่ 4.5 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่ศึกษา

4.6 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

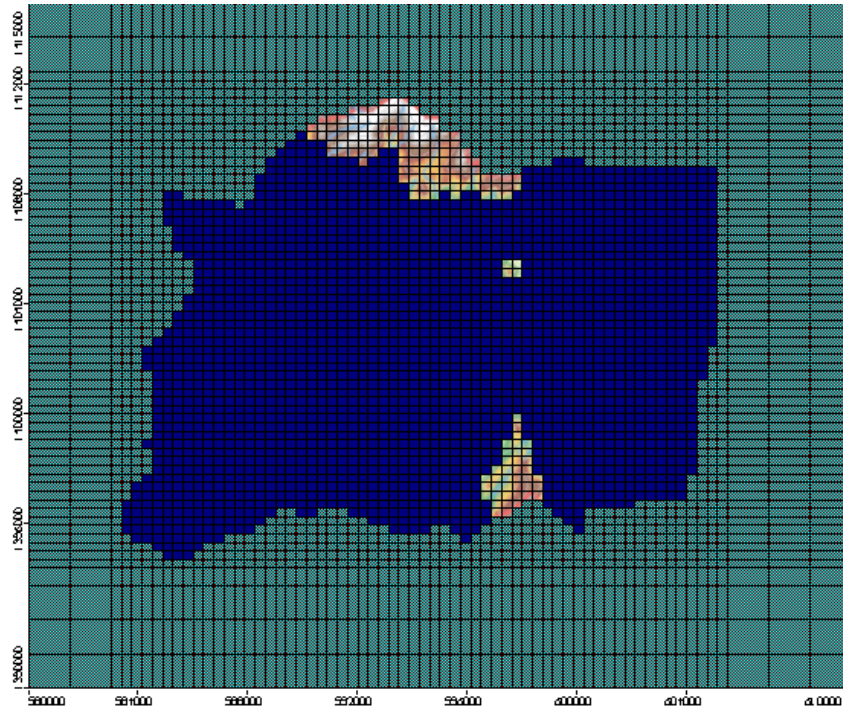
หลังจากที่ศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา สภาพทางชลศาสตร์ ของพื้นที่ และสามารถสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และสภาพทางชลศาสตร์ของพื้นที่แล้วจึงทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและประเมินแนวการรุกคืบของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น Hydraulic conductivity, Recharge rate ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ให้แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับสภาพในธรรมชาติมากที่สุด



รูปที่ 4.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4.7 การกำหนดค่า hydraulic conductivity ลงในแบบจำลอง



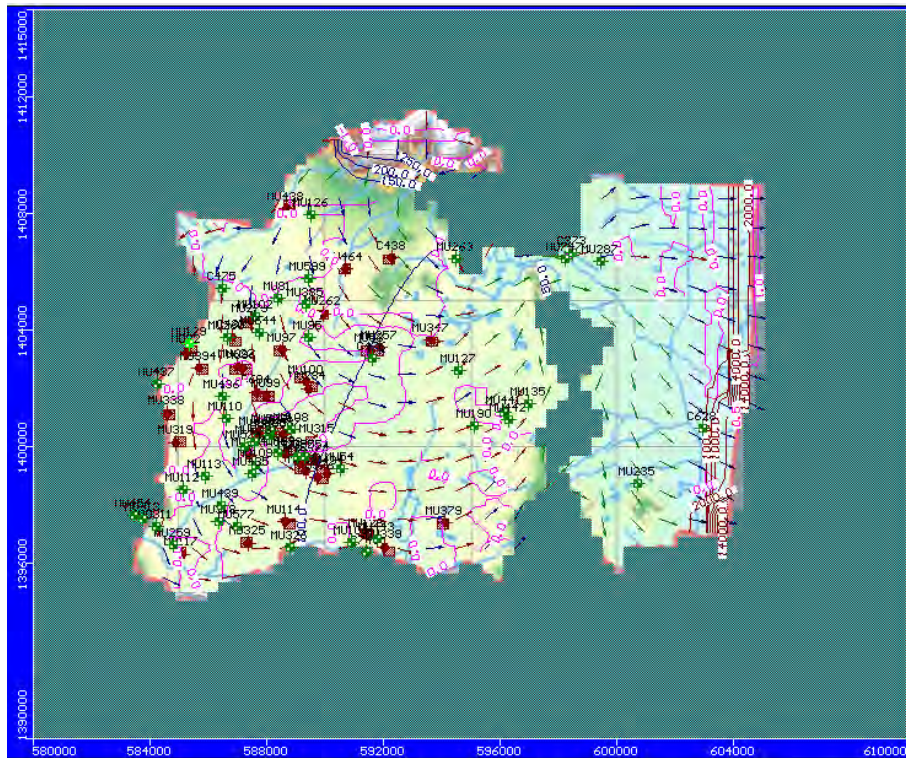
รูปที่ 4.8 การกำหนดค่า recharge rate ลงในแบบจำลอง

4.6.1 ผลการคำนวณทิศทางการไหลโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำบาดาล พบว่าผลของแบบจำลองมีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงโมโนโทนิ และ การสำรวจในภาคสนาม นั่นคือ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจะไหลจากพื้นที่เติมน้ำทางทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ ไหลรวมลงสู่พื้นที่รับน้ำบริเวณกลางแอ่ง แล้วไหลออกสู่ทะเลทางด้านทิศตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 4.9



(a)

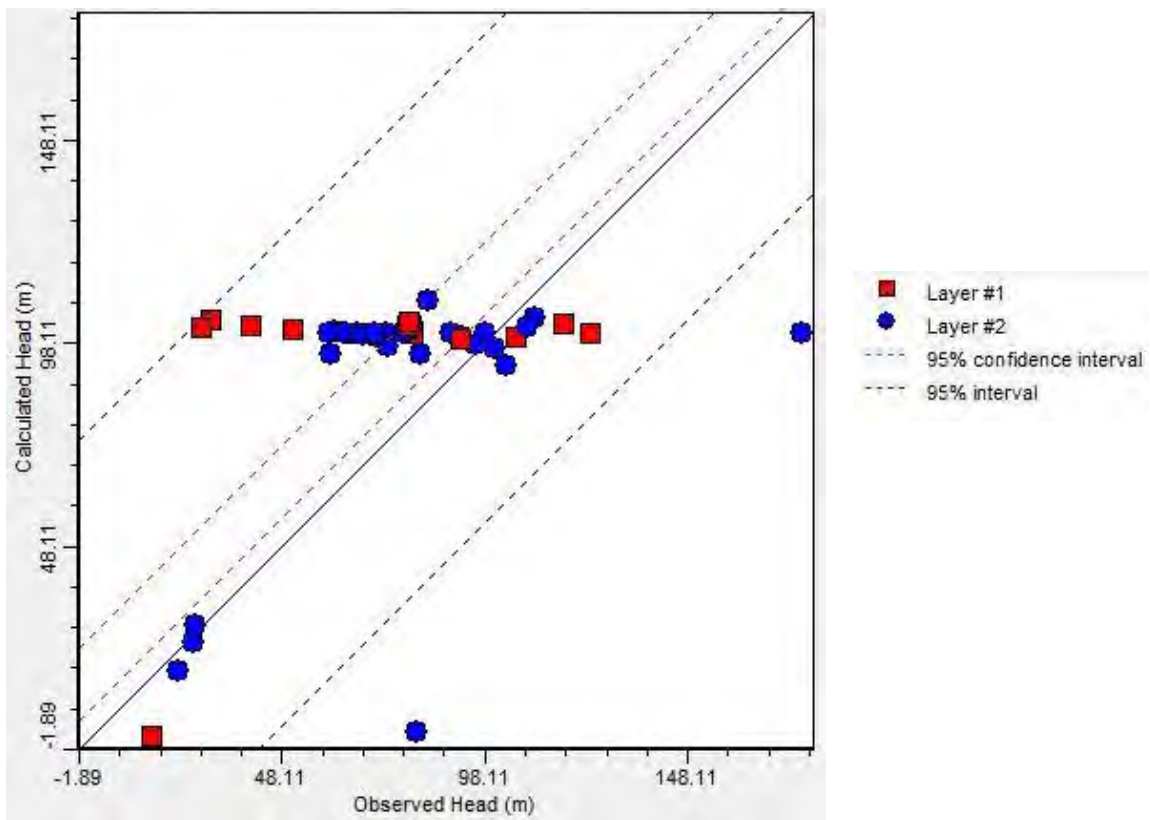


(b)

รูปที่ 4.9 ผลการคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (a) ชั้นน้ำที่ 1 (b) ชั้นน้ำที่ 2

4.6.2 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบค่าตัวแปร เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน อัตราการเติมน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากภาคสนามสอดคล้องกัน ซึ่งการปรับแก้ค่าตัวแปรจะเป็นในลักษณะลองผิด ลองถูก (trial and error adjustment) จนกระทั่งทราบช่วงของค่าตัวแปรต่างๆที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแสดงในรูปที่ 4.10 และสรุปผลการปรับเทียบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.10 ผลการปรับเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการจำลองการไหล

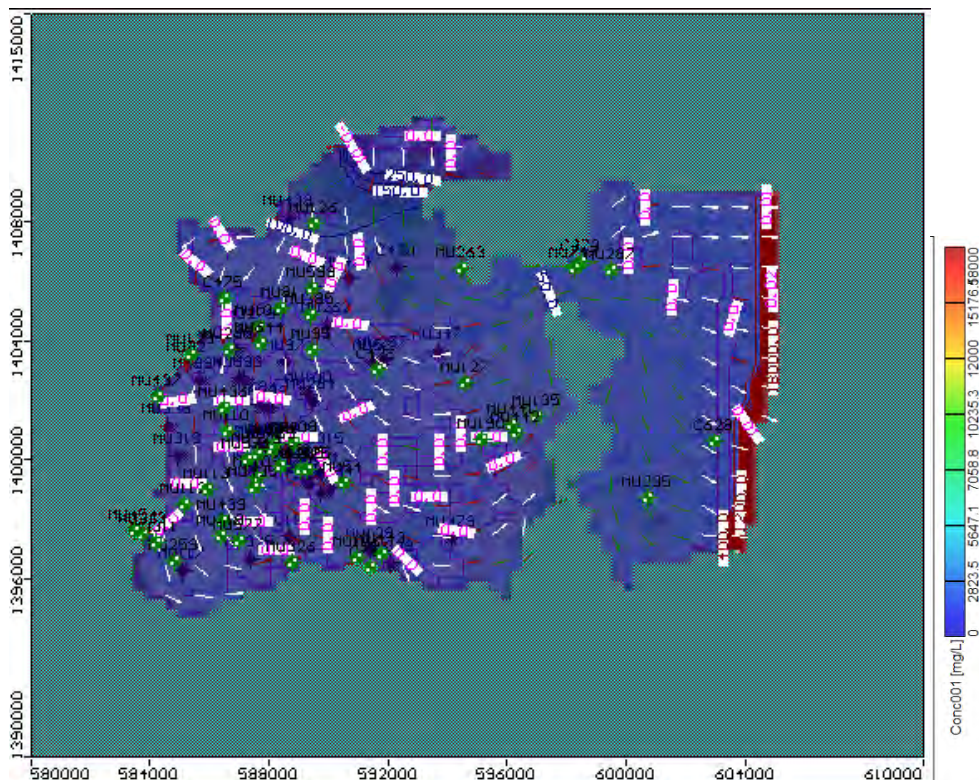
ตารางที่ 4.1 ผลการปรับเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการจำลองการไหล

Calibrated value	Result
Standard error of the estimate, m	4.402
Root mean squared, m	33.644
Normalized RMS, %	21.043

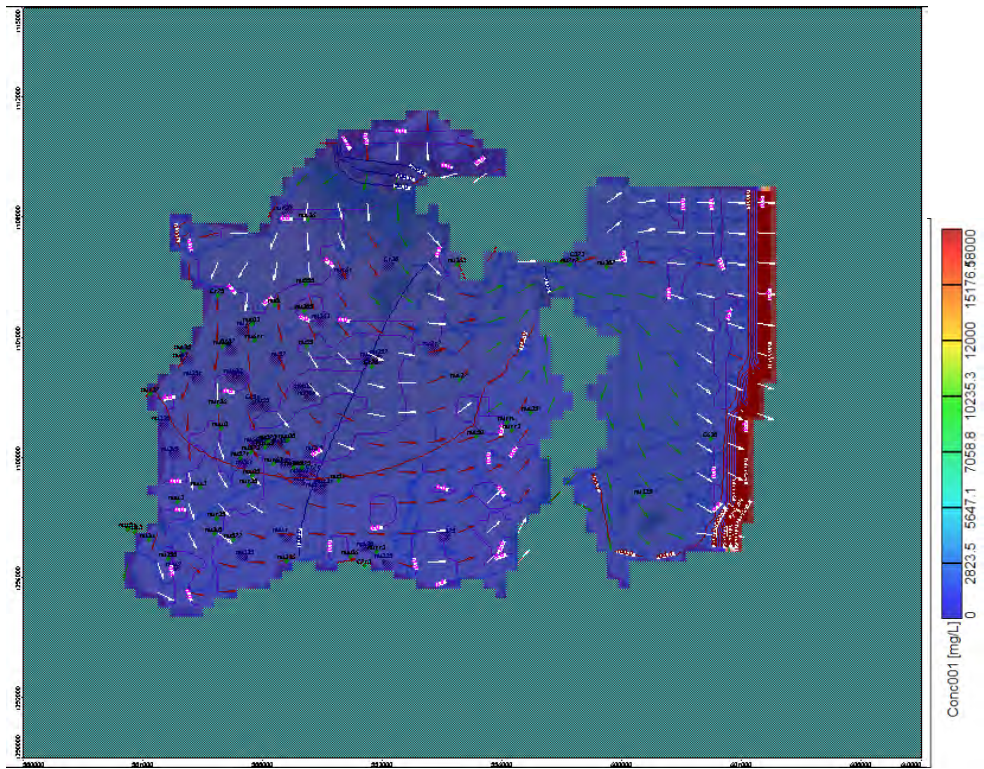
ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน ได้ค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนร้อยละ 21.043 ซึ่งเกินร้อยละ 10 นั่นคือ ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองนี้จึงมีเพียงระดับหนึ่งเท่านั้น

4.6.3 ผลการคำนวณแนวการรुकูล้ำของน้ำทะเลโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

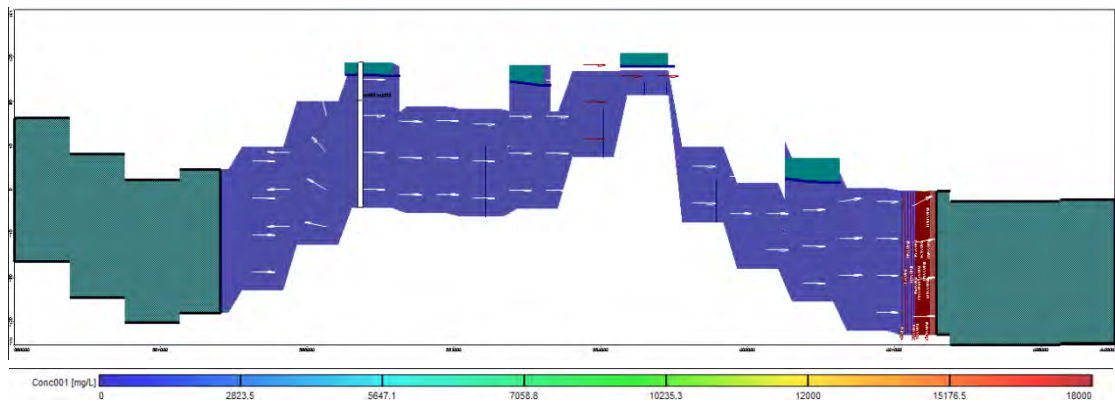
การศึกษาการรुकูล้ำของน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำเป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งใช้ข้อมูลจากบ่อบาดาลในภาคสนามจำนวน 36 บ่อ คำนวณโดยใช้อัตราการสูบในปัจจุบัน กำหนดระยะเวลา คำนวณ 1 ปี และ 20 ปี และจะเปลี่ยนแปลงค่า dispersion เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง พบว่าค่า dispersion ที่เหมาะสมคือ 2,000 m ในระยะเวลา 1 ปี การรुकูล้ำของน้ำทะเลมีขอบเขตแค่เพียงบริเวณชายฝั่งทะเล ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 แต่การคำนวณในระยะเวลา 20 ปี การรुकูล้ำของน้ำทะเลเข้าไปถึงตอนกลางของพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณค่าของของแข็งละลายน้ำที่ตรวจวัดได้ในภาคสนาม แสดงในรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.11 ผลการคำนวณแนวการรुकูล้ำของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 1,000 m

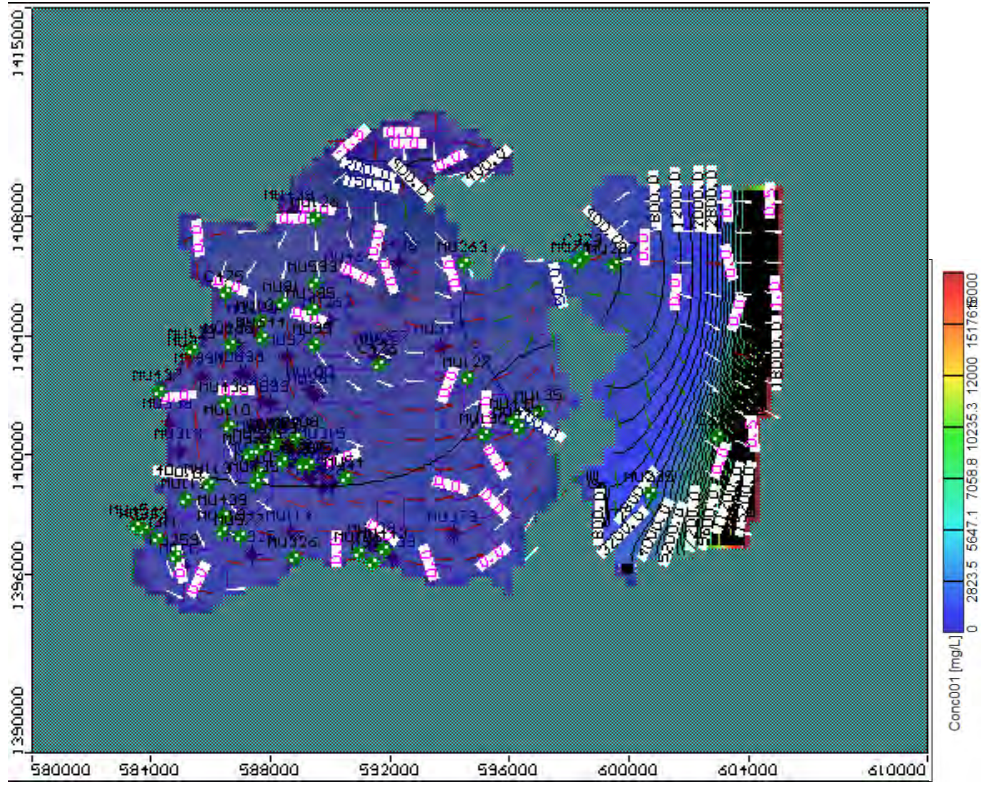


(a)

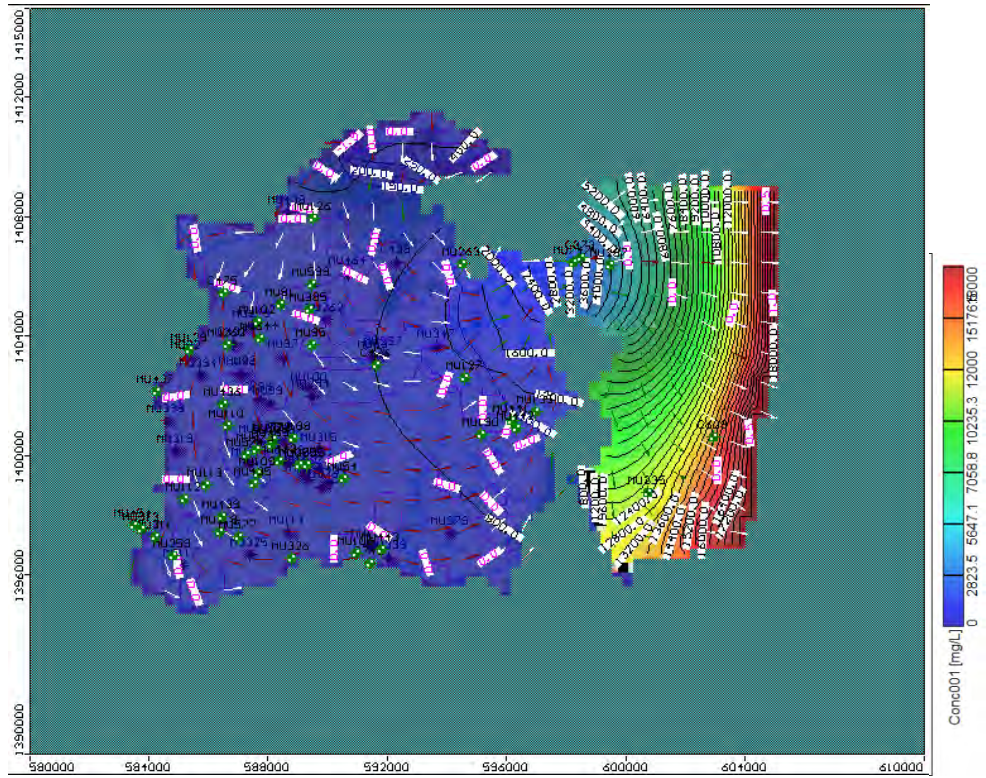


(b)

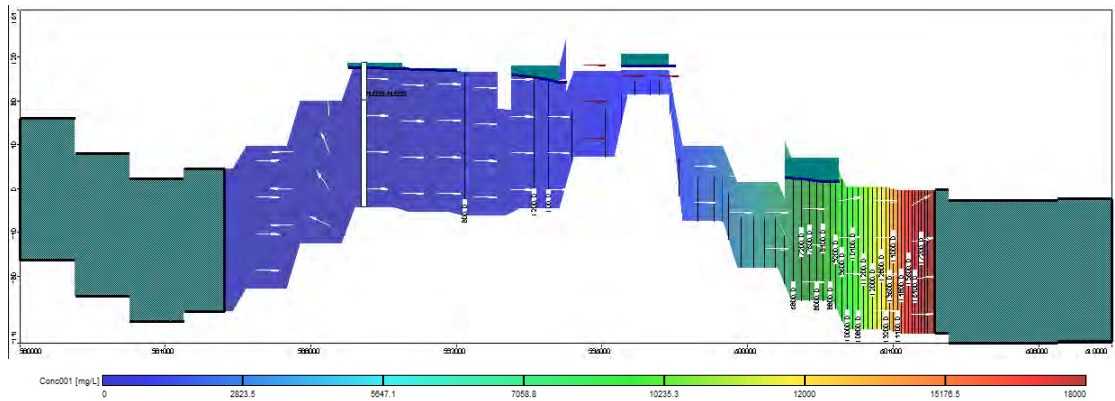
รูปที่ 4.12 ผลการคำนวณแนวการรุกตัวของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 2,000 m (a) top-view (b) cross section



รูปที่ 4.13 ผลการคำนวณแนวการรุกตัวของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 20 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 1,000 m



(a)



(b)

รูปที่ 4.14 ผลการคำนวณแนวการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล ระยะเวลา 20 ปี โดยใช้ค่า dispersion เท่ากับ 2,000 m (a) top-view (b) cross section

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาลักษณะการไหลของน้ำบาดาลและโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำบาดาลในภาคสนาม จำนวน 38 บ่อ โดยปรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง พบว่าการกำหนดสภาพขอบเขตแบบจำลองมีผลต่อความถูกต้องและแม่นยำในการจำลองมาก โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่เติมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านมีผลต่อแบบจำลองค่อนข้างมาก โดยค่าที่เหมาะสมในแต่ละบริเวณจะมีค่าไม่เท่ากันคำนวณจากข้อมูลแต่ละบ่อ และอัตราการเติมน้ำที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองนี้คือ การกำหนดให้มีอัตราการเติมน้ำบริเวณพื้นที่เติมน้ำเท่านั้น โดยมีค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 40 มิลลิเมตร ต่อ ปี

การศึกษากการแพร่กระจายตัวของน้ำทะเลที่รุกล้ำเข้าไปสู่พื้นที่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำจากบ่อบาดาลในภาคสนามจำนวน 36 บ่อ เป็นตัวบ่งชี้ คำนวณโดยใช้อัตราการสูบน้ำในปัจจุบัน กำหนดระยะเวลาคำนวณ 1 ปี และ 20 ปี และจะเปลี่ยนแปลงค่า dispersion เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง พบว่า ค่า dispersion ที่เหมาะสมคือ 2000 m ซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายตัวของสารละลาย ซึ่งค่าที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่คือ 0.1L

5.2 สรุปผลการศึกษา

จากการสำรวจบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาโดยเก็บข้อมูลระดับน้ำได้ 38 บ่อ ข้อมูลของแข็งละลายน้ำ 36 บ่อ พบว่าระดับน้ำในพื้นที่ศึกษาจะเพิ่มขึ้นตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และเมื่อลากทิศทางการไหลของน้ำ จะเห็นว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากพื้นที่เขาสูงสู่กลางแอ่งและมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลในทิศตะวันออก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ และบริเวณที่มีปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำสูงจะอยู่บริเวณทางด้านตะวันออกของพื้นที่ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอาณาเขตติดต่อกับทะเล

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ นั่นคือมีลักษณะพื้นที่ทางอุทกศาสตร์บริเวณเทือกเขาทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ นั้นเป็นบริเวณพื้นที่เติมน้ำ ตรงกลางของพื้นที่เป็นบริเวณพื้นที่รับน้ำ

ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลที่แบบจำลองคำนวณได้มีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจากการสำรวจ นั่นคือ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจะไหลจากพื้นที่เติมน้ำทางทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ ไหลรวมลงสู่พื้นที่รับน้ำบริเวณกลางแอ่ง แล้วไหลออกสู่ทะเลทางด้านทิศตะวันออก เป็นไปตามลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน ได้ค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนร้อยละ 21.043 ซึ่งเกินร้อยละ 10 นั่นคือ ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองนี้จึงมีเพียงระดับหนึ่งเท่านั้น

การคำนวณในระยะเวลา 20 ปี การรुक้าของน้ำทะเลเข้าไปถึงตอนกลางของพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณค่าของของแข็งละลายน้ำที่ตรวจวัดได้ในภาคสนาม

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่ ประกอบกับลักษณะทางด้านอุทกธรณีวิทยาและชั้นน้ำบาดาลที่มีความซับซ้อน สำหรับการศึกษาคั้งนี้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่มีจำกัด การรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาจึงอาจไม่เพียงพอหรือตรงกับความเป็นจริงมากนัก ดังนั้นความน่าเชื่อถือของแบบจำลองนี้จึงมีเพียงระดับหนึ่งตามข้อจำกัดของข้อมูล การเพิ่มความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการเก็บข้อมูลเพิ่มทั้งในด้านปริมาณและความละเอียด ดังข้อเสนอแนะต่อไปนี้

1. การกำหนดสภาพขอบเขตแบบจำลองมีผลต่อความถูกต้องและแม่นยำในการจำลองมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่เติมน้ำควรมีการเก็บข้อมูลระดับน้ำให้มีความละเอียดยิ่งขึ้น
2. การเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านมีผลต่อแบบจำลองค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาข้อมูลทางชลศาสตร์เพิ่มเติมเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านทั้งในแนวราบและแนวดิ่งของชั้นหินอุ้มน้ำแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้องมากขึ้น
3. เพิ่มจำนวนบ่อสังเกตการณ์ให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูล
4. การขาดข้อมูลการใช้น้ำบาดาลที่แท้จริง ทำให้การประเมินการใช้น้ำทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาอาจยังไม่ถูกต้อง จึงควรมีการศึกษาปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพื้นที่ศึกษา

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม

No.	รหัสบ่อ	x	y	Ground to water level (m)	Depth (m)	Elevation (m)	TDS (mg/L)	remark
1		599498	1406363			38	312	บ่อโยก
2		598113	1406737	4.92		47	804	บ่อเปิด ใกล้กับอ่างเก็บน้ำบ้านอ่างหิน
3		397987	1406226	14.7	30	52	623	บ่อกรมทรัพย์พยากกรน้ำ 2556
4	540BD002	596963	1406898		140	60	748	บ่อกรมทรัพย์ สวนสมเด็จพระยา
5	S40BD001	597014	1407154		102	58	519	บ่อกรมทรัพย์ สวนสมเด็จพระยา
6		597307	1406745	5.3		49	1111	บ่อ อบต.
7	DCD14826	599000	1406079		29	32	754	
8		599467	1405732	5.9	100	28	694	บ่อเลี้ยงไก่
9	PCR9	599255	1405480	4.27		33	516	บ่อโยก ตรงข้ามบ้านจิตปลื้ม
10	จ1642	599832	1405039	6.7		31	665	ตรงข้ามบ้านแยมถนนอม
11	MU126	589532	1407940	3.08	39	81	151	บ่อโยกที่ทำกรหมูบ้าน
12	MU438	588687	1408155		42	71	743	ร.ร. บ้านหนองขาม
13	DOH11453	589641	1406387			67	1130	บ่อโยก
14	DCD14836	589953	1404379	4.6		56	611	

15		589958	1404555		58	7.91	897	
16		591719	1403322			48	661	ศาลารีนเชิงชัย
17	MU624	591521	1403091	2.5	60	52	797	บ่อเปิด มีตะกอน
18		587472	1404329			45	777	บ้านบ่อหลวง
19	MU97	588553	1403307		31.5	44	524	
20	MU288	587787	1402668		44	30	367	บ้านทุ่งญวน
21	MU96	587135	1402704	12.9	36	46	524	บ่อเก่าทรัพย์สินธรณี
22		586940	1403763	8.5		44	308	ร.ร. บ้านหนองม่วง
23	MU82	585283	1403251		66	63	499	ศาลาบ้านบ่อหลวง
24		585204	1403718	10.7		69	546	ในปากกล้วย
25	MU338	584593	1401148		43.5	80	635	บ่อกรมทรัพย์สินธรณี
26	DCD14793	585338	1399103	2.3		82	905	บ่อเปิด
27	จ1660	586222	1398488	3.31	24	78	655	บ้านลุงขอบ
28	MU439	586449	1397967	2.9	54	78	551	
29		586371	1397729		23	78	638	
30	MU259	584826	1396622	3.9	66	83	494	ข้างบ่อมีกรวยแตก
31		585022	1396418	4.5		83	96.4	บ่อเปิดกรมทรัพย์สินธรณี
32	MU117	585095	1396295	3	42	76	964	บ่อศาลพระภูมิ

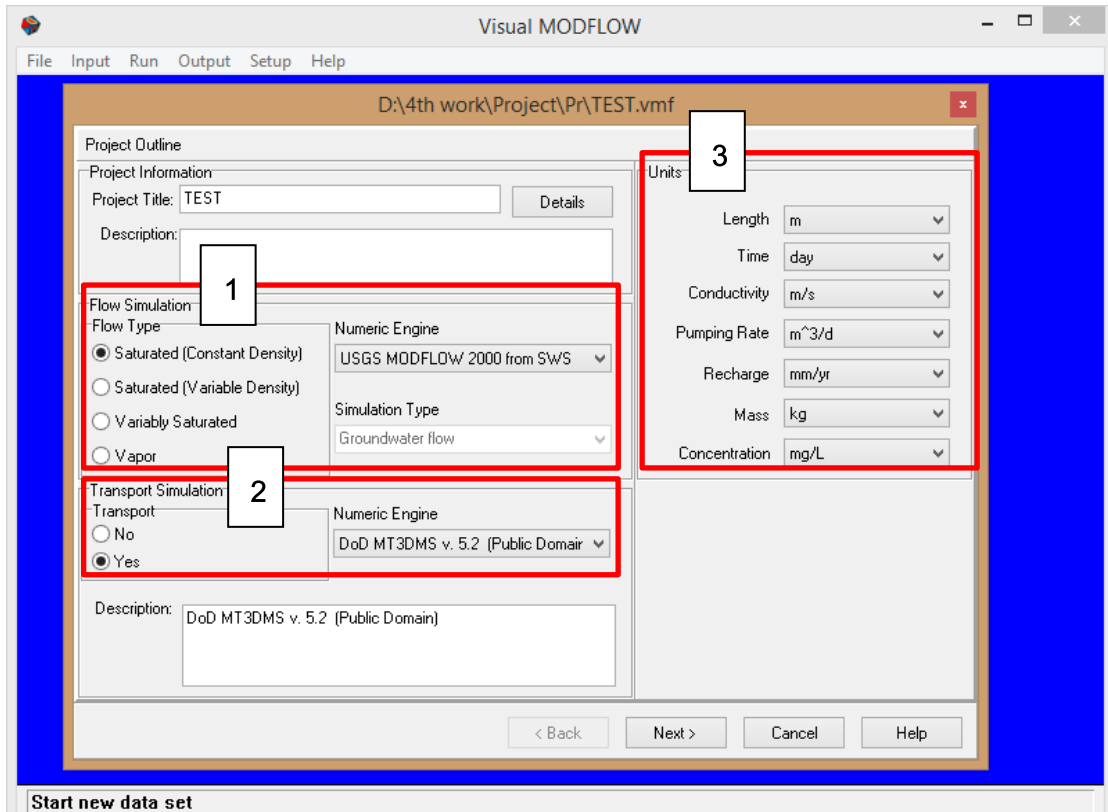
33		587401	1396671	4.9		68	443	
34		588011	1396596		24	70	524	
35	5508B036	592158	1396541	9.18	56	57	170	
36	MU339	592058	1396545		39	58	349	บ้านไร่แดง
37		591442	1396959	12.5		59	266	
38	MU116	590554	1396559		42	62	411	บ่อกรมทรัพย์นากรรณี
39	MU54	590537	1399238	12.3	48	65	290	
40	MU434	590076	1399079	14.7	54	66	650	บ้านหนองเขื่อน ข้างต้นปาล์ม
41	MU328	588622	1399744	57	73	7.26	647	
42	C694	587684	1401848		54	65	604	
43	MU316	586713	1401773		48	69	545	บ้านเข้างามชน
44	PW1045	586924	1400299			76	668	ข้างอ่างเก็บน้ำหุบโป่ง
45		587075	1401092			73	481	บ้านลุงจำรัส
46	DOH11443	586661	1400202			76	681	สถานีอนามัยบ้านไร่พัฒนา
47	5508C020	588043	1399776	18.4	45	71	172	flow to cell
48	MU284	589457	1401987	10.2	42	65	445	บ่อชาวน้ำ
49	DCD14818	594686	1402460			59	289	ค่ายรถซี่ข้างทอง
50		596517	1401418	25.05		62	871	หมู่บ้านหนองข้าวนก

51		596152	1401178	4.9		61	1290	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก
52	516-24/2	594989	1400234		260,	62	2490	
53	5208C002	594036	1397437	12.75	80	67	842	ร.ร. ราชประชานุเคราะห์
54	MU135	596969	1401483	2.45	30	58	486	บ่อโยก น้ำขุนแดง
55		599104	1399703			48	716	หมู่ 1 ต.สามพระยา
56		598802	1399036	15.7		51	867	
57		598877	1398806			49	1110	หมู่ 1 ต.สามพระยา
58		592052	1403159	6.5		52	633	
59	จ1652	589601	1404682	3.6		63	533	บ้าน ผญ.สนิท
60		590454	1407451	22.7		55	521	
61		590153	1407411			96	420	บ้านเลี้ยงหมู
62		586768	1403761	9.15		56	128	flow to cell
63		584828	1400505	3.2		86	355	
64	MU319	584915	1400140		52.2	87	479	ไร่ใหม่พัฒนา
65		598538	1404566			50	380	ศูนย์ห้วยทราย
66		597963	1404434			56	332	ศูนย์ห้วยทราย
67	5508B035	586837	1403728	8.95	50	55	176	ป่อสังเกตการณ์ ร.ร. บ้านบ่อหลวง
68	5508B034	586837	1403728	9.1	120	55	150	ป่อสังเกตการณ์ ร.ร. บ้านบ่อหลวง

69		598163	1400838	28		59	278	ศูนย์หน่วยทราย วิจัยการเกษตร
70		599871	1401097			38	291	ป่าบก

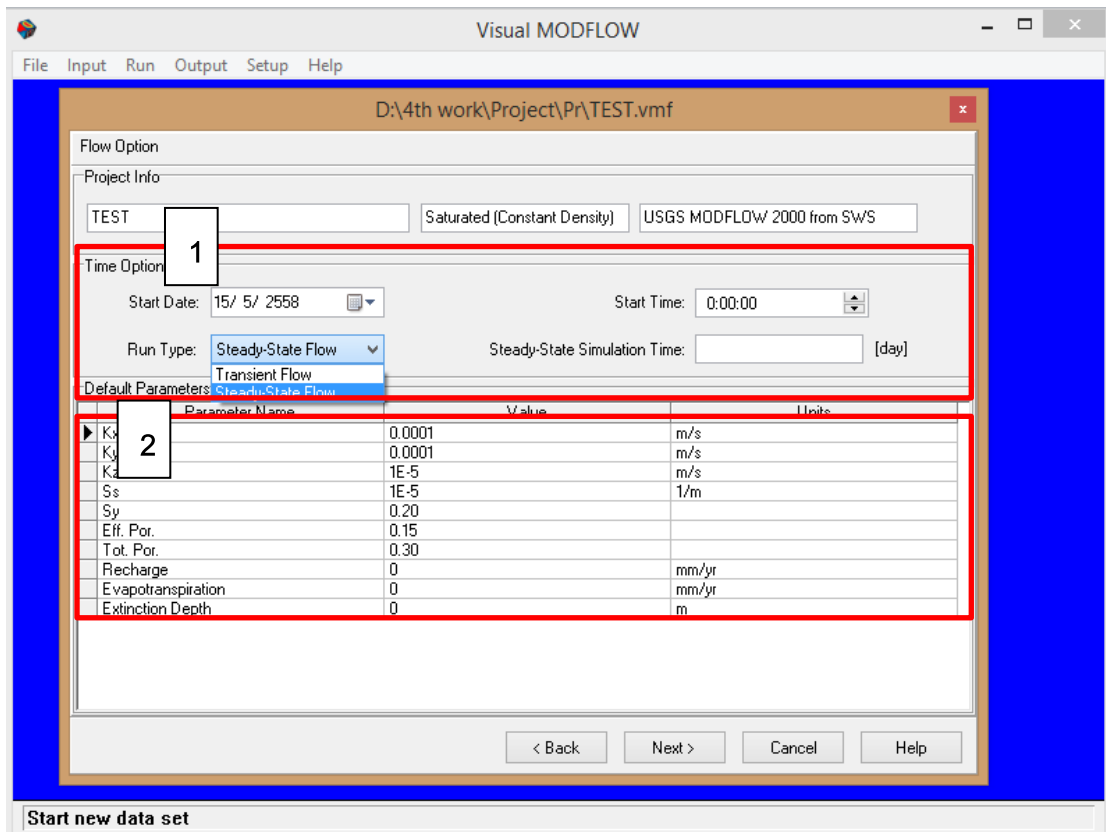
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Visual MODFLOW

- หลังจากสร้างโปรเจ็คขึ้นมา ก็จะเข้ามาที่หน้าต่างนี้



1. เลือกว่า โปรเจ็คของเราจะใช้ Flow แบบไหน
2. มีการ transport ของสารละลายหรือไม่
3. ตั้งค่าหน่วยที่ต้องการ

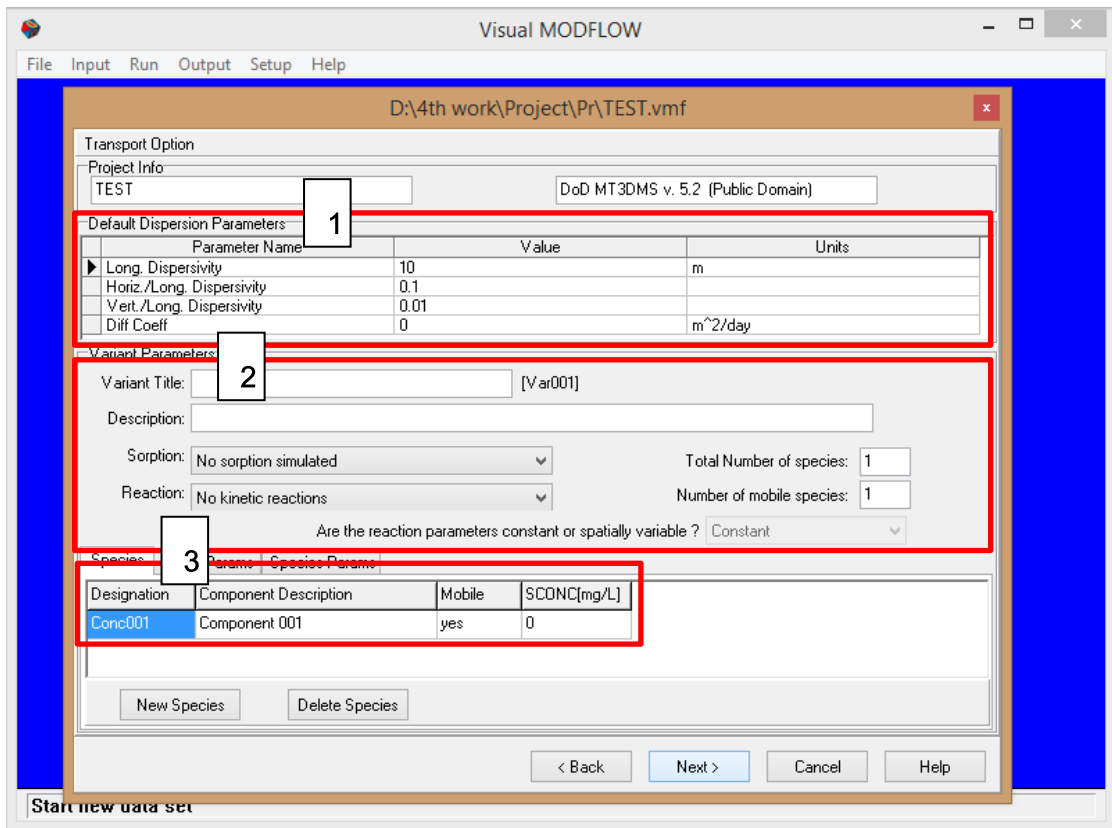
- กด Next



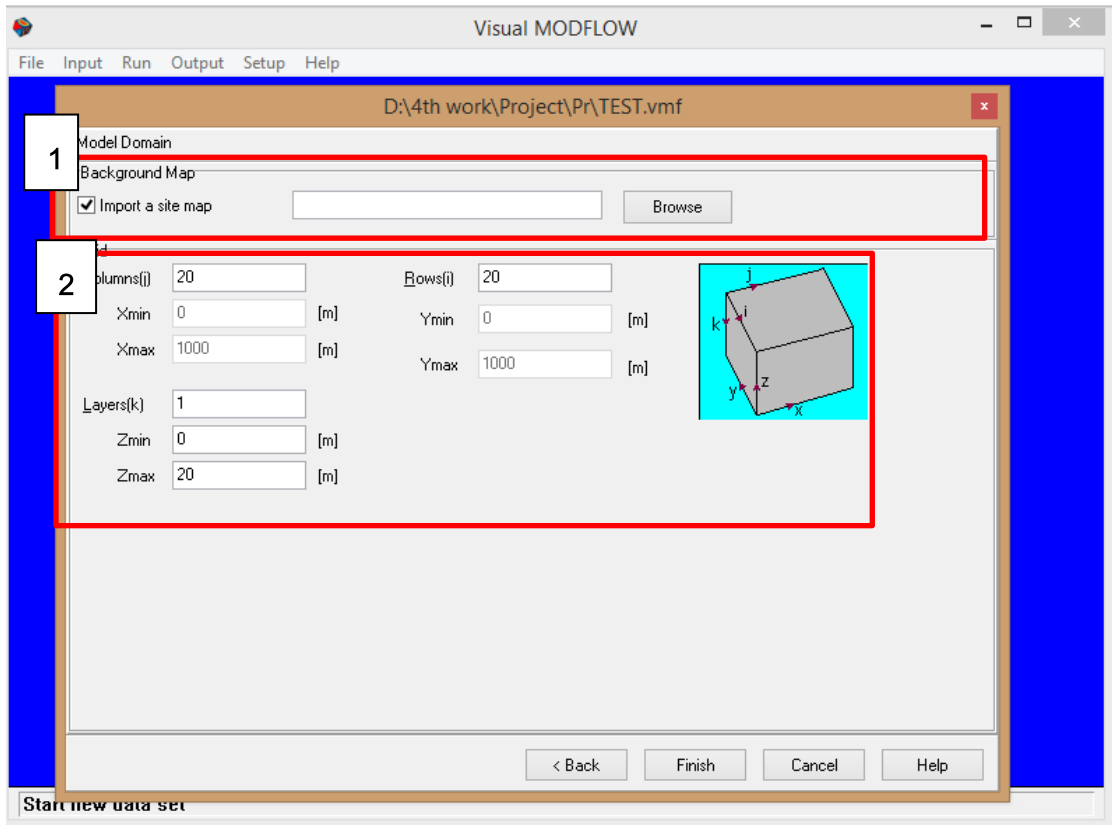
1. เลือกชนิดการ run และกำหนดช่วงเวลาในการ run

2. กำหนด Default Parameters

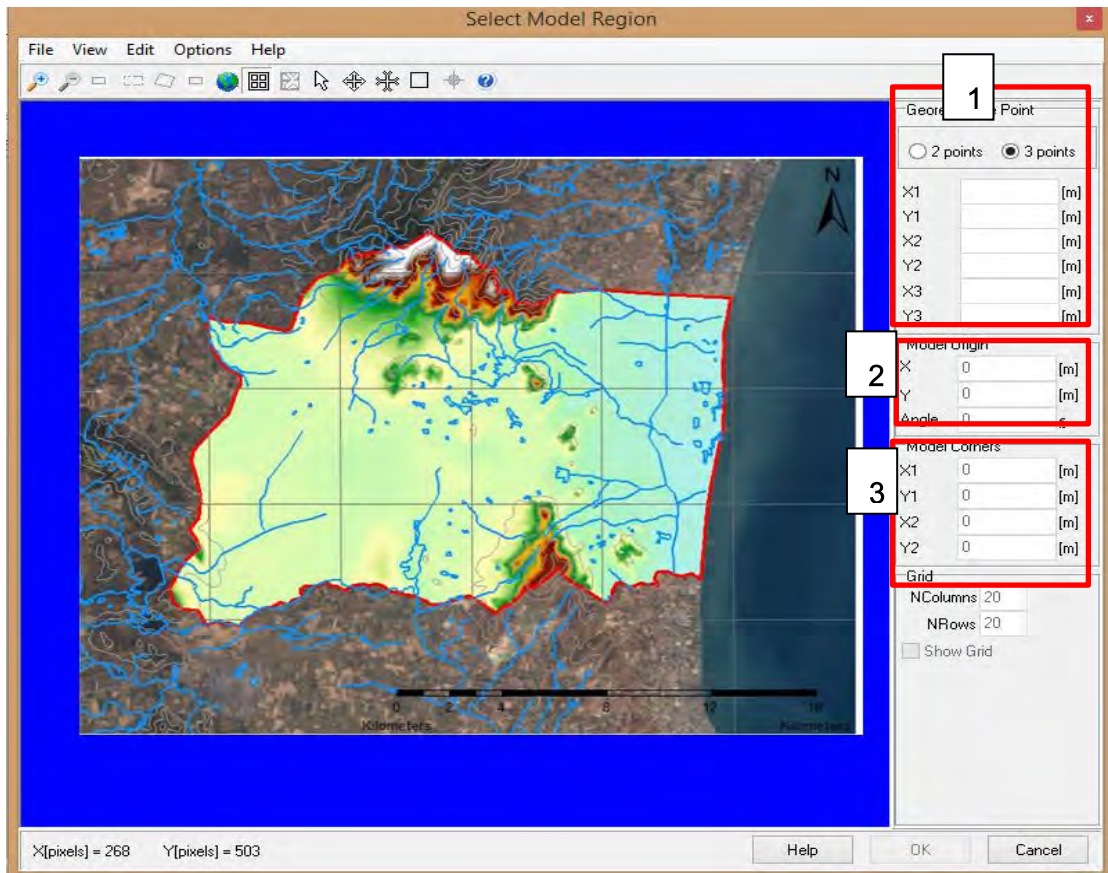
- กด Next



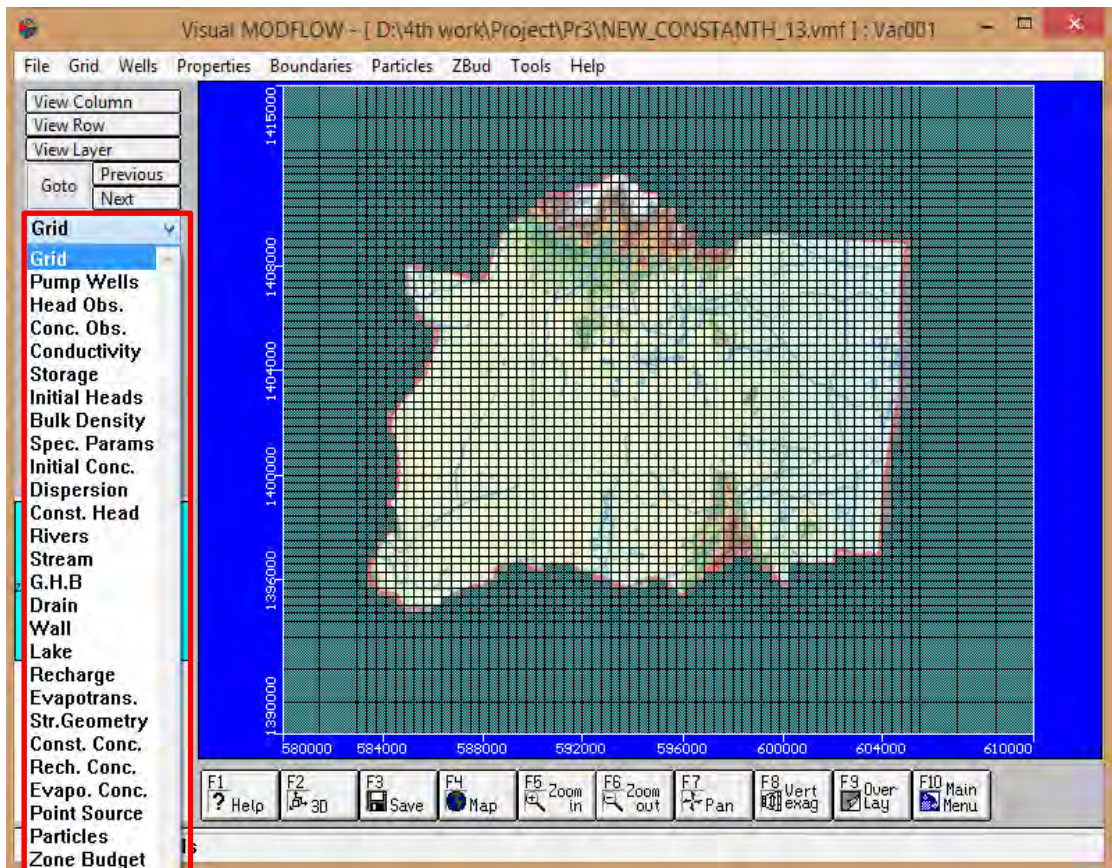
1. กำหนด Default Parameters เกี่ยวกับการแพร่ (กำหนดค่า Long Dispersivity ==> 0.1L ; L = ความยาวพื้นที่)
 2. สร้างโมเดลอย่างง่าย กำหนด no sorption, no reaction
 3. กำหนดความเข้มข้นของสารละลาย [mg/L]
- กด Next



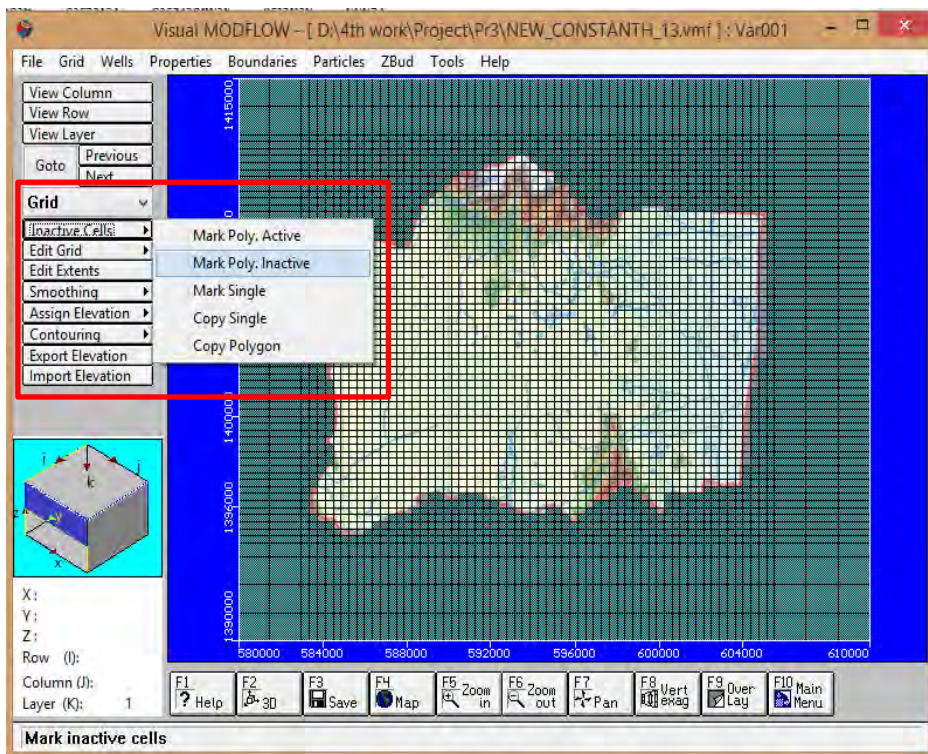
1. ใส่ Background map
 2. กำหนด grid ของ model, จำนวน layers, ความหนาสูงสุดของ layer
- กด Next



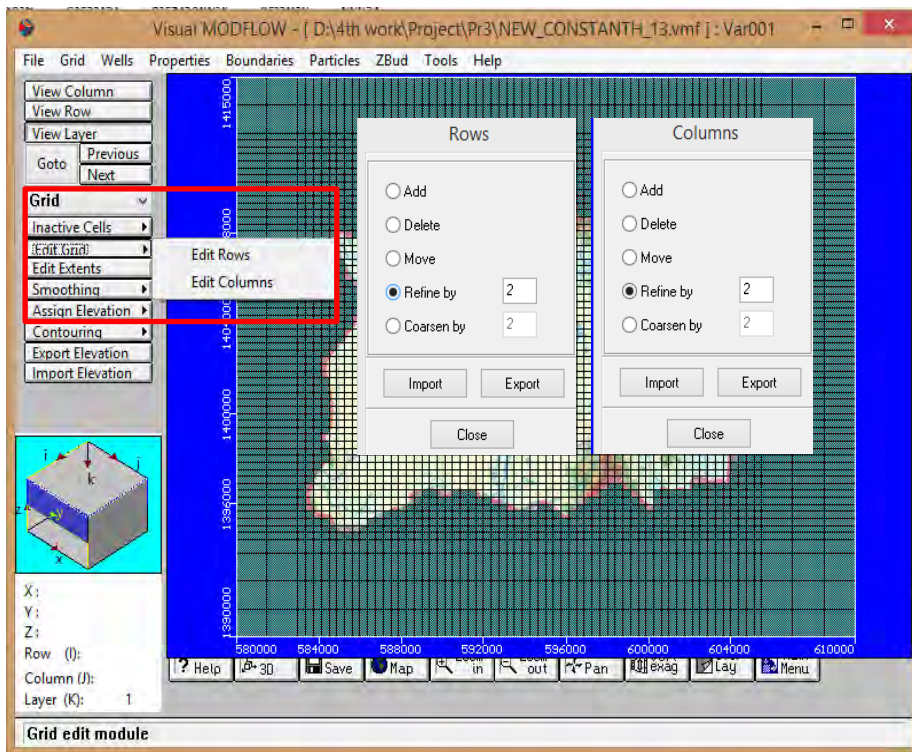
1. Georeference : define projection 3 จุด
 2. กำหนด grid UTM ที่จุด origin (มุมซ้ายล่าง)
 3. กำหนด grid UTM ทั้งสี่มุมของพื้นที่
- กด OK



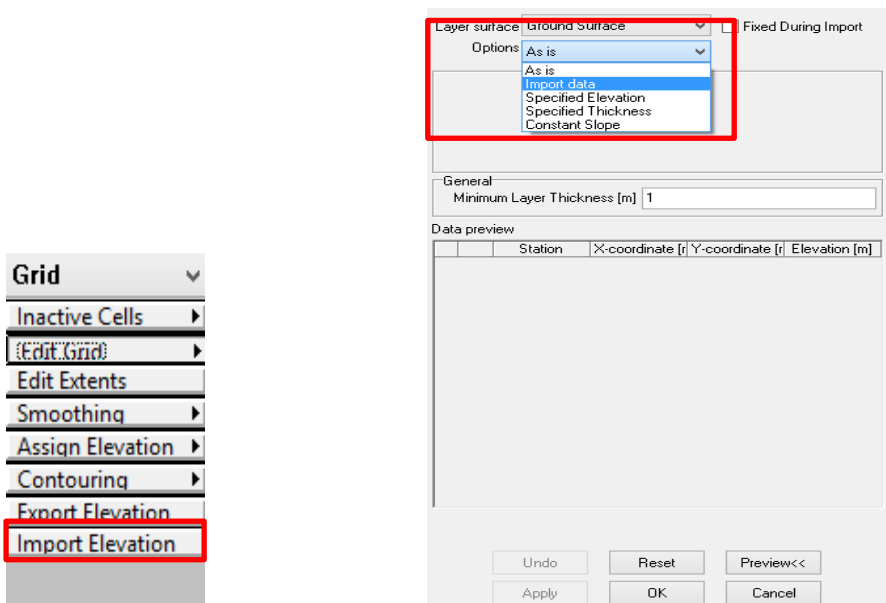
- Input parameters ต่างๆลงไป



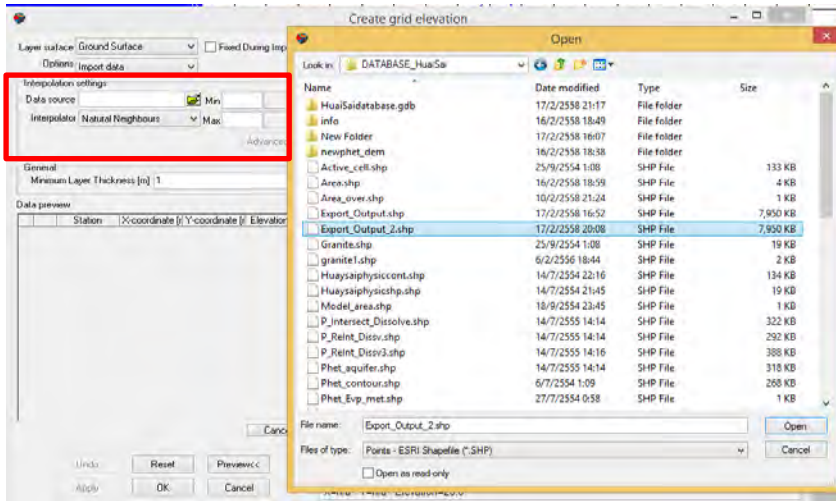
- กำหนด Inactive cells บริเวณนอก area ทที่ไม่ต้องการ



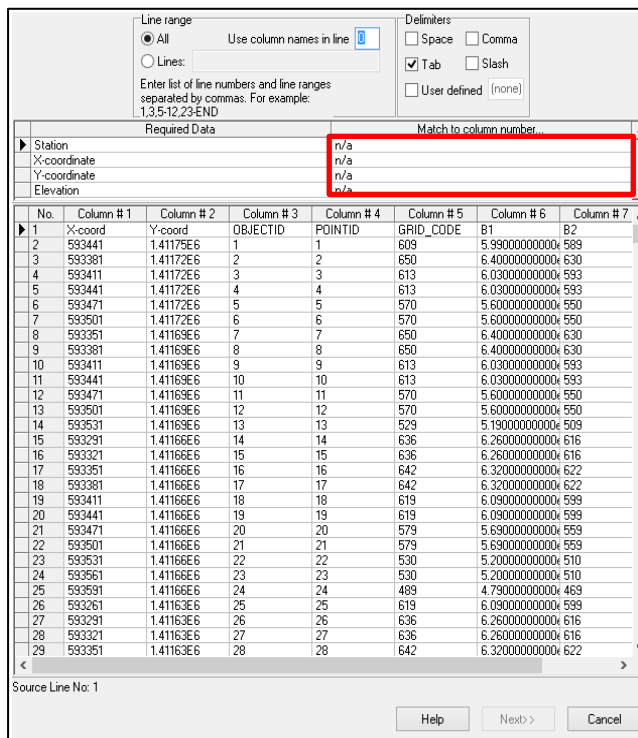
- ทำ grid ให้ละเอียดขึ้น เพื่อให้ model ละเอียด จะได้มีความแม่นยำ



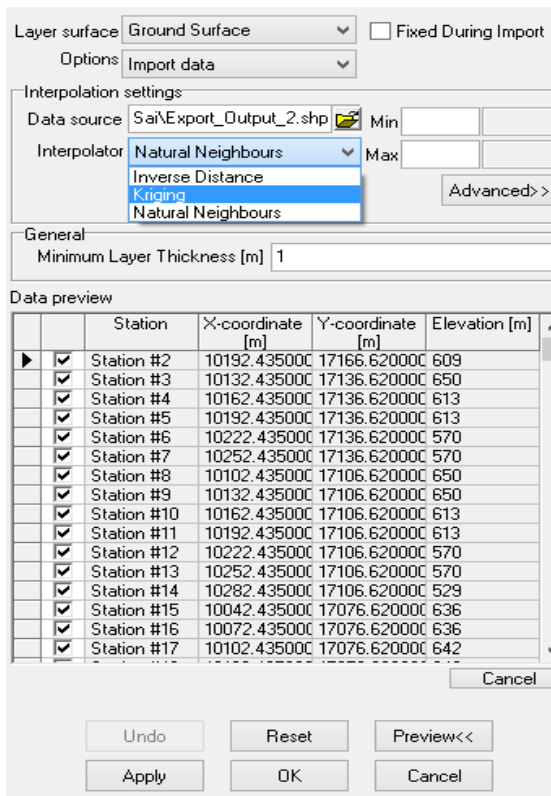
- Import Elevation
 1. เลือก layer
 2. เลือก option : import data



- Data source
 1. เลือก shape file ที่แปลงมาจาก DEM
- Interpolator : เลือก Kriging

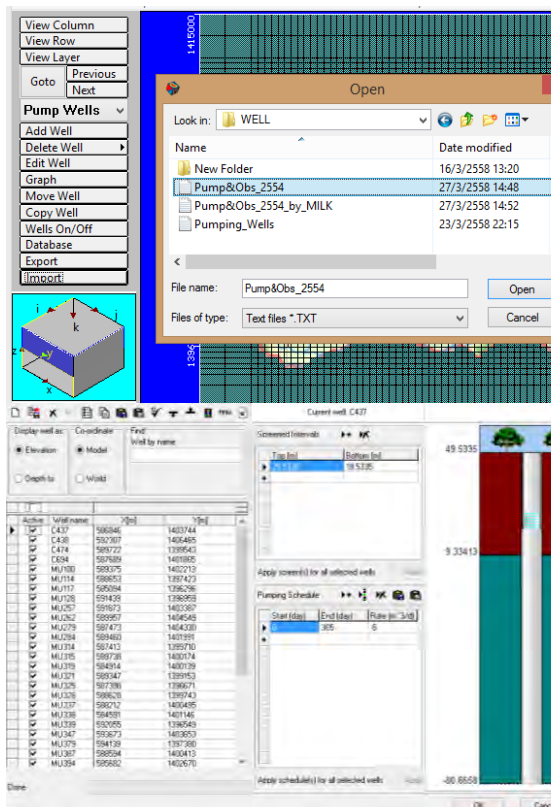


- เลือกข้อมูลที่จะใส่ โดยใส่ตัวเลขคอลัมน์
 - X-coordinate >> Column #1
 - Y-coordinate >> Column #2
 - Elevation >> Column #5
- กด Nex



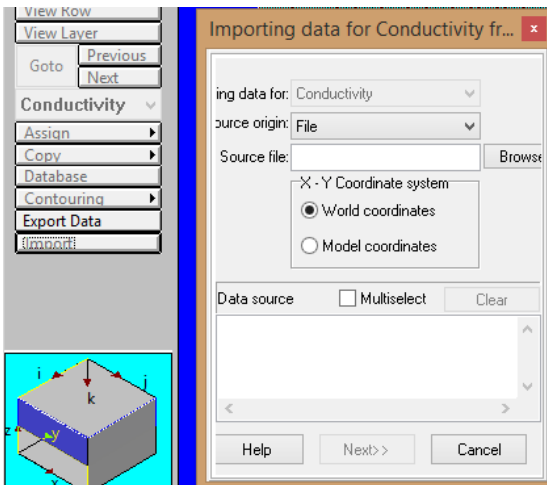
- กด apply
- กด OK

เพิ่มข้อมูล - Pumping wells
- Observed wells

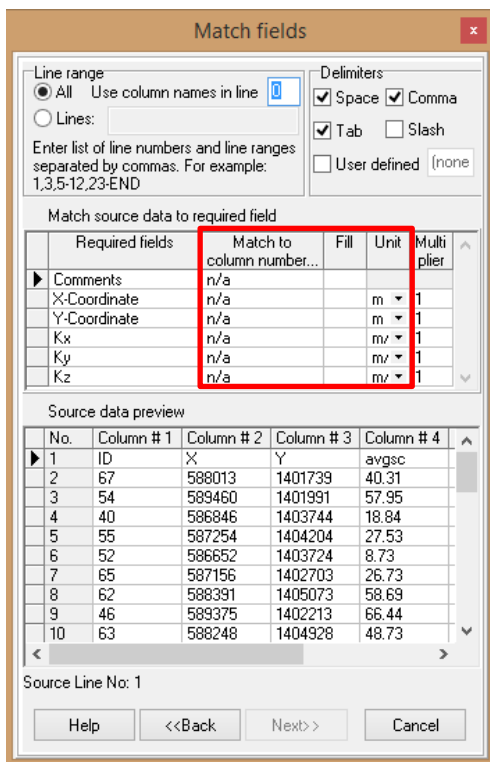


- Import ข้อมูล (เป็นไฟล์ .xls หรือ .txt ก็ได้)

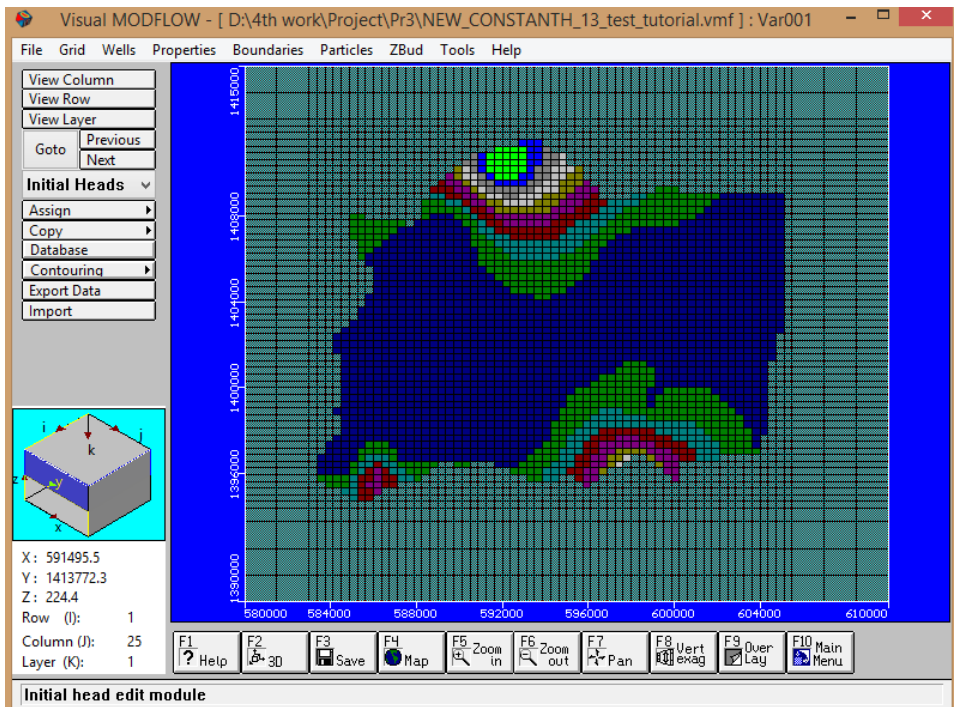
เพิ่มข้อมูล Hydraulic conductivity



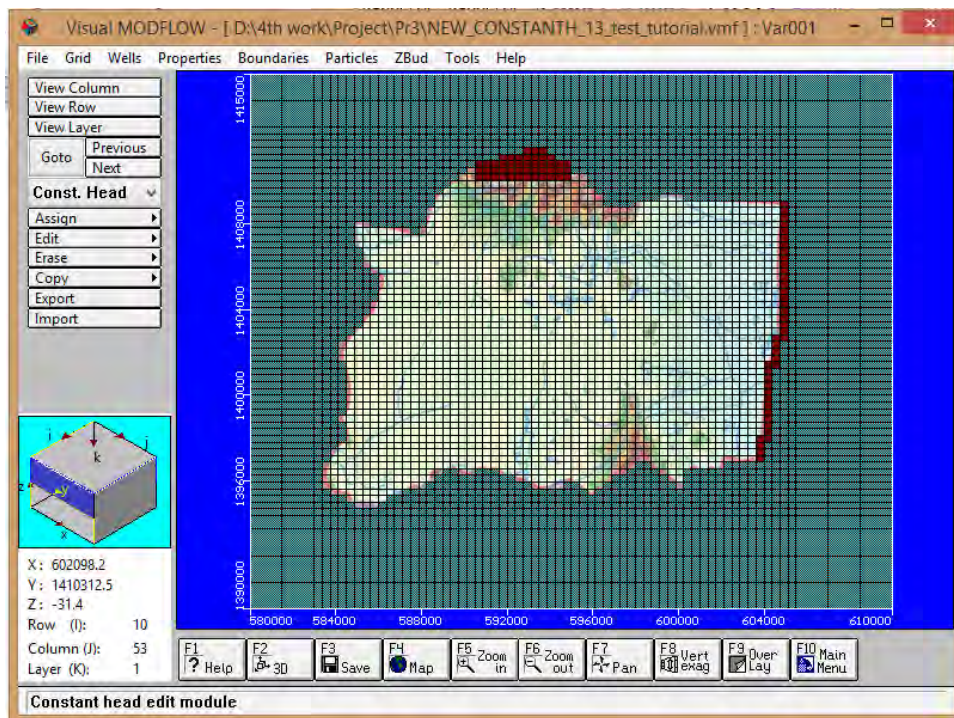
- Import ข้อมูล (เป็นไฟล์ .xls หรือ .txt ก็ได้)



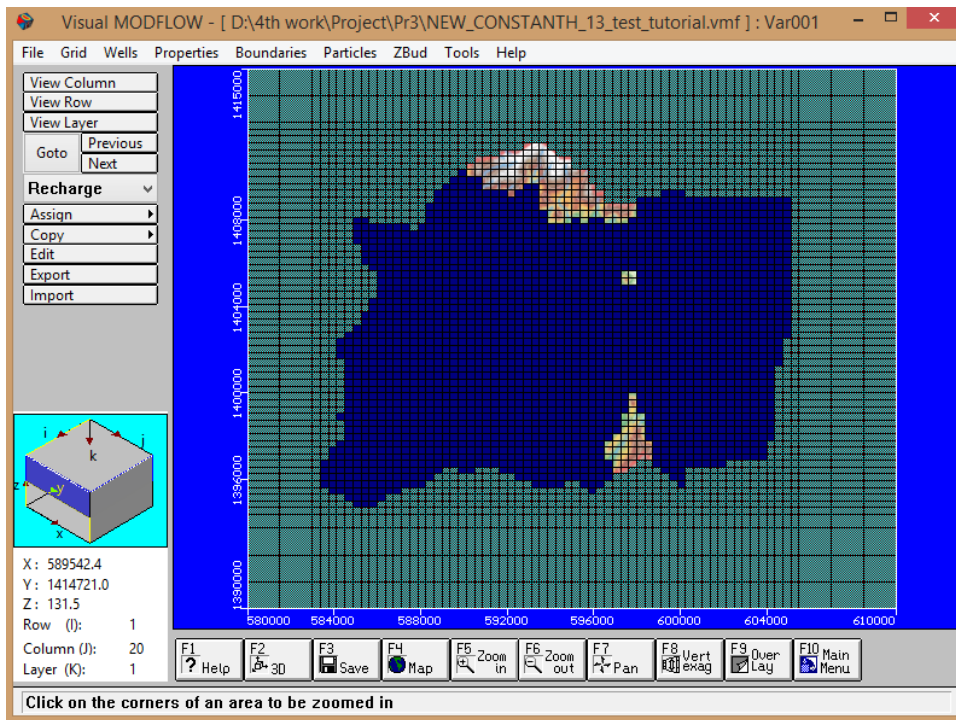
- Match ข้อมูล ถูกต้อง
- จากนั้นกด Next



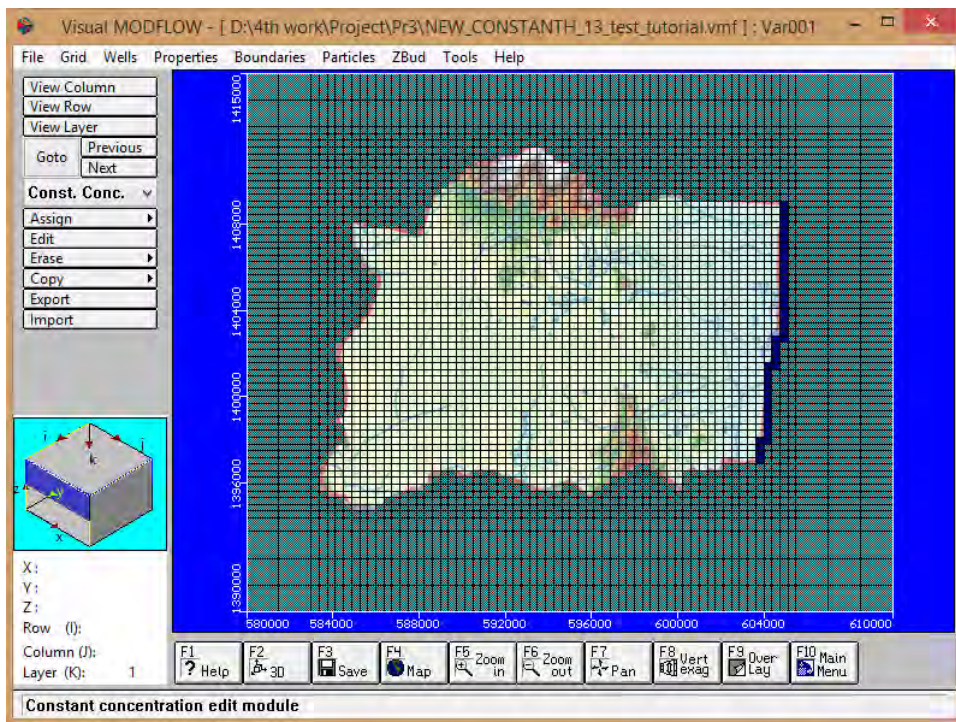
- Initial Head (ระดับน้ำเริ่มต้น) ก็ import เข้ามาด้วยวิธีเดียวกัน



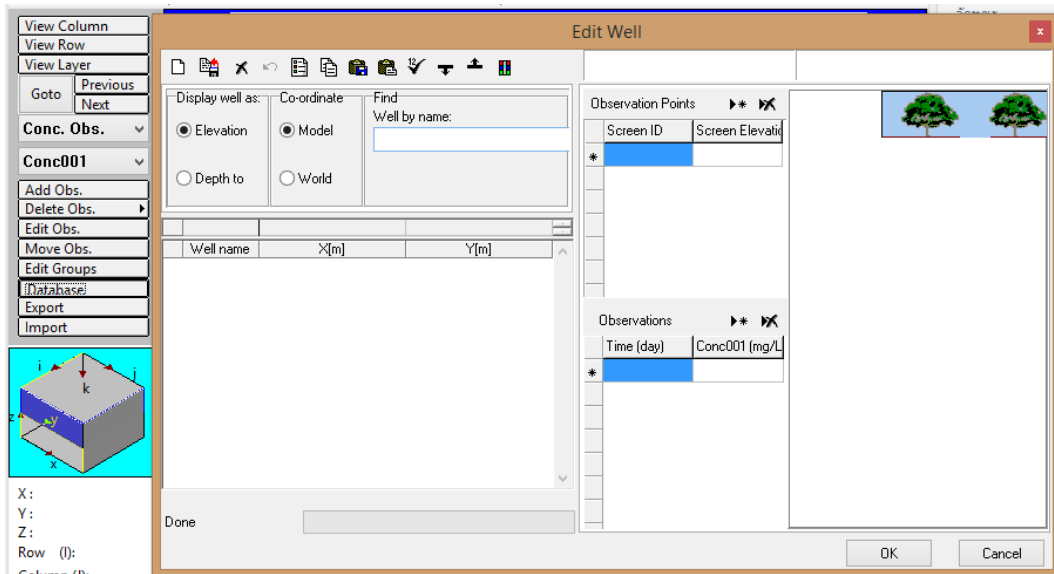
- Constant Head (ระดับน้ำคงที่) จะกำหนดเฉพาะบริเวณพื้นที่เติมน้ำ และทะเล



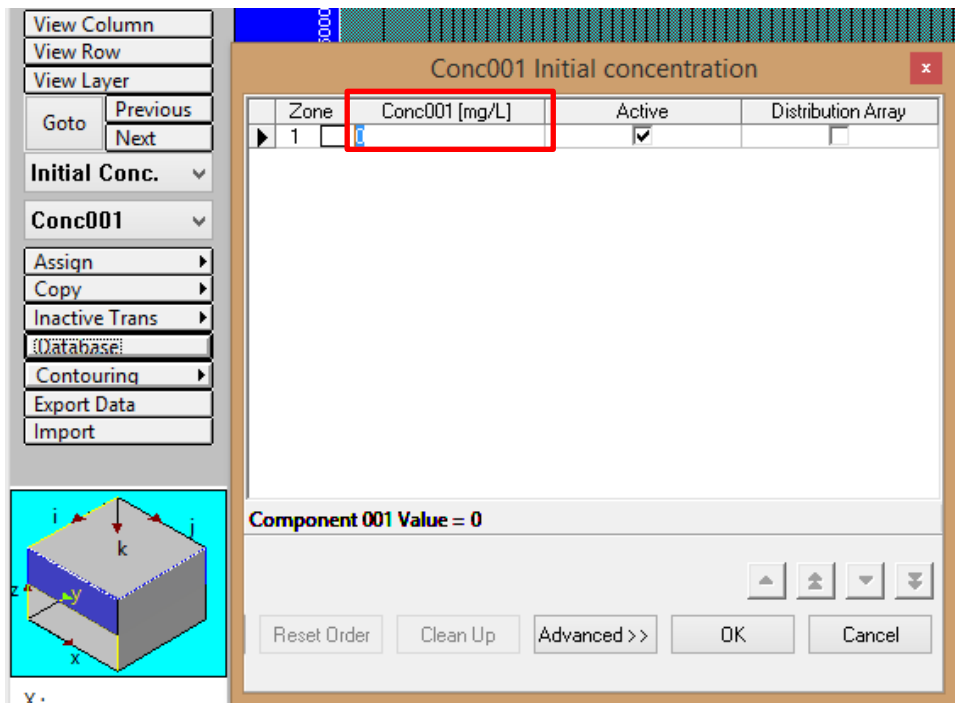
- Recharge rate กำหนดค่า ประมาณ 1-12% ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี



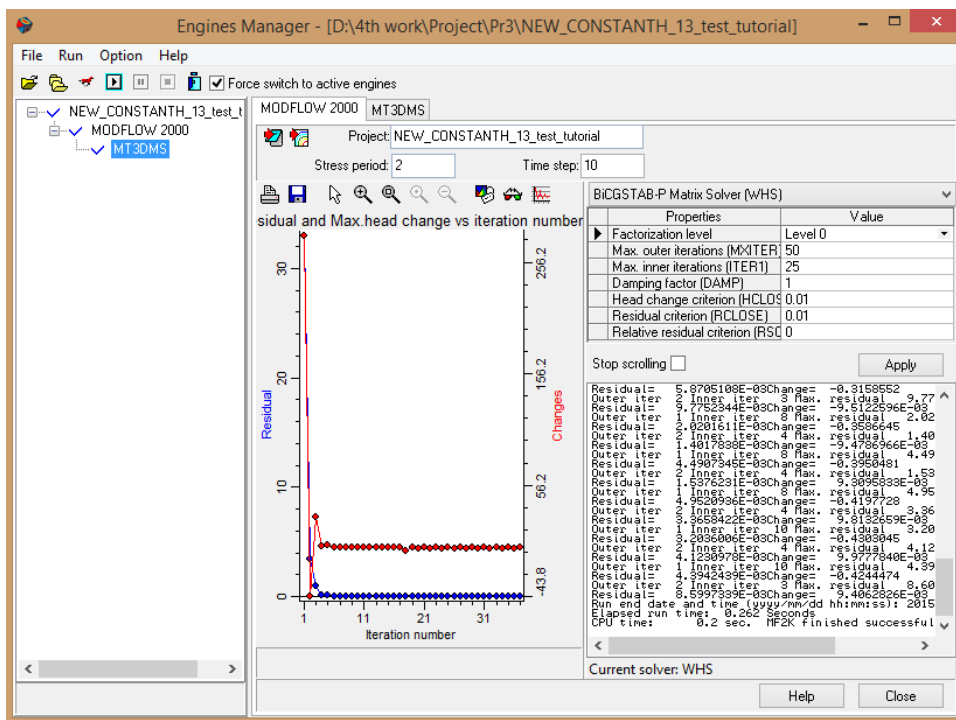
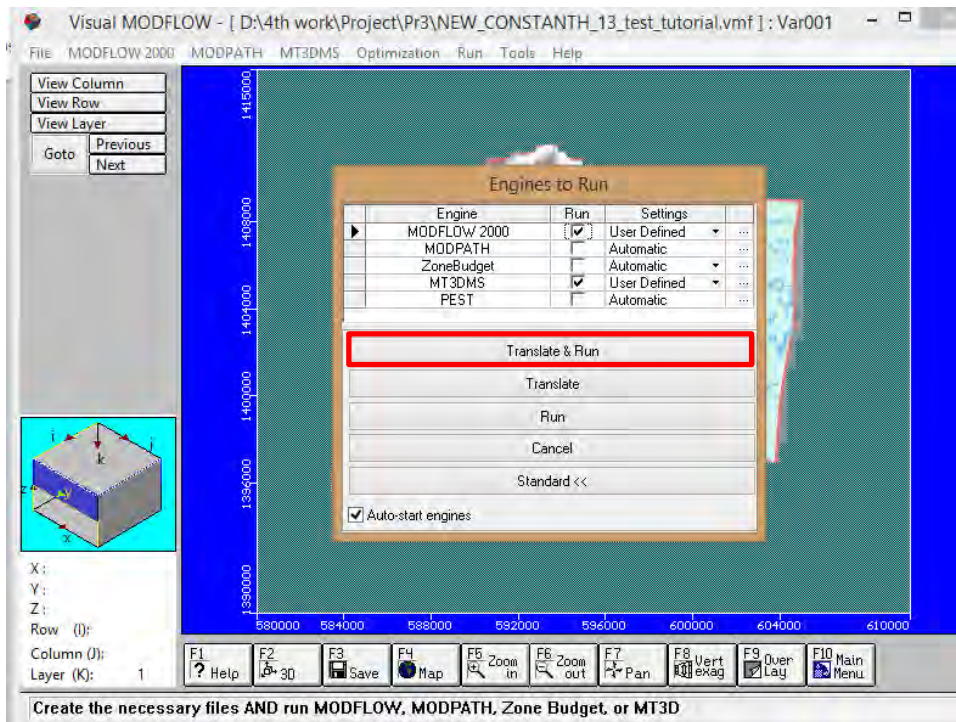
- กำหนดค่าสารละลายคงที่ของน้ำทะเล



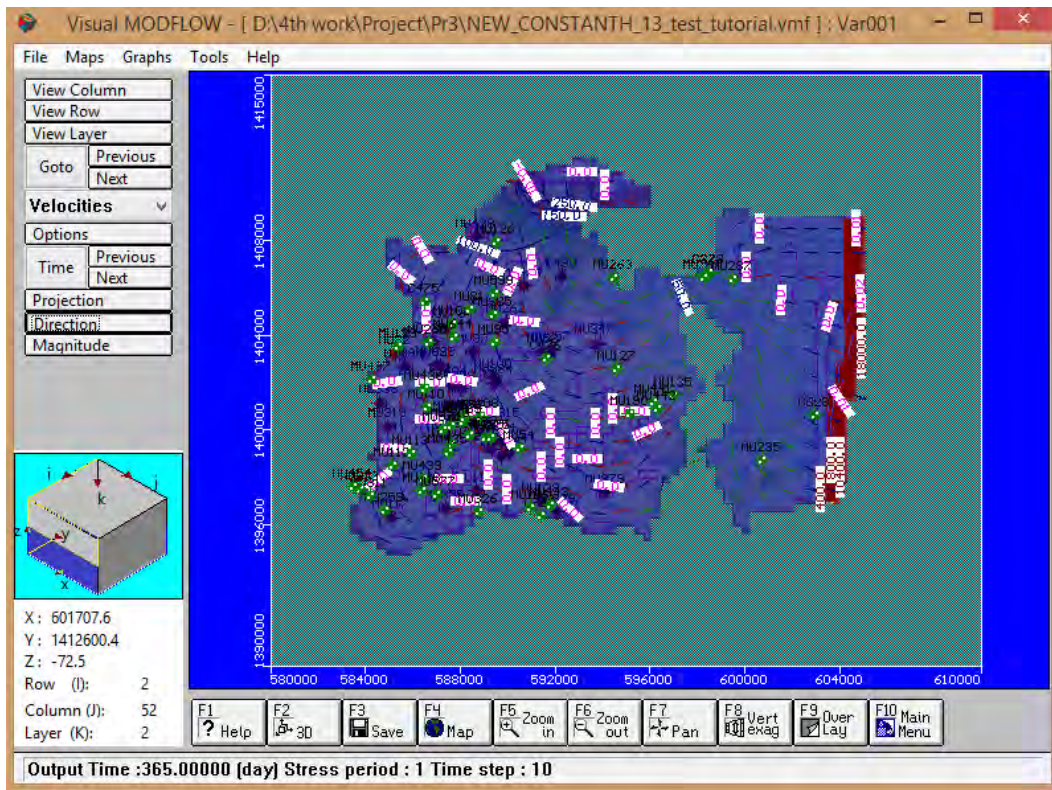
- input ข้อมูลสารละลายที่เก็บได้จากภาคสนาม



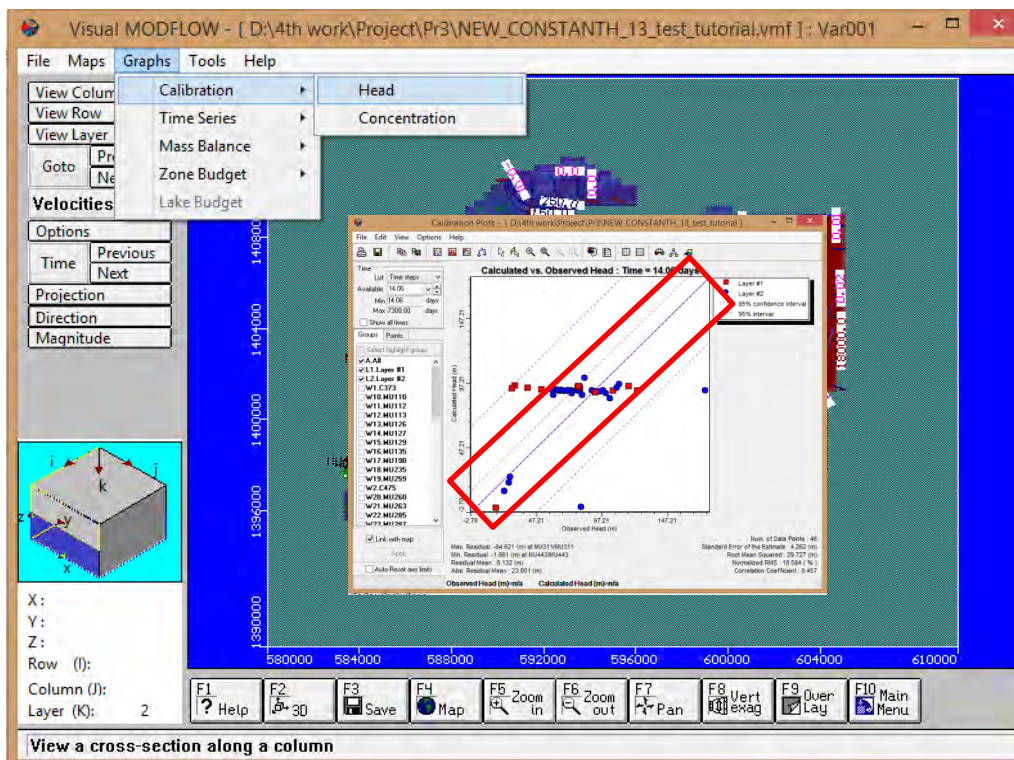
- กำหนดค่า initial concentration (ค่าสารละลายเริ่มต้นของพื้นที่)
- จากนั้นทำการ run



- เสร็จ!
- ไปดูผลกัน



- ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง



พยายามทำให้ผลการ calculated ใกล้เคียงกับผล observed มากที่สุด โดยปรับแบบจำลองไปเรื่อยๆโดยเปลี่ยนค่า parameters ต่างๆ ไปเรื่อย ทำให้จุดมากระจุกตัวอยู่บนเส้น45องศาให้ได้มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรธรณี. 2551. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดเพชรบุรี. กรุงเทพฯ
2. ชานูวัทย์ ชัยจันทร์. 2552. การประเมินความต้องการน้ำ บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, โครงการปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ศุภลักษณ์ มุ่งดี. 2552. การประเมินศักยภาพในการเติมน้ำในชั้นน้ำบาดาลโดยใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, โครงการปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. อธิญาณ วลีอิทธิกุล, 2556. ลักษณะอุทกธรณีเคมีของชั้นน้ำบาดาลบริเวณศูนย์การศึกษาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและบริเวณใกล้เคียง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, โครงการปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. Anderson, M.P. and Woessner, W.W., 1992, Applied groundwater modeling simulation of flow and advective transport: Academic Press, Inc., 381 p.
6. Nettasana T., Craig J. and Tolson B., 2012. Conceptual and numerical models for sustainable groundwater management in the Thaphra area, Chi River Basin, Thailand. Hydrogeology Journal Vol.20. p. 1355–1374
7. Qahman, K. and Larabi, A., 2006. Evaluation and numerical modeling of seawater intrusion in the Gaza aquifer (Palestine). Hydrogeology Journal Vol.14. p. 713–728.
8. Rojnborwornwittaya, W., 2011, Hydrogeologic characteristic of aquifer in Huai Sai royal development study center and adjacent areas, Amohoe Cha-am Changwat Phetchaburi, Senior Project, Chulalongkorn University, Thailand.