

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์และอุทกธรณีเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในลุ่มน้ำห้วยสายบาตร

Hydrogeological Conceptual Model and Hydrogeochemistry of Groundwater Basin in Huai Sai Bat Catchment

รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล¹, สมพล จรรย์ยากรณ์², มาร์ต แซ่ลิ้ม³

Rungruang Lertsirivorakul¹, Sompol Chunyakorn², Marut Saelim³

Received : 20 September 2012; Accepted : 25 January 2013

บทคัดย่อ

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเนินสูงดงซำ อำเภอดงซำ จังหวัดขอนแก่น อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติดงซำ เป็นเนินที่เกิดจากการสะสมตัวของกรวดทรายโดยทางน้ำสมัยโบราณ ที่กั้นระหว่างแนวสัมผัสของหมวดหินโคกกรวดและหมวดหินมหาสารคาม มีการตกตะกอนกรวด ทราย ทรายปนดินเหนียว และดินเหนียวอย่างน้อย 3 วรรค จัดเป็นตะกอนตะพักลำน้ำยุคควอเตอร์นารี จากข้อมูลหลุมเจาะสามารถนำมาสร้างแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ เพื่อแสดงลำดับหน่วยอุทกธรณีวิทยาและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล โดยน้ำจะไหลจากพื้นที่รับน้ำที่อยู่ตอนกลางและไหลออกด้านข้างของเนินรอบๆ พื้นที่ศึกษาชั้นหินให้น้ำเป็นตะกอนร่วนกรวดทราย แบ่งเป็นชั้นบน (ลึก < 40 ม.) และชั้นล่างลึกกว่า 40 เมตร ส่วนชั้นกันน้ำเป็นชั้นดินเหนียว อุทกธรณีเคมีจำแนกน้ำเป็นน้ำจืดชนิด Ca-Na-HCO_3 ชั้นหินให้น้ำชั้นบนมีคุณภาพค่อนข้างดี มีสนิมเหล็กน้อย ส่วนที่ระดับลึกจะมีสนิมเหล็กมาก ส่วนชั้นหินให้น้ำที่อยู่ใกล้ลำน้ำเป็นทราย ทรายปนดินเหนียวของลำน้ำห้วยสายบาตรและห้วยทรายให้น้ำจืดชั้นบน และในระดับลึกจะเป็นน้ำกร่อยถึงเค็ม ชนิด Na-Cl เพราะพื้นที่รองรับด้วยหมวดหินมหาสารคาม การคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนในชั้นหินให้น้ำในพื้นที่ศึกษา 18.7×10^6 ลบ.ม. และปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ 3.136×10^6 ลบ.ม. เพื่อความสมดุลของการสูบน้ำบาดาลไม่ให้เกิดวิกฤติหรือมีปัญหาการแทรกซึมของน้ำเค็ม ในพื้นที่ศึกษาสามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ประมาณ 3-5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

คำสำคัญ: แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ อุทกธรณีเคมี ห้วยสายบาตร ชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วน

Abstract

The study area covers the Dong Sum Upland at Sumsoong District, Khon Kaen Province. The area is a part of the Dong Sum National Forest reservation. The upland is underlain by gravel and sand deposited in the paleo channel between the contact point of the Khok Kruat and Mahasarakham formations. The sediments were classified as old terrace deposits in the Quaternary period. The deposition was started with gravel and fined upward to become sand, sand and clay and clay layer on the top. There are at least three cycles of the deposition. From bore holes lithological logs, a hydrogeological conceptual model is established including hydrostratigraphic units and groundwater flow directions. The recharge area is located in the middle of the area, whereas the groundwater discharges into the lowlands to the south and southwest. The unconsolidated aquifer can be divided into 2 levels ie., Upper aquifer < 40 m. in depth, and the deeper one is more than 40 m. in depth. The Hydrogeochemistry data can be used for classifying water types. Most of the groundwater samples show the water type as Ca-Na-HCO_3 which is fresh water. However, there is very high soluble iron in groundwater, especially in the deep aquifer. In the discharge area, the water type is dominated by Na-Cl , because the area is underlain by the Mahasarakham formation. Furthermore, groundwater storage and annual groundwater recharge in the study area were calculated and yield 18.7 Million Cubic Meters (MCM.) and 3.136 MCM., respectively. For sustainable water use without critical water level decline and saltwater intrusion, the amount of groundwater use can be in the range of 3-5 MCM./yr.

Keywords: Hydrogeologic conceptual model, Hydrogeochemistry, Huai Sai Bat, Unconsolidated Aquifer

¹ รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

^{2,3} เจ้าหน้าที่, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Associate Professor, Department of Geotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University

^{2,3} Staff, Department of Geotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University

บทนำ

ในสภาพปัจจุบันที่มีปัญหาภัยแล้ง การแสวงหาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค หรือแม้กระทั่งเพื่อการเกษตรกรรม น้ำบาดาลจึงเป็นแหล่งน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ แหล่งน้ำบาดาลในกลุ่มน้ำห้วยสายบาตรจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญ เนื่องจากในพื้นที่มีน้ำซับและบางแห่งมีบ่อน้ำพุทั้งระดับต้นและลึก อัตราการให้น้ำมีมากพอสมควรในการที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม แต่ในบางพื้นที่น้ำบาดาลมีคุณภาพที่ไม่ดี เช่นสนิมเหล็กมาก หรือมีความเค็มหรือกร่อย ดังนั้นในการที่จะพัฒนาน้ำขึ้นมาใช้จะต้องมีการศึกษาธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา เพื่อทราบถึงสภาพของแอ่งและการแผ่ขยายของชั้นหินให้น้ำ การเรียนรู้ระบบการไหลของน้ำบาดาล รวมถึงการแบ่งพื้นที่รับและจ่ายน้ำ การหาความหนาและความต่อเนื่องของชั้นหินให้น้ำ ตลอดจนการสุบทดสอบเพื่อหาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำ การที่ทราบคุณลักษณะของแหล่งน้ำบาดาล ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะสูบขึ้นมาใช้ โดยไม่มีผลกระทบต่อระยะน้ำลด การศึกษาอุทกธรณีเคมีเป็นส่วนหนึ่งในการจำแนกชั้นหินให้น้ำ การจำแนกคุณสมบัติของน้ำบาดาลทำให้สามารถใช้น้ำได้ตามความเหมาะสม ติดตามการปนเปื้อนเนื่องจากการใช้ปุ๋ยที่จะทำให้มีปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลสูง การใช้น้ำบาดาลพุหรือน้ำซับในการบริโภคโดยตรง การศึกษาคุณภาพน้ำ จะบ่งบอกถึงความปลอดภัย และน้ำมีคุณภาพเหมาะสมสำหรับน้ำดื่ม การศึกษาสมบัติทางชลศาสตร์ชั้นหินให้น้ำ สามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมการสูบน้ำ เพื่อมิให้มีการแทรกดันของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นหินให้น้ำที่มีน้ำจืด

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

เพื่อศึกษาธรณีวิทยาในระดับลึกและการแผ่ขยายของชั้นหินให้น้ำ ระบบการไหลของน้ำบาดาล การแบ่งพื้นที่เพิ่มเติมน้ำและสูญเสียหรือจ่ายน้ำ ตลอดจนการศึกษาสมบัติทางชลศาสตร์ และการจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์

ขอบเขตโครงการศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเนินดงช้า อำเภอลำดวน จังหวัดขอนแก่น การศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลหลุมเจาะเพื่อจัดทำภาพตัดขวางธรณีวิทยา การวิเคราะห์ทิศทางการไหล การกำหนดพื้นที่รับน้ำและจ่ายน้ำ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของตัวอย่างน้ำบาดาล เพื่อวิเคราะห์ชุดลักษณะอุทกธรณีเคมี การสร้างแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ และการคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนและปริมาณน้ำฝนเพิ่มของแหล่งน้ำบาดาล

พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่เนินสูงดงช้าและบริเวณรอบๆ อำเภอลำดวน จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ 150 ตารางกิโลเมตร โดยมีขอบเขตที่ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $16^{\circ} 32'$ ถึง $16^{\circ} 38'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $103^{\circ} 00'$ ถึง $103^{\circ} 06'$ ตะวันออก หรือ UTM กริด ระหว่าง 1829000 ถึง 1841000 เหนือ และ ระหว่าง 286520 ถึง 297000 ตะวันออก ครอบคลุมแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L7018 ระวาง 5642 III อำเภอกะนวน อยู่ห่างจากจังหวัดขอนแก่นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 35 กม. และห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 470 กม. (Figure1)

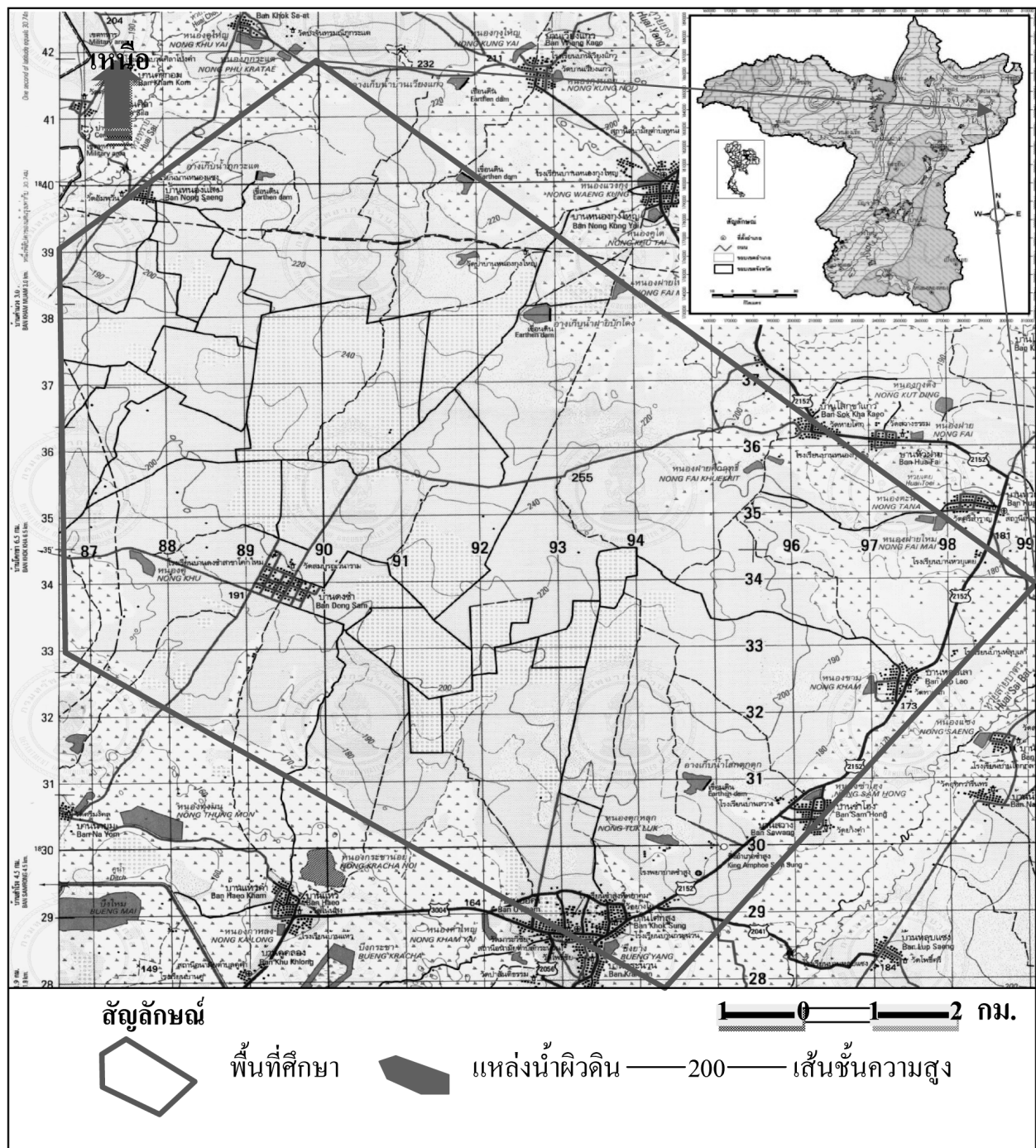


Figure 1 study area

วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูล

แผนการดำเนินการศึกษาด้านธรณีวิทยาและ
อุทกธรณีวิทยา ประกอบด้วย การเตรียมแผนที่ภูมิประเทศ
ธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล และแผนที่อื่นๆที่เกี่ยวข้อง
โดยจัดหาข้อมูลในรูปดิจิทัล การรวบรวมผลงานที่เกี่ยวข้อง
รวมถึงการวิเคราะห์ แปลความจากข้อมูล และผลการสำรวจ
ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้คือ

- 1) ศึกษาทบทวน รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลด้าน ธรณีวิทยา อุทกนิยมนิเวศวิทยาและอุทกวิทยา ชนิดดินและดินเค็ม การใช้ประโยชน์ที่ดิน และคุณภาพน้ำบาดาล
- 2) การศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยา การรวบรวมข้อมูลบ่อบาดาล ความลึก ชั้นหินให้น้ำและระดับน้ำปกติ จัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาและภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ตรวจสอบภาคสนามเบื้องต้น การจำแนกชั้นหินให้น้ำ การวางตัว การแผ่ขยายและความหนาของชั้นหินให้น้ำ

การศึกษาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำ จากข้อมูลการสุบทดสอบที่มีอยู่แล้ว

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลการสำรวจตำแหน่งบ่อ การเก็บตัวอย่างน้ำ ดิน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี การสร้างแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดล

2.1 การจัดทำแผนที่และรูปตัดขวางอุทกธรณีวิทยา

การจัดทำแผนที่และรูปตัดขวางอุทกธรณีวิทยา จากข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ข้อมูลอุทกวิทยา ผลจากการแปลความหมายของภาพทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียม รวมทั้งข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ประวัติบ่อ ผลการสุบทดสอบ และระดับน้ำบาดาล โดยนำมาวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อจำแนกชั้นหินให้น้ำ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะชนิดดิน/หิน การวางตัว การแผ่ขยายและความหนาของชั้นหินให้น้ำต่างๆทุกชั้น รวมทั้งคุณภาพน้ำที่ได้จากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของหน่วยงานต่างๆ และจากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ผลสุดท้ายจะจัดทำเป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยา พร้อมกับจัดทำรูปตัดขวางอุทกธรณีวิทยาเพื่อแสดงชั้นน้ำบาดาลในแนวดิ่ง

แผนที่อุทกธรณีวิทยา ดังกล่าวนี้อาจประกอบด้วยขอบเขตของชั้นน้ำบาดาล ตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล เส้นชั้นระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล และคุณภาพของน้ำบาดาล โดยจะจัดเก็บในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นเป็นแผนที่ของแต่ละข้อมูลที่ต้องการได้หรือนำมาซ้อนทับกันแสดงบนแผนที่แผนที่เดียวกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถแก้ไขเพื่อทำให้ข้อมูลทันสมัยมากยิ่งขึ้นได้อีกด้วย

2.2 สำรวจและศึกษาความสัมพันธ์ทางชลศาสตร์

การนำข้อมูลสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำแต่ละชั้นมาประเมินความสัมพันธ์ระหว่างชั้นหินให้น้ำที่วางตัวอยู่ด้านบน ด้านล่าง และแหล่งน้ำผิวดิน รวมทั้งชั้นหินให้น้ำที่เค็มด้วยว่าจะมีการไหลของน้ำบาดาลอย่างไร จากข้อมูลและผลการประเมินลักษณะและคุณสมบัติของชั้นหินให้น้ำ นำมาพิจารณากำหนดขอบเขตของแต่ละชั้นน้ำบาดาล แหล่งน้ำผิวดิน พื้นที่ที่มีการเติมน้ำโดยธรรมชาติ และคุณสมบัติของชั้นหินให้น้ำแต่ละชั้น เพื่อจะนำไปจัดสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไป

2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำบาดาลโดยทั่วไปมักมีความขุ่นต่ำ ปราศจากสีและสารอินทรีย์ ปริมาณสารในน้ำทั้งหมดอาจสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับว่าน้ำสัมผัสกับแหล่งเกลือแร่หรือไม่ น้ำบาดาลมักไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ แต่อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเกิดออกซิเดชันใต้ดิน เหล็กและแมงกานีสพบได้ง่ายในน้ำบาดาล ซึ่งอ้อมตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ จะเห็นว่าคุณภาพน้ำบาดาลในแหล่งต่างๆ จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางด้านธรณีวิทยาและแหล่งแร่ ในบริเวณดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำบาดาลที่ละลายชั้นเกลือหิน เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำเค็มและดินเค็ม ในการศึกษาต้องมีการเก็บตัวอย่างตามวิธีการที่ถูกต้อง โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำจะมีการวางแผนการเก็บที่แน่นอน ตัวอย่างที่เก็บ มีการบันทึกรายละเอียดผู้เก็บมีความชำนาญในการใช้เครื่องมือซึ่งได้มาตรฐาน ภาชนะที่บรรจุตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์มีการทำความสะอาด และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ และปิดฉลากที่มีข้อมูลรายละเอียด เช่น สถานที่เก็บตัวอย่างวัน เวลาของการเก็บตัวอย่าง พารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ ชื่อ-สกุลและหน่วยงานของผู้เก็บตัวอย่าง มีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพน้ำก่อนส่งให้ห้องปฏิบัติการ ปริมาตรของตัวอย่างที่เก็บอย่างน้อย 1 ลิตร

การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล เพื่อสำรวจดูคุณภาพน้ำบาดาลในปัจจุบันของพื้นที่โครงการ และเพื่อเป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณภาพน้ำจืดและน้ำเค็ม เพื่อแบ่งแยกชั้นหินให้น้ำ กำหนดขอบเขตของแอ่งอุทกธรณีวิทยา การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำหรือสูบลอย จะต้องสูบน้ำให้น้ำขึ้นมาจนกว่าระดับของการสูบลอยที่จึงปล่อยน้ำทิ้ง ประมาณ 3-5 นาที แล้วจึงนำขวดตัวอย่างไปรองรับน้ำ ถ้าหากบ่อน้ำติดเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติ ต้องเก็บตัวอย่างที่ปลายเส้นท่อ

2.3.2 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีน้ำ: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association (APHA), American Water Work Association (AWWA) และ Water Pollution Control Facility (WPCF) ร่วมกันกำหนด ดังนี้ (ตารางที่ 1)

Table 1 chemical property analyses of groundwater

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ใช้เครื่อง pH meter วัดตัวอย่างน้ำในสนาม
ค่าการนำไฟฟ้า	ใช้เครื่อง EC meter วัดตัวอย่างน้ำในสนาม
เหล็ก	Atomic Absorption Spectroscopy
โซเดียม	Atomic Absorption Spectroscopy
แมกนีเซียม	Atomic Absorption Spectroscopy
โพแทสเซียม	Atomic Absorption Spectroscopy
แคลเซียม	Atomic Absorption Spectroscopy
คลอไรด์	UV/Vis Spectroscopy
ไบคาร์บอเนต	UV/Vis Spectroscopy
ไนเตรท	UV/Vis Spectroscopy
ซัลเฟต	UV/Vis Spectroscopy
ความกระด้างทั้งหมด	Titrimetric method
ปริมาณสารในน้ำทั้งหมด (TDS)	Gravimetric method

2.4 คำนวณหาอัตราส่วนของการดูดซับอนุมูล
โซเดียม (Sodium Adsorption Ratio, SAR)

ค่า SAR เป็นค่าที่ใช้จำแนกน้ำที่มีอนุมูล
โซเดียมในระดับต่างๆ ที่พืชสามารถทนได้ ซึ่งผลกระทบของ
โซเดียมจะทำให้ธาตุสารอาหารของพืชเปลี่ยนแปลงไป และ
โครงสร้างของดินเปลี่ยนด้วยการจำแนกค่า SAR ที่วัดจากน้ำ
ที่สกัดจากดิน สามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 2 และผลกระทบของ

โซเดียมที่มีต่อพืช ดังแสดงในตารางที่ 3 ค่า SAR สามารถ
คำนวณได้จากสมการ (1)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \quad \dots(1)$$

ความเข้มข้นของอนุมูลต่าง ๆ มีหน่วย
เป็น มิลลิกรัมวาลেন্ট/ลิตร (meq/l)

Table 2 SAR classification of soil water extraction (Taylor, 1993)

ค่า SAR	ระดับปริมาณโซเดียม
0 - 10	ต่ำ
10 - 18	ปานกลาง
18 - 26	สูง
> 26	สูงมาก

Table 3 Effects of Sodium to plants (Taylor, 1993)

SAR ในน้ำเพื่อการชลประทาน	ระดับความทน	พืชที่ทนได้	ผลกระทบ
2-8	มีความอ่อนไหวมาก	ไม้ผลที่ผลัดใบ ไม้ตระกูลมะนาว ไม้ผลเปลือกแข็ง	ปลายใบไหม้ ใบไหม้เกรียม
8-18	อ่อนไหว	ถั่วเหลือง	การเจริญเติบโตชะงัก
18-46	ทนได้ปานกลาง	ข้าว	การเจริญเติบโตชะงัก เนื่องจากธาตุอาหารและโครงสร้างดินเปลี่ยนแปลง
46-102	ทนทาน	ข้าวสาลี มะเขือเทศ	การเจริญชะงัก เนื่องจากโครงสร้างดินเปลี่ยนแปลง

2.5 การวัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณสารละลายในน้ำทั้งหมดสามารถจำแนกชนิดของน้ำได้ ตามตารางที่ 4

โดยค่าที่สูงขึ้นสะท้อนถึงคุณภาพน้ำที่เค็ม ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกน้ำเพื่อการเกษตรกรรมโดยใช้ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณสารละลายในน้ำทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 5

Table 4 Water Salinity classification (Australian Water Resources Council, 1976)

คุณภาพน้ำ	TDS, mg/l	EC, mS/cm
จืด	น้อยกว่า 500	น้อยกว่า 800
เค็มเล็กน้อย	500-1,000	800-1,600
กร่อย	1,000-3,000	1,600-4,800
เค็ม	มากกว่า 3,000	มากกว่า 4,800

Table 5 Salinity classification using electrical conductivity for irrigation water (Taylor, 1993)

ชนิดของน้ำ	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	TDS (mg/l)
น้ำมีความเค็มน้อย ใช้ได้สำหรับการปลูกพืชทั่วไป	0 - 280	0-175
น้ำมีความเค็มปานกลาง เหมาะสำหรับพืชทนเค็มปานกลาง	280 - 800	175-500
น้ำมีความเค็มสูง การใช้น้ำชนิดนี้กับพืชทนเค็มสูง ต้องควบคุมการระบายน้ำ การจัดการกับดินเค็ม	800 - 2300	500-1500
น้ำมีความเค็มสูงมาก ในกรณีที่เป็น การใช้น้ำชนิดนี้เพื่อการปลูกพืชทนเค็มสูงมากบางชนิด ดินต้องระบายน้ำได้ดีและ เพียงพอ ต้องควบคุมปัญหาดินเค็มเป็นพิเศษ	2300 - 5500	1500-3500
น้ำมีความเค็มสูงยิ่ง ไม่เหมาะสำหรับใช้เพื่อการเกษตร	> 5500	>3500

ผลการศึกษาวิจัย

ธรณีวิทยา

ลักษณะในพื้นที่ประกอบด้วยหมวดหินโคกกรวดที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เป็นขอบเขตด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ โดยชั้นหินเป็นหินทรายแป้งมีทิศทางการเอียงตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งวางตัวอยู่ใต้หมวดหินมหาสารคามมีชั้นเกลือหินสลับชั้นเศษหิน มักไม่ไผ่สนผิวดิน หมวดหินมหาสารคามวางตัวอยู่ใต้หมวดหินภูทอก โดยชั้นล่างสุด คือหน่วยหินโคลนนาหว้า (KTpt1) ประกอบด้วยหินโคลน หินดินดาน สีน้ำตาลแดง สีแดงส้ม และหินทรายแป้ง สีน้ำตาลส้ม กระจายตัวบริเวณบ้านโคกสูง หัวคำ และบ้านนายม ขนานแนวขอบเขตทางตะวันตกเฉียงใต้ โดยวางตัวปิดทับต่อเนื่องกับชั้นหินปิดทับส่วนบนของหมวดหินมหาสารคามแบบปกติต่อกัน

พื้นที่ที่ราบตะกอนน้ำพาทั่วถึงลักษณะเด่นชัดเป็นพื้นที่ราบของตะกอนแม่น้ำที่ขนานไปกับห้วยสายบาตร เป็นที่ราบแคบๆ และน้ำท่วมถึง มีขอบเขตตั้งแต่บริเวณพื้นที่รองรับน้ำของลำน้ำหรือลุ่มน้ำ ประกอบด้วยทราย กรวดและดินเหนียว ความหนาตั้งแต่ 15-20 เมตร (รูปที่ 2)

สำหรับเนินตมซึ่งเป็นเนินกรวดทราย ตะกอนตะพักลำน้ำ วางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วยตะกอนที่พัดพามาสะสมโดยทางน้ำโบราณ ซึ่งกักลีกระหว่างรอยต่อของหมวดหินโคกกรวดกับหมวดหินภูทอก และหมวดหินมหาสารคาม มีการสะสมตะกอนเป็น 3 วงรอบ โดยชั้นล่างเป็นเม็ดตะกอนหยาบขนาดกรวด ถัดขึ้นมาเป็นทราย หรือทรายผสมกรวด และปิดทับด้วยทรายปนดินเหนียว เมื่อครบ 3 วงรอบ จะปิดทับด้วยดินเหนียวและชั้นดินบน ตามลำดับ

อุทกธรณีวิทยา

ชั้นหินให้น้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นชั้นตะกอนร่วน ประกอบด้วยตะกอนน้ำพาและตะกอนตะพักลุ่มน้ำ ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้งและดินเหนียว น้ำบาดาลอยู่ในช่องว่างของชั้นหินร่วน พวกกรวดทรายที่สะสมในที่ลุ่มน้ำหลากหรือตะกอนทางน้ำเก่า ความลึกของชั้นหินให้น้ำชั้นบนตั้งแต่ 10-30 เมตร ส่วนชั้นหินให้น้ำระดับลึกลงไป สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 4 ขอนแก่น ได้ทำการศึกษา สํารวจและเจาะบ่อบาดาลในพื้นที่บ้านหัว ตำบลบ้านโนน อำเภอขามสูง จังหวัดขอนแก่น พบชั้นหินให้น้ำที่ระดับความลึก 120 เมตร ได้บ่อน้ำบาดาลพุ ให้ปริมาณน้ำประมาณ 34 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ระดับน้ำพุสูง 8 เมตร ระยะน้ำลด 16 เมตร (สุบทดสอบ) ข้อมูลเบื้องต้นของบ่อบาดาลในพื้นที่แสดงในตารางที่ 6

Table 6 Initial well data in the study area

ชื่อบ่อ	กริด X (ตะวันออก)	กริด Y (เหนือ)	ความลึก (ม.)	อัตราให้น้ำ (ลบ.ม./ชม.)
บ่อที่ 1	0290460	1832595	125	10 (บ่อพุ)
บ่อที่ 2	0289212	1833172	20	2 (บ่อพุ)
บ่อที่ 3	0290286	1832595	8	2 (บ่อพุ)
บ่อที่ 4	0289362	1833913	125	34.5 (บ่อพุ ระดับน้ำ +8 ม.)
S866	0290461	1830242	8	7.5 (บ่อพุ ระดับน้ำ +9.48 ม.)

ที่มา: สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 4

ชั้นหินให้น้ำหลักเป็นชั้นกรวดทราย ซึ่งมีทั้งหมด 3 ชั้น กันด้วยชั้นดินเหนียวปนทราย จากการศึกษาระดับน้ำบาดาลสามารถนำมาสร้างแผนที่เส้นชั้นความสูงและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลโดยรวม ชั้นหินให้น้ำได้รับการเติมน้ำจากน้ำฝนบริเวณตรงกลางเนินและขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพื้นที่จ่ายน้ำส่วนใหญ่จะอยู่ทางด้านทิศใต้ที่ราบลุ่มห้วยสายบาตร

จากข้อมูลธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา สามารถนำมาสร้างแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ โดยลำดับชั้นของอุทกธรณีวิทยา และแสดงการไหลของน้ำบาดาลในแนวของภาพตัดขวาง 2 แนว ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4

จากการวิเคราะห์ผลการสุบทดสอบบ่อบาดาล โดยวิธีของ Theis ซึ่งเป็นการช้อนทับกราฟที่พล็อตระหว่างระยะน้ำลดเทียบกับเวลากับกราฟมาตรฐาน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (T) สัมประสิทธิ์การซึมซาบ (K) และสัมประสิทธิ์การ

กักเก็บ (S) โดยค่าที่ได้ คือ 1.35×10 ตร.ม./วัน, 2.69×10^{-1} ม./วัน และ 3.41×10^{-3} ตามลำดับ ค่าเหล่านี้จะนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนของแหล่งน้ำบาดาล

คุณภาพน้ำบาดาล

ข้อมูลการเจาะบ่อบาดาลของสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 4 ขอนแก่น ทั้งหมด 8 บ่อ โดยมีการพัฒนาบ่อบาดาลในชั้นหินให้น้ำระดับลึกในกรวดทราย (ที่ระดับความลึก 102-138 ม.) บ่อ W1 ถึง W5 เป็นบ่อบุ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ 5.35 ถึง 6.17 และค่าการนำไฟฟ้าตั้งแต่ 98.8 ถึง 622 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีรสจืด ปริมาณน้ำตั้งแต่ 10 ถึง 35 ลบ.ม./ชม. นอกจากนี้ตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 16 ตัวอย่าง เก็บจากบ่อบาดาลที่เจาะโดยสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 4 ขอนแก่น บ้านนายม บ้านหัวคำ บ้านหนองบัวน้อย บ้านโคกใหม่ และบ้านดงช้า เก็บในเดือนธันวาคม 2553 และนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี เช่นค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้าและอนุมูลหลัก คุณภาพน้ำบาดาลชั้นหินให้น้ำเนินดงช้า ส่วนใหญ่เป็นน้ำจืด ส่วนหมู่บ้านรอบเนินเป็นน้ำกร่อย เช่นบ้านโคกใหม่ ซึ่งเป็นที่ลุ่ม ชั้นหินให้น้ำยังลึกยังมีสนิมเหล็กมาก (3.6-5.6 มก./ล.) ดังนั้นชั้นหินให้น้ำชั้นบนจะเหมาะในการบริโภคมากกว่า แต่ต้องกำจัดสนิมเหล็กด้วยส่วนขอบด้วยทิศตะวันตกเฉียงใต้จะให้น้ำกร่อยถึงเค็ม (ถ้าลึก) เพราะรองรับด้วยหมวดหินมหาสารคาม ส่วนขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือเป็นชั้นหินให้น้ำในรอยแตกของหินทรายแป่งของหมวดหินโคราชให้น้ำจืด แต่ปริมาณน้ำไม่มากนักอยู่กับรอยแตก

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาล พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ 4.8 ถึง 7.6 และ ค่าการนำไฟฟ้า ตั้งแต่ 60 ถึง 1,400 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เฉลี่ย 800 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร นอกจากนี้ ยังได้นำข้อมูลมาแสดงใน Schoeller diagram บ่งบอกอนุมูลหลักที่เด่นในน้ำบาดาล สามารถใช้แบ่งประเภทของน้ำเป็น Ca-HCO_3 , Ca-Na-HCO_3 และ Na-Cl ส่วนการจำแนกน้ำเพื่อการเกษตรกรรมโดย Wilcox diagram ที่ใช้ค่าการนำไฟฟ้ากับอัตราส่วนของ การดูดซับอนุมูลไฮเดียม พบว่าน้ำส่วนใหญ่เหมาะสำหรับใช้ในการเกษตรกรรม ยกเว้นบ่อ KMHP1 บ้านโคกใหม่ที่เจาะในน้ำเค็ม (รูปที่ 5) จากนั้นยังได้ใช้วิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis) ชุดลักษณะของน้ำบาดาล โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ Ca-Na-HCO_3 , $\text{Na-Ca-HCO}_3\text{-Cl}$ และ Na-Cl และการใช้แผนภาพของไปเปอร์มาแบ่งน้ำบาดาลในพื้นที่รับน้ำและจ่ายน้ำ ซึ่งสามารถลากทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (รูปที่ 6)

การคำนวณปริมาณน้ำต้นทุนและปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ

ปริมาณน้ำต้นทุนของชั้นหินให้น้ำเป็นน้ำที่เก็บกักอยู่ในรูพรุนของวัสดุที่ประกอบกันเป็นชั้นหินให้น้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$\text{ปริมาณน้ำต้นทุนของชั้นหินให้น้ำ} = \text{พื้นที่แผ่ขยายชั้นหินให้น้ำ} \times \text{ความหนาเฉลี่ย} \times \text{สปส.การกักเก็บ} \quad \dots(2)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่แผ่ขยายชั้นหินให้น้ำ} &= 100 \times 10^6 \text{ ตารางเมตร} \\ \text{ความหนาเฉลี่ยชั้นหินให้น้ำ} &= 55 \text{ เมตร} \\ \text{สปส.การกักเก็บ} &= 0.0034 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณน้ำต้นทุนของชั้นหินให้น้ำ} = 100 \times 10^6 \times 55 \times 0.0034 = 18.7 \times 10^6 \text{ ลบ. ม.}$$

ปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ เป็นการหาปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมสู่ชั้นหินให้น้ำจากน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยา คือปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ หรือพื้นที่ใกล้เคียง โดยจากการศึกษาน้ำฝนที่เพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำจะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4 ถึง 10 ของปริมาณฝนทั้งปี ในการศึกษาที่ใช้ค่าเฉลี่ยคือ ร้อยละ 7 ของปริมาณฝนทั้งปี การคำนวณปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ สามารถหาได้จากสมการ (3)

$$\text{ปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ} = \text{พื้นที่รับน้ำ} \times \text{น้ำฝนที่เพิ่มเติม} \times \text{ร้อยละ 7 ของปริมาณฝนทั้งปี} \quad \dots\dots(3)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่รับน้ำ} &= 40 \times 10^6 \text{ ตารางเมตร} \\ \text{ปริมาณฝนทั้งปี} &= 1,120 \text{ มม. น้ำฝนที่เพิ่มเติม} \\ \text{ร้อยละ 7 ของปริมาณฝนทั้งปี} &= 78.4 \text{ มม.} \\ \text{หรือ} &0.0784 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ} = 40 \times 10^6 (0.0784) = 3.136 \times 10^6 \text{ ลบ.ม.}$$

สรุปปริมาณน้ำต้นทุนในชั้นหินให้น้ำในพื้นที่ศึกษา 18.7×10^6 ลบ.ม. (สิบแปดล้านเจ็ดแสนลูกบาศก์เมตร) และปริมาณน้ำเพิ่มเติมในชั้นหินให้น้ำ 3.136×10^6 ลบ.ม. (สามล้านหนึ่งแสนสามหมื่นหกพันลูกบาศก์เมตร) เพื่อความสมดุลของการสูบน้ำบาดาลไม่ให้เกิดวิกฤต หรือมีปัญหาการแทรกซึมของน้ำเค็ม ในพื้นที่ศึกษาสามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ ปริมาณ 3-5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าน้ำฝนเป็นแหล่งสำคัญที่เพิ่มเติมน้ำแก่ชั้นหินให้น้ำ และน้ำบาดาลจะจ่ายน้ำแก่ลำห้วยที่กั้นเขาตามแนวแตกของหิน ซึ่งเป็นระบบการไหลที่ไม่ซับซ้อนและเป็นการไหลเฉพาะถิ่น นอกจากนี้ยังศึกษาความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องการแผ่ขยายของชั้นหินให้น้ำเท่าที่มีข้อมูลสามารถวิเคราะห์การไหลของน้ำบาดาลในระดับต้นและระดับลึก จากปริมาณน้ำบาดาลที่มีอยู่มากและคุณภาพน้ำที่ดีสามารถนำมาใช้เพื่อการเกษตรกรรมได้อย่างเพียงพอ ส่วนการใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคต้องกำจัดเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมากออกก่อน

การศึกษาต่อไปต้องวิเคราะห์ไอโซโทปในน้ำบาดาลแต่ละชั้น เพื่อให้ทราบว่าชั้นน้ำบาดาลมีอายุเท่าใด และเพื่อใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

1. กรมทรัพยากรน้ำ. โครงการจัดทำแผนรวม การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชี รายงานลุ่มน้ำสาขาห้วยสายบาตร (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0415). กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2549.
2. เต็นโซค มั่นใจ. การวิเคราะห์สภาพกำเนิดหมวดหินภูทอกกับหน่วยหินตะกอนชั้นบนของหมวดหินมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2549.
3. สมชัย วงศ์สวัสดิ์ และคณะ. แหล่งน้ำบาดาลและวิธีการใช้แผนที่น้ำบาดาล จังหวัดขอนแก่น โครงการสนับสนุนการพัฒนาแหล่งน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ภายใต้ความร่วมมือไทย-ออสเตรเลีย). กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2533.
4. Australian Water Resources Council, 1976. Review of Australia's Water Resources 1975. AGPS Canberra, for the Department of National Resources.
5. Taylor, S. 1993. Dryland Salinity: Introductory Extension Notes, 2 nd, Department of Conservation and Land Management.

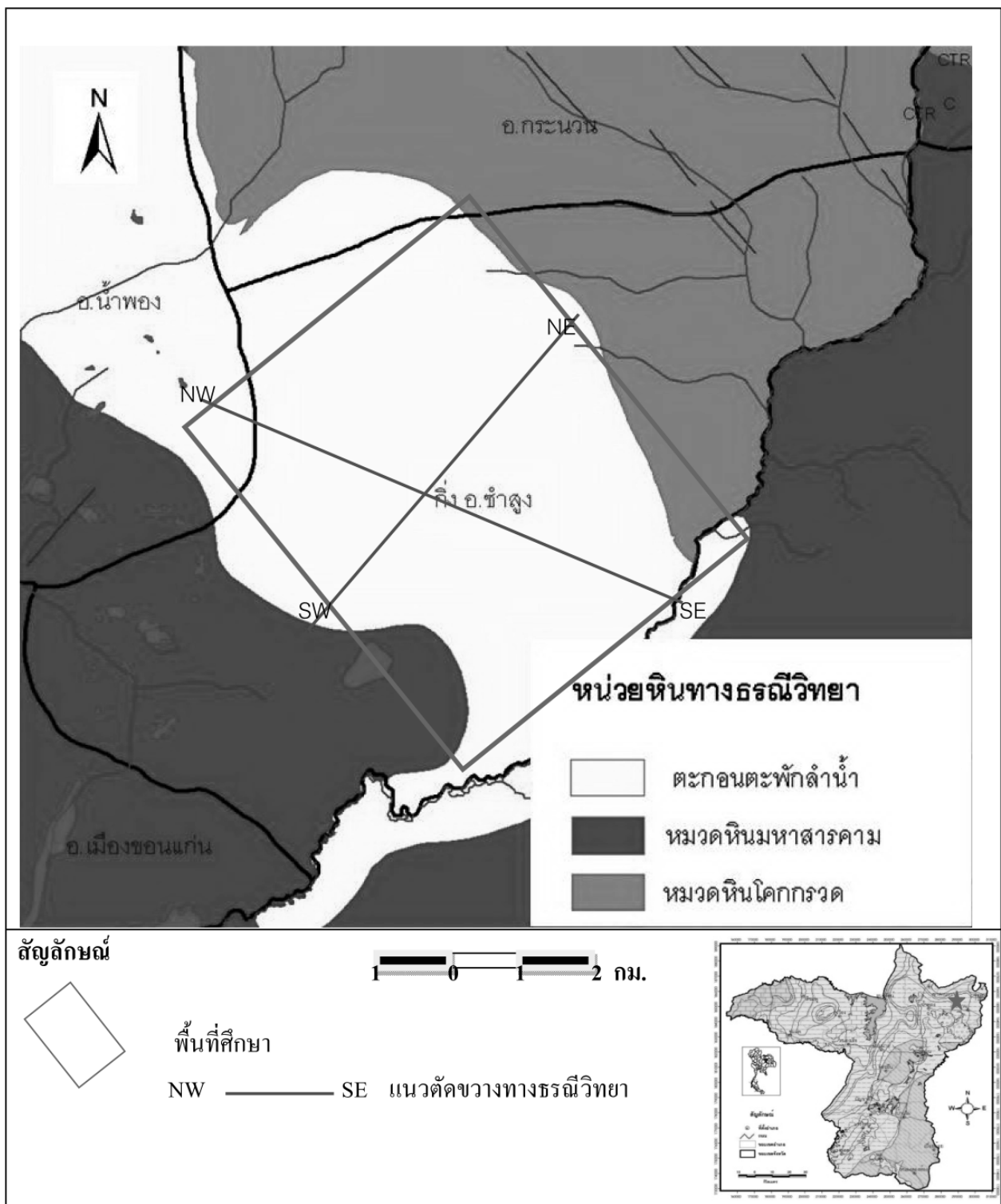


Figure 2 Geological map and cross section lines

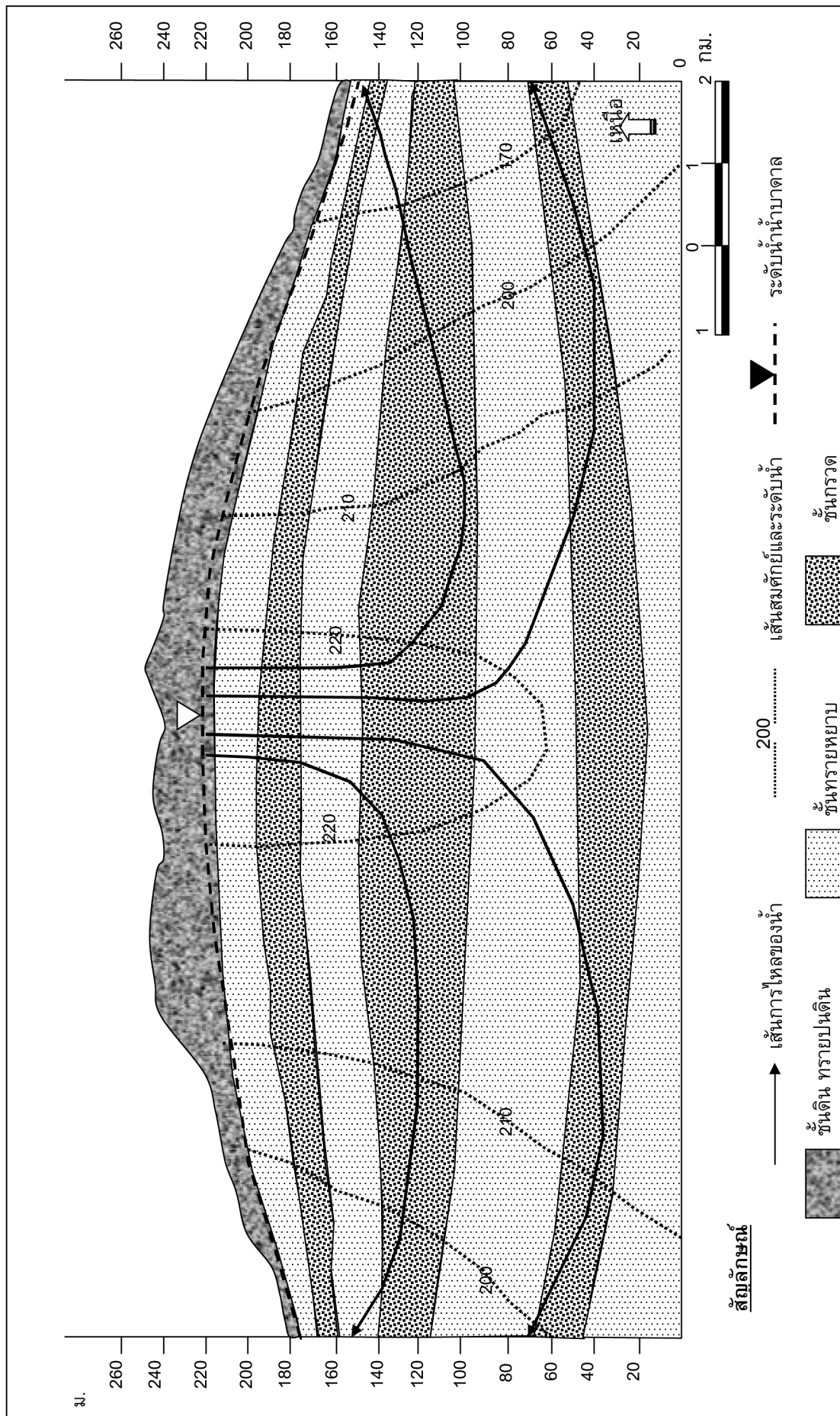


Figure 4 Conceptual hydrogeologic model showing aquifer flow lines and equipotential lines

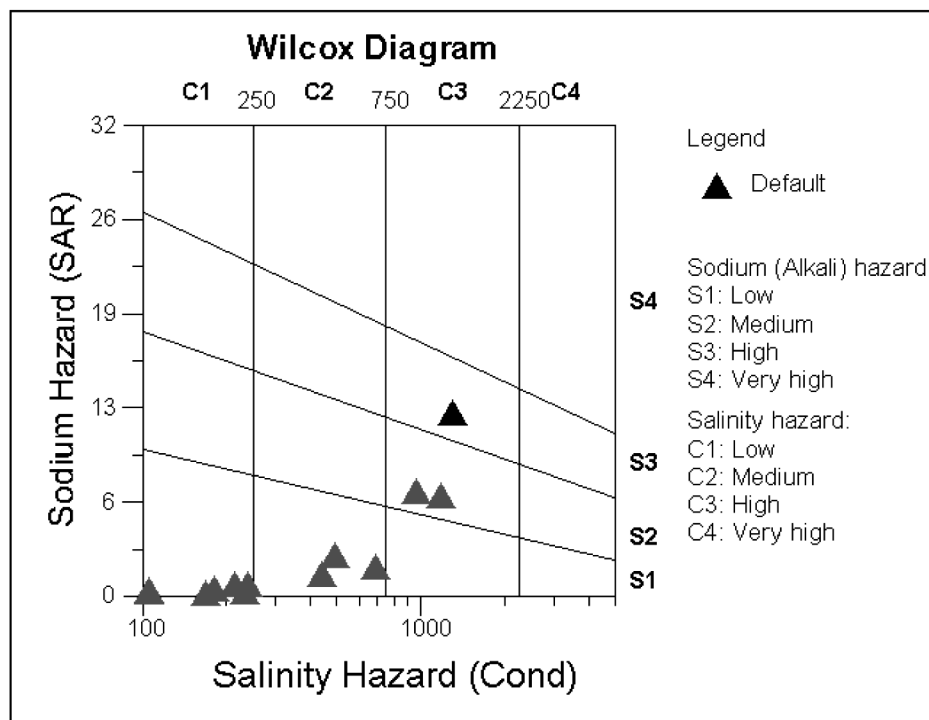


Figure 5 Wilcox diagram Ground water property for irrigation

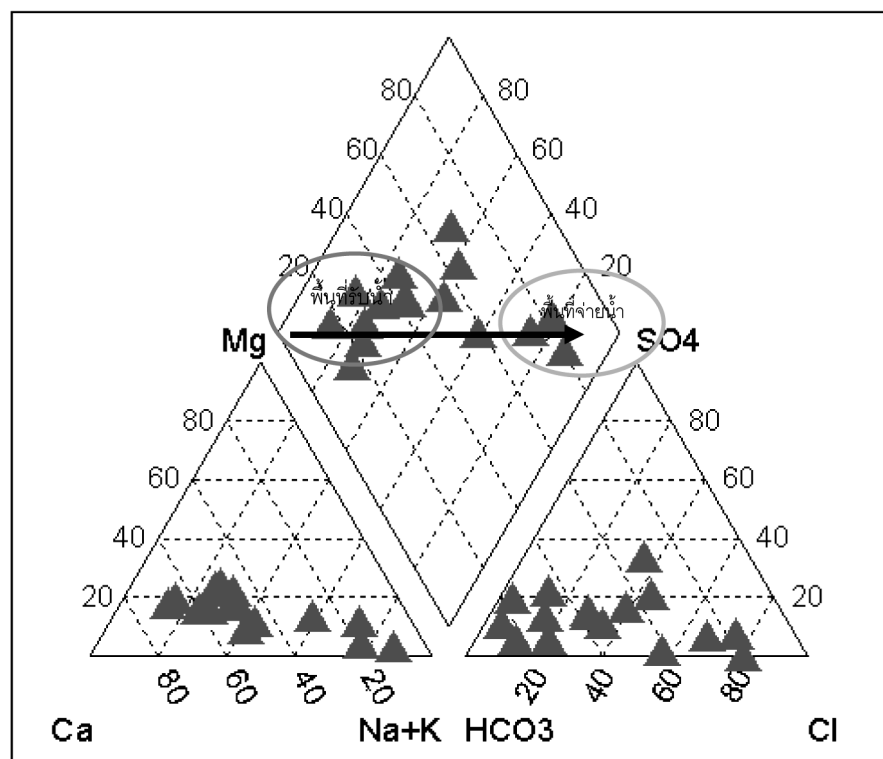


Figure 6 Piper diagram showing hydrochemical facies and flow direction.