

ปัจจัยของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ
จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

นางสาวจิรวรรณ อารังศรีสกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality at Thap Khlo
District Phichit Province and Wang Pong District, Phetchabun Province



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2014
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปัจจัยของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อ
คุณภาพน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร
และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

โดย

นางสาวจิรวรรณ อารังศรีสกุล

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัจฉร ประทีตสุนทรसार)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ อิมมิม)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล)

จิรวรรณ อารังศรีสกุล : ปัจจัยของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ (Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality at Thap Khlo District Phichit Province and Wang Pong District, Phetchabun Province) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ศรีเลิศ โชติพันธ์รัตน์, 172 หน้า.

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภค แต่จากการขยายตัวของเศรษฐกิจในปัจจุบันได้เพิ่มสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำบาดาล เนื่องจากมีลักษณะทางธรณีวิทยาและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่และชุมชนเกษตร ที่ส่งผลกระทบต่อน้ำบาดาล การศึกษานี้จึงใช้เทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบกับอุทกธรณีเคมีเพื่อนำมาช่วยในการหาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในน้ำบาดาล ซึ่งการศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่คุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและเพชรบูรณ์ ทั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจำนวน 47 บ่อในช่วงเดือน พฤษภาคม 2556 (ฤดูร้อน) และ พฤศจิกายน 2556 (ฤดูฝน) โดยได้แบ่งเก็บในพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาครั้งนี้จะนำเทคนิคทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และช่วยจำแนกสาเหตุการปนเปื้อนคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ว่าเกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติหรือเกิดจากปัจจัยพฤติกรรมของมนุษย์ โดยพบว่าในพื้นที่นี้สามารถแบ่งชั้นน้ำเป็น 3 ชั้นได้แก่ ชั้นน้ำหินร่วนและละเอียด (Qfd) ชั้นน้ำหินที่เกิดจากการผุพังและมืองค์ประกอบบางส่วนมาจากหินภูเขาไฟ (Vw) และ ชั้นน้ำหินภูเขาไฟ (Vm) การศึกษาคุณภาพน้ำบาดาล พบมี 4 พารามิเตอร์ในบางบ่อมีค่าเกินมาตรฐานได้แก่ แมงกานีส เหล็ก นิกเกิลและ สารหนู ซึ่งธาตุเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นสารประกอบที่มีอยู่ในแร่ประกอบหินอันได้แก่ Chalcopyrite ($CuFeS_2$), Pyrite (FeS_2), Arsenopyrite ($FeAsS$) และ Pyrolusite (MnO_2) น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่พบน้ำมี $Ca-Mg-Na-K-HCO_3$ เป็นองค์ประกอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และอลูมิเนียม มีปริมาณมากจากการสลายตัวของแร่ Feldspar ที่มีการสะสมตัวอยู่ในพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า ไนเตรต ฟอสเฟต และ ไซยาไนท์ มีปริมาณสูงในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม โดยน่าจะเกิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากพื้นที่นี้มีการทำการเกษตรจำพวกข้าว และข้าวโพด ดังนั้นการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่จึงเกิดมาจากทั้งกิจกรรมทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5487116320 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: GROUNDWATER / HYDROCHEMICAL / GOLD MINE / FACTOR ANALYSIS

JIRAWAN THAMRONGSRISAKUL: Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality at Thap Khlo District Phichit Province and Wang Pong District, Phetchabun Province. ADVISOR: ASST. PROF. SRILERT CHOTPANTARAT, Ph.D., 172 pp.

In a past decade, groundwater is an important source of water. The current economic expansion has increased and in turn impacts on groundwater quality. Since there are a variety of geological features and human activities, including mining and agricultural community in this study area, the statistical technique, so-called factor analysis of hydrogeochemical parameters would be considered to address the sources of groundwater contamination. These study areas were at Phichit province and Phetchabun province, groundwater samples were collected from 47 groundwater wells in May 2013 (summer) and November 2556 (rainy) with different types of geological characteristics and land use. In this study, the factor analysis was used to determine causes of contamination of groundwater quality in the area, caused by natural factors or human behaviors. Groundwater layers in this study area were divided into three types as followings: 1) Quaternary Floodplain Deposits (Qfd), a leading stone crumbly and resolution, 2) Volcanic Weathered rocks (Vw), a leading stone caused by the decay and some elements of it from volcanic rock, and 3) Volcanic Massive rocks (Vm) ,a rock-solid floor area that meant mostly volcanic rock. The results of groundwater showed four parameters that were exceeded the groundwater standards, which were arsenic, manganese, iron and nickel. All elements were naturally contained in the mineral composition of the rock, Chalcopyrite (CuFeS_2), Pyrite (FeS_2), Arsenopyrite (FeAsS) and Pyrolusite (MnO_2). Groundwater in the study area mostly found Ca-Mg-Na-K- HCO_3 components because sodium, calcium, magnesium, potassium and aluminum were dissolved from natural feldspar mineral. This study also investigated that nitrate, phosphate and cyanite high in community areas and agricultural areas. As a result, there were likely caused by human activities because these areas were agricultural areas such as rice and corn fields. This study can conclude that contaminated groundwater was caused by both natural (geological characteristics) and human activities in the area.

Field of Study: Environmental Science

Academic Year: 2014

Student's Signature

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้ความรู้ แนวคิด คำแนะนำ ความเอาใจใส่ และจรรยาบรรณที่ซื่อสัตย์สุจริต ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆมาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้โดยดี

ขอกราบขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.อภิชาติ อิ่มยิ้ม และ อาจารย์.ดร.จุฬาลักษณ์ ชาญกุล ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณหลักสูตรสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในห้องปฏิบัติการตลอดเวลาทำการวิจัย

ขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนผลงานวิจัยและทุนอุดหนุนการวิจัย

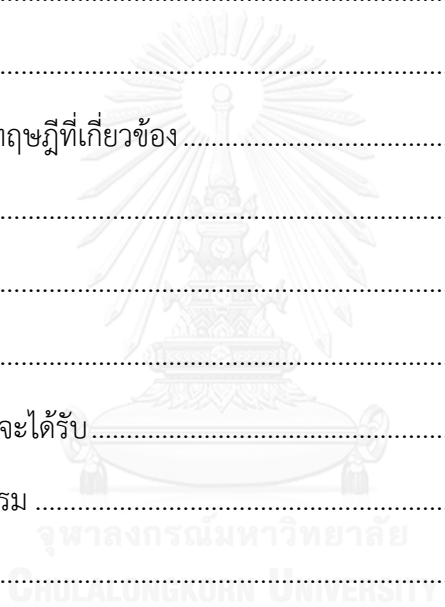
นอกจากนี้ ขอขอบคุณนางสาวจันทร์เลขา ภูทองคำ และนางสาวปิยรรวรา เจริญนา ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และกำลังใจ ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในระหว่างการทำงานวิจัย และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่คอยให้คำปรึกษา และ ภาควิชาธรณีวิทยา และกำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอขอบคุณบิดา มารดา พี่น้องทุกคนในการสนับสนุนทรัพย์ให้คำปรึกษาต่างๆอันเป็นประโยชน์ รสมทั้งกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฐ
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 สมมติฐาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 พื้นที่ศึกษา.....	4
2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ	4
2.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา	5
2.1.3 ธรณีวิทยาแหล่งแร่.....	11
2.1.4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา.....	14
2.1.5 สภาพอุทกวิทยา.....	19
2.1.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	21
2.1.7 สภาพเศรษฐกิจ สังคม และประชากร.....	24
2.2 น้ำบาดาล.....	25



2.3 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบ	39
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	45
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ	45
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ	46
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	52
3.1 พื้นที่ศึกษา	52
3.2 ขั้นตอนการวิจัย	52
3.3 จุดเก็บตัวอย่าง	55
3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล.....	57
3.5 ลักษณะชั้นน้ำบาดาล.....	61
3.6 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่	61
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	63
4.1 ลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่	63
4.2 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่	69
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	73
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	107
5.1 ลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่	107
5.2 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่	107
5.3 การวิเคราะห์ทางอุทกธรณีเคมี.....	107
5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	108
รายการอ้างอิง	108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	172

สารบัญรูป

รูปที่ 2 - 1	แผนที่แสดงขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทยและภูมิภาคใกล้เคียง (กรมทรัพยากรธรณี., 2550).....	6
รูปที่ 2 - 2	ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่ ดัดแปลงมาจาก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) .	10
รูปที่ 2 - 3	การกำเนิดแร่ทองคำ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)	12
รูปที่ 2 - 4	แผนที่แสดงแหล่งแร่ปฐมภูมิและแหล่งแร่ทุติยภูมิ (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)	13
รูปที่ 2 - 5	แผนที่หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่	16
รูปที่ 2 - 6	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550).....	22
รูปที่ 2 - 7	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)	23
รูปที่ 2 - 8	วิจัยกรน้ำ	25
รูปที่ 2 - 9	ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำบาดาล เขตอ้อมอากาศ เขตอ้อมน้ำและระดับน้ำบาดาลที่ลดลงในฤดูแล้ง (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996).....	27
รูปที่ 2 - 10	แสดงชั้นหินอุ้มน้ำที่ถูกขนาบด้วยชั้นหินกั้นน้ำทั้งด้านบนและด้านล่าง	28
รูปที่ 2 - 11	การตัดขนาดของตะกอนที่ส่งผลให้ความพรุนของหินแตกต่างกัน (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996).....	29
รูปที่ 2 - 12	รูปร่างของตะกอนที่ส่งผลให้ความพรุนของหินแตกต่างกัน (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996).....	29
รูปที่ 2 - 13	การเจาะบ่อบาดาลลงไปในพื้นที่ตะกอนแบบต่าง ๆ (ดัดแปลงรูปจาก Thompson, G.R. and Jonathan, T. , 1991).....	30
รูปที่ 3- 1	แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	53
รูปที่ 3- 2	แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง	55
รูปที่ 3- 3	(ก) ภาพการวัดระดับน้ำบาดาล และ(ข) ตรวจวัดพารามิเตอร์ในสนาม.....	58
รูปที่ 3- 4	Piper Trilinear diagram (Back and Hanshaw, 1965).....	62
รูปที่ 4- 1	แผนที่แสดงภาพตัดขวาง ทั้งหมด 5 แนว	65

รูปที่ 4- 2 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว A-A'.....	66
รูปที่ 4- 3 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว B-B'	66
รูปที่ 4- 4 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว C-C'	67
รูปที่ 4- 5 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว D-D'	67
รูปที่ 4- 6 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว E-E'	68
รูปที่ 4- 7 แสดงร้อยละของชนิดน้ำบาดาลในพื้นที่จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1.....	71
รูปที่ 4- 8 แสดงร้อยละของชนิดน้ำบาดาลในพื้นที่จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2.....	72
รูปที่ 4- 9 แสดงปริมาณค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ และ ปริมาณความเค็ม ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	75
รูปที่ 4- 10 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	75
รูปที่ 4- 11 แสดงปริมาณซัลเฟตในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	76
รูปที่ 4- 12 แสดงปริมาณสังกะสีในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	77
รูปที่ 4- 13 แสดงปริมาณเหล็กในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	77
รูปที่ 4- 14 แสดงปริมาณโคบอลต์ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	78
รูปที่ 4- 15 แสดงปริมาณตะกั่วในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	78
รูปที่ 4- 16 แสดงปริมาณความเป็นกรด – เบส ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	79
รูปที่ 4- 17 แสดงปริมาณโซเดียมในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	81
รูปที่ 4- 18 แสดงปริมาณแมงกานีสในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	81
รูปที่ 4- 19 แสดงปริมาณสารหนูในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	82
รูปที่ 4- 20 แสดงปริมาณไซยาไนท์ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	83
รูปที่ 4- 21 แผนที่แสดงการกระจายตัวของไซยาไนท์.....	84
รูปที่ 4- 22 แสดงปริมาณทองแดงในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	85
รูปที่ 4- 23 แสดงปริมาณฟอสเฟตในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	86
รูปที่ 4- 24 แสดงปริมาณคลอไรด์ในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	87

รูปที่ 4- 25 แสดงปริมาณอะลูมิเนียมในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	87
รูปที่ 4- 26 แสดงปริมาณไบคาร์บอเนตในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	88
รูปที่ 4- 27 แสดงปริมาณแคลเซียมในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	89
รูปที่ 4- 28 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	89
รูปที่ 4- 29 แสดงปฏิกิริยาไบเวน.....	90
รูปที่ 4- 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II Gibbs (Gibbs, 1970).....	92
รูปที่ 4- 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II Gibbs	92
รูปที่ 4- 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II Gibbs	93
รูปที่ 4- 33 แสดงปริมาณนิกเกิลในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	94
รูปที่ 4- 34 แสดงปริมาณค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ และปริมาณความเค็ม ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	95
รูปที่ 4- 35 แสดงปริมาณโซเดียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	96
รูปที่ 4- 36 แสดงปริมาณแคลเซียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	97
รูปที่ 4- 37 แสดงปริมาณไบคาร์บอเนตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ....	97
รูปที่ 4- 38 แสดงปริมาณคลอไรด์ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	98
รูปที่ 4- 39 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	98
รูปที่ 4- 40 แสดงปริมาณสังกะสีในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	99
รูปที่ 4- 41 แสดงปริมาณเหล็กในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	99
รูปที่ 4- 42 แสดงปริมาณอนุหภูมิในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	100
รูปที่ 4- 43 แสดงปริมาณความเป็นกรด -เบส ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	100
รูปที่ 4- 44 แสดงปริมาณตะกั่ว อะลูมิเนียม และ แมงกานีสในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อ บาดาล 47 บ่อ	101

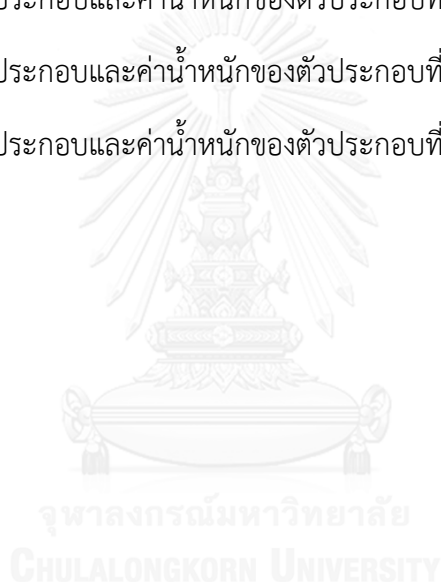
รูปที่ 4- 45 แสดงปริมาณซัลเฟตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	102
รูปที่ 4- 46 แสดงปริมาณโคบอลต์ นิกเกิล และสารหนู ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อ บาดาล 47 บ่อ	103
รูปที่ 4- 47 แสดงปริมาณไซยาไนท์ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	104
รูปที่ 4- 48 แสดงปริมาณไนเตรทในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	105
รูปที่ 4- 49 แสดงปริมาณฟอสเฟตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	105
รูปที่ 4- 50 แสดงปริมาณ Reduction - Oxidation Potential ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ.....	106
รูปที่ 4- 51แสดงปริมาณแมกนีเซียม ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ	106



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2- 1 แสดงการผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา (ปี พ.ศ. 2514 - พ.ศ. 2554)	20
ตารางที่ 2- 2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	23
ตารางที่ 2- 3 จำนวนประชากร คริวเรือน และอาชีพหลักในพื้นที่ศึกษา	24
ตารางที่ 2- 4 แสดงระดับความกระด้างของน้ำบาดาล	32
ตารางที่ 2- 5 มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค	37
ตารางที่ 3- 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานและแหล่งที่มาของข้อมูล	54
ตารางที่ 3- 2 รายละเอียดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างบ่อบาดาลของพื้นที่ศึกษา	56
ตารางที่ 3- 3 แสดงพารามิเตอร์ที่ศึกษาวิจัยและวิธีการวิเคราะห์	59
ตารางที่ 4- 1 ลักษณะหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา	64
ตารางที่ 4- 2 แสดงชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	69
ตารางที่ 4- 3 แสดงค่าไอแกนและร้อยละความแปรปรวนของตัวประกอบทั้งหมด	73
ตารางที่ 4- 4 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 1	74
ตารางที่ 4- 5 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 2	76
ตารางที่ 4- 6 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 3	79
ตารางที่ 4- 7 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 4	80
ตารางที่ 4- 8 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 5	82
ตารางที่ 4- 9 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 6	85
ตารางที่ 4- 10 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 7	86
ตารางที่ 4- 11 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 8	88
ตารางที่ 4- 12 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 9	88
ตารางที่ 4- 13 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 10	93

ตารางที่ 4- 14 แสดงค่าไอแกนและร้อยละความแปรปรวนของตัวประกอบทั้งหมด	94
ตารางที่ 4- 15 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่1	95
ตารางที่ 4- 16 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่2	96
ตารางที่ 4- 17 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่3	98
ตารางที่ 4- 18 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่4	100
ตารางที่ 4- 19 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่5	101
ตารางที่ 4- 20 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่6	102
ตารางที่ 4- 21 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่7	103
ตารางที่ 4- 22 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่8	104
ตารางที่ 4- 23 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 9	106



บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีความสำคัญและเหมาะสมที่จะนำไปอุปโภคบริโภค เนื่องจากปัจจุบันมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทรัพยากรน้ำบาดาลเริ่มมีบทบาทสำคัญอย่างมากโดยเฉพาะในช่วงที่น้ำผิวดินขาดแคลน แต่ในปัจจุบันนี้ทรัพยากรน้ำบาดาลกลับมีสารเคมีเข้าไปเจือปนจนทำให้คุณภาพของน้ำบาดาลเริ่มลดลง และในบางพื้นที่นั้นก็ไม่ได้เหมาะที่จะนำมาใช้ เพื่อการอุปโภคบริโภคซึ่งการปนเปื้อนของน้ำบาดาลอาจจะเกิดมาจากหลายสาเหตุโดยถูกปนเปื้อนจากกระบวนการทางธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ (Jiang, 2009) อ้างถึงใน (Helena, 2001) ซึ่งกระบวนการทางธรรมชาติเกิดเนื่องมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่โดยพื้นที่มีองค์ประกอบของหินประเภท ตะกอนธารน้ำพัดพาสะสมตัวตามร่องน้ำ (Fluvial deposits, Qa) ตะกอนตะพักลำน้ำ กรวด ทราย ศิลาแลง (Terrace deposits, Qt) และกลุ่มหินอัคนีจำพวกหิน ไรโอไลต์ แอนดีไซต์ (Permian Triassic Volcanic Rock, PTrv) สำหรับกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาลคือกิจกรรมทางการเกษตรและกิจกรรมเหมืองแร่ มีการรายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมโดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการทำเหมืองในพื้นที่อำเภอรัตนพิบูลย์ เริ่มมีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 และมีรายงานการพบโรคไตซึ่งเป็นเรื่องร้ายแรงที่มีสาเหตุมาจากการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายจากการดื่มกินและสัมผัสกับน้ำอาหารและวัสดุที่มีสารหนูปนเปื้อนในปี พ.ศ.2530 หลังจากการรายงานเหล่านั้นรัฐบาลได้มีมาตรการต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาทั้งระยะสั้นและระยะยาวด้วยความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน (ซูประภาวรรณ., 2537) และพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้ประโยชน์มากจนเกินไปพบความเข้มข้นของปริมาณไนเตรตและซัลเฟตในน้ำบาดาลสูงมากกว่าในอดีต (Aravena, 1999; Compton, 2000; Jiang, 2008) รวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการทางเกษตรกรรมและน้ำเสียจากชุมชนส่งผลต่อปริมาณไนเตรต ซัลเฟต แคลเซียม ฟอสเฟตและคลอไรด์ เพิ่มมากขึ้นในน้ำบาดาลเช่นกัน (Aiuppa, 2003) รวมทั้งการกักเก็บน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการขยายตัวของเมืองและชุมชนทำให้มีปริมาณฟอสเฟต คลอไรด์และปริมาณโลหะหนักเพิ่มมากขึ้น

พื้นที่ศึกษานี้มีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณนี้มีแหล่งแร่ทองคำที่สำคัญคือ แหล่งแร่เขาพนมพา ซึ่งเป็นแหล่งแร่ทองคำชนิดปฐมภูมิที่เกิดในสายแร่ Quartz – Carbonate (กรมทรัพยากรธรณี., 2544) ทำให้พื้นที่บริเวณนี้เกิดอุตสาหกรรมเหมืองขึ้นโดยในกระบวนการทำเหมืองแร่ทองคำนั้นมีการใช้สารเคมีในการชะละลายโลหะทองคำและอาจจะเกิดจากการเร่งจากกระบวนการทางธรรมชาติเป็นผลทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำบาดาล (Conesa, 2007) ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศบริเวณนี้เป็นแนวเทือกเขาสลับกับพื้นที่ราบลุ่มจึงทำให้พื้นที่บริเวณนี้มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมทำให้มีการใช้สารเคมีจำพวก ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงเพื่อไล่ศัตรูพืชมากจนเกินความจำเป็น ซึ่งถือว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาดาล (Jiang, 2009) จากผลกระทบที่เกิดขึ้นกับคุณภาพน้ำบาดาลยังไม่สามารถที่จะบอกถึงสาเหตุและแหล่งที่มาของการ

ปนเปื้อนได้อย่างชัดเจน การศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการประยุกต์เทคนิคทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยรวมกลุ่มของตัวแปรและลดจำนวนตัวแปรลง (วานิชย์บัญชา, 2546) โดยจะทำการรวมกลุ่มของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกันรวมไว้ด้วยกัน ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันจะรวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบมีข้อดีตรงที่เป็นการลดจำนวนข้อมูลลงทำให้การจับกลุ่มตัวแปรทำได้มากขึ้นการวิเคราะห์องค์ประกอบถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาแหล่งที่มาและการเปลี่ยนแปลงของทางด้านเคมีของน้ำบาดาล (Guler, 2012) เป็นประโยชน์ในการช่วยการตีความหมายของการปนเปื้อนคุณภาพน้ำบาดาล (Barbieri, 2001) และยังอธิบายกระบวนการทางอุทกธรณีวิทยาและอุทกธรณีเคมี รวมถึงคุณลักษณะของมลสารที่ปนเปื้อนที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาล (Chan, 2001; Kim, 2005; Kima, 2002; Ruiz, 1990) อีกทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและจะทำให้เข้าใจถึงกระบวนการทางธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาปริมาณสารที่ปนเปื้อนในน้ำบาดาลและปัจจัยของการปนเปื้อนน้ำบาดาล เพื่ออธิบายคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่และประเมินผลกระทบของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อนำไปสู่การวางแผนในการนำน้ำบาดาลมาใช้ในการอุปโภค และบริโภค ได้อย่างปลอดภัยเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์
2. ประเมินผลกระทบของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาวิจัยภาคสนามคือ บริเวณอำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลใน
2. ช่วงฤดู คือ ฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) และฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน)

1.4 สมมติฐาน

กระบวนการทางธรรมชาติและกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาดาลบริเวณอำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนในการป้องกันและฟื้นฟูคุณภาพน้ำบาดาลให้สามารถที่จะนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ได้อย่างปลอดภัยต่อไป



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 พื้นที่ศึกษา

2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาครอบคลุม 3 จังหวัด จึงมีสภาพภูมิประเทศแตกต่างกันไป โดยพื้นที่ด้านตะวันตกเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขาเป็นที่เนินเหมาะแก่การทำไร่ส่วนที่ราบลุ่มเหมาะแก่การทำนาบางส่วนเป็นป่าทึบทางทิศใต้ภูมิประเทศมีลักษณะเป็นที่ราบสำหรับพื้นที่ทางตอนเหนือมีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบเหมาะแก่การทำเกษตรมีพื้นที่ที่เป็นภูเขาบางส่วนคือ เขาเขียวและเขารวกและพื้นที่ทางทิศตะวันออกสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขามีลำคลองไหลผ่าน

1) บริเวณราบน้ำท่วมถึง (Flood plain)

เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกพัดพาไปโดยแม่น้ำในฤดูน้ำหลาก ตะกอนมีการทับถมเพิ่มมากขึ้นทุกปี เกิดเป็นที่ราบกว้างขวาง มีความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ พบบริเวณสองฝั่งของลำน้ำยม ลำน้ำน่าน และลำน้ำพิจิตร สภาพเป็นที่ราบลุ่มคันดินกั้น (Backswamp) และเนินหรือคันดินธรรมชาติ (Natural levee)

2) บริเวณลานตะพักลำน้ำและเนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Low river terrace and alluvial fan)

เกิดจากอิทธิพลของทางน้ำสายย่อย ที่ไหลมาจากบริเวณที่สูงพัดพาตะกอนเข้าสู่ตอนกลางของพื้นที่ เมื่อกระแสลำน้ำกำลังลดลง จะทำให้ได้เนินตะกอนรูปพัด สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลอนคลื่นสลับกันกับที่ราบลุ่ม ความลาดชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ พบเป็นส่วนขอบด้านทิศตะวันออกแนวเขตติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์

3) บริเวณลานตะพักลำน้ำเก่า (Old river terrace)

เกิดจากการทับถมของตะกอนในลุ่มน้ำเก่า ชั้นตะกอนจะมีอายุแก่กว่าสองบริเวณแรกระดับพื้นที่สูงกว่าและค่อนข้างราบ ความลาดชันน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ พบอยู่ตามแนวเชิงเขา ถัดจากสองบริเวณแรกเข้าไปทางของสองข้างของจังหวัด

4) บริเวณพื้นที่ผิวที่หลงเหลือจากการกร่อน (Erosion surface)

เป็นพื้นที่หลงเหลือจากการกัดกร่อนทางธรรมชาติ ไม่ได้เกิดจากการทับถมของตะกอน ส่วนใหญ่มีผลมาจากการปรับระดับของพื้นที่โดยอิทธิพลของทางน้ำ สภาพพื้นที่มักเป็นลอนลูกคลื่น ความลาดชัน 3 – 8 เปอร์เซ็นต์ พบบริเวณขอบพื้นที่เนินเขาและเทือกเขา

5) พื้นที่เนินเขาและเทือกเขา (Mountain and hill)

เป็นพื้นที่ตามแนวเขา ชั้นหินแข็ง สภาพพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พบตามแนวตะเข็บทางด้านตะวันออก ส่วนที่ติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์

6) ที่ราบลุ่มแอ่งกระทะ

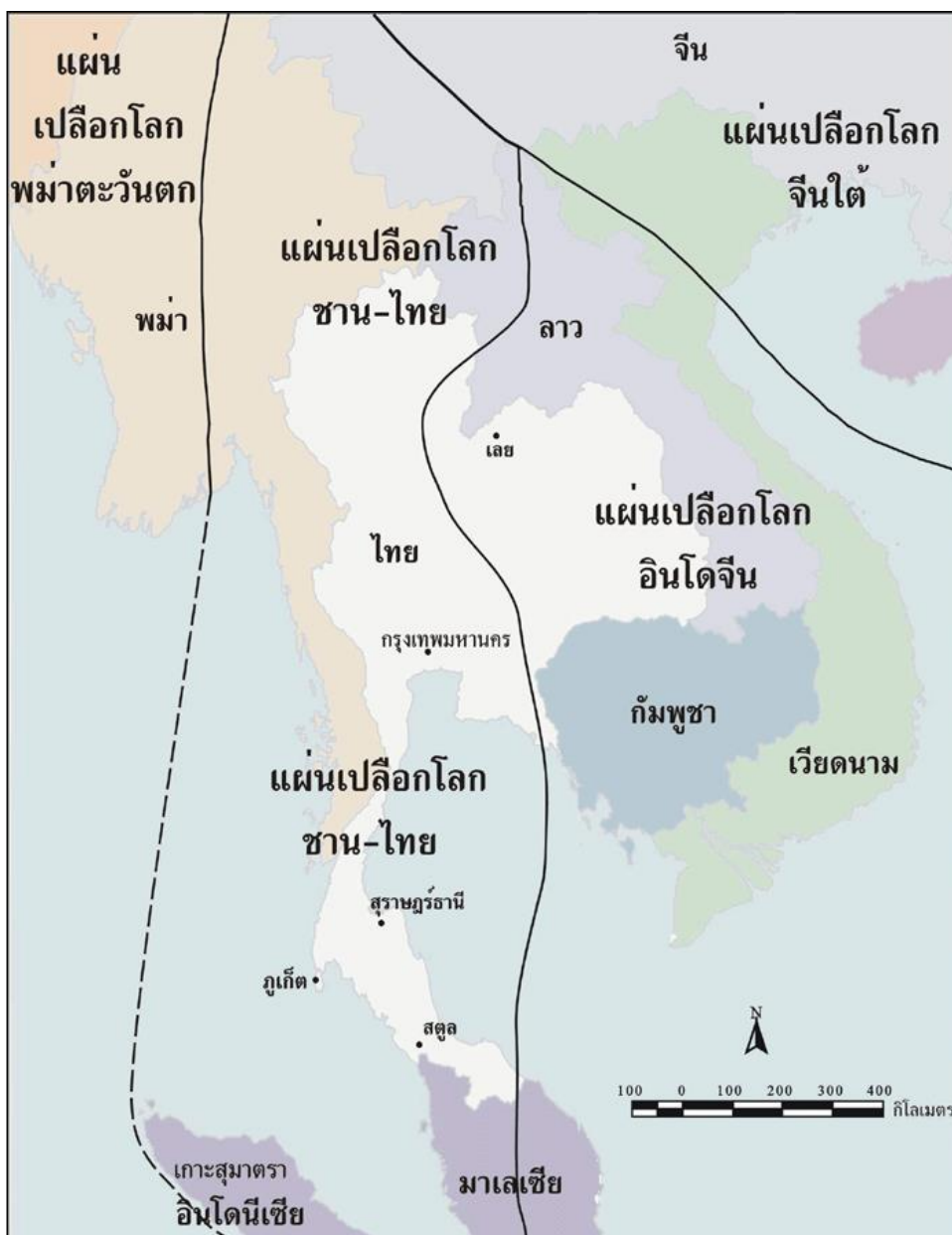
เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกพัดพามาโดยแม่น้ำทางน้ำสายย่อยต่างๆจากบริเวณเทือกเขาที่อยู่ล้อมรอบ ตะกอนมีการทับถมเกิดเป็นที่ราบ เอียงลาดจากขอบแอ่งด้านทิศเหนือลงมาทางทิศใต้ โดยมีระดับความสูงต่างกันประมาณ 100 เมตร ตะกอนสะสมตัวตามแนวลำน้ำป่าสัก

7) พื้นที่เนินเขาและเทือกเขา

เป็นพื้นที่ตามแนวเขา ชั้นหินแข็ง สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะเป็นแนวเทือกเขาที่ล้อมรอบตัวแอ่งเพชรบูรณ์ เกิดจากการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกตามแนวระนาบรอยเลื่อนที่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้

2.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษามีพื้นที่บางส่วนเป็นพื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย (Shan-Thai) ที่ครอบคลุมบริเวณด้านตะวันออกของประเทศพม่าบริเวณภาคเหนือ-ภาคตะวันตก-ภาคใต้ของประเทศไทยรวมถึงประเทศมาเลเซียและตอนเหนือของเกาะสุมาตราพื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนครอบคลุมบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ-ภาคตะวันออกของประเทศไทย ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประเทศกัมพูชา รวมถึงบางส่วนของประเทศเวียดนาม พื้นที่ประเทศไทยที่อยู่ในส่วนของแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทยรองรับด้วยหินตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (544-4,500 ล้านปี) มหายุคพาโลโซอิก (245-544 ล้านปี) มหายุคมีโซโซอิก (65-245 ล้านปี) และมหายุคซีโนโซอิก (ปัจจุบัน-65 ล้านปี) เป็นส่วนใหญ่ แต่ในส่วนของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนรองรับด้วยหินมหายุคพาโลโซอิกมหายุคมีโซโซอิกและมหายุคซีโนโซอิกเป็นส่วนใหญ่ จากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอินเดียเข้ามาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชียในช่วงยุคเทอร์เชียรีทำให้ชั้นหินของแนวสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) และชั้นหินแนวเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Petchabun Fold Belt) ซึ่งอยู่ระหว่างขอบรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทยและอินโดจีนเกิดการคดโค้งตัว และพัฒนาเกิดแนวรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทยหลายแนวด้วยกัน อาทิ รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) ในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เช่น รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เช่น รอยเลื่อนอุตรดิตถ์-น่าน รอยเลื่อนระนอง รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย **ดังรูปที่ 2-1**



รูปที่ 2 - 1 แผนที่แสดงขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทยและภูมิภาคใกล้เคียง (กรมทรัพยากรธรณี., 2550)

1) มหายุคพาลีโอโซอิก

- หินชั้นกึ่งแปรรยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Permian- Carboniferous) ประกอบด้วยหินทรายกึ่งหินควอร์ตไซต์ (Quartzitic sandstone) หินดินดานกึ่งหินชนวน (Phyllitic to slaty shale) และหินกรวดมนที่บางส่วนแปรสภาพไปเนื่องจากอิทธิพลของหินภูเขาไฟที่เกิดขึ้นมาภายหลังทำให้เนื้อหินค่อนข้างแข็งมีการวางตัวเป็นแนวสันเขาด้านทิศตะวันออกและเหนือของอำเภอหล่มสักด้านตะวันออกของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์อำเภอหนองไผ่อำเภอบึงสามพันอำเภอวิเชียรบุรีและ

อำเภอศรีเทพนอกจากนี้ยังพบเป็นแนวเนินเขาด้านตะวันตกของอำเภอหนองไผ่และวางตัวเป็นเนินที่ระดับความสูงไม่มากนักในอำเภอชนแดนและอำเภอวังโป่งด้านที่ติดกับจังหวัดพิจิตร

- หินคาร์บอนเตยุคเพอร์เมียน (Permian) หินปูนสีเทาหินเชิร์ตสีดำหินดินดานสีเทา หินทรายและหินกรวดมนสีเทาขาวถึงน้ำตาลแกมแดงมักพบแทรกอยู่ในชั้นหินชุดอื่นพบเป็นสันเขาแคบๆมีพื้นที่ไม่มากนักในหลายบริเวณของจังหวัดเพชรบูรณ์ดังนี้พบว่ามีการแทรกอยู่ในชั้นหินชั้นกึ่งแปรบริเวณอำเภอหนองน้ำหนาวพบว่าการแทรกอยู่ในกลุ่มหินโคราชตอนล่าง (หมวดหินภูกระดึง-น้ำพอง) บริเวณตอนใต้ของอำเภอหล่มเก่าอำเภอวิเชียรบุรีและแทรกอยู่ระหว่างชั้นหินชั้นกึ่งแปรและหินอัคนีในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์อำเภอวังโป่งอำเภอหนองไผ่อำเภอวิเชียรบุรี

2) มหายุคมิโซโซอิก

- หินยุคไทรแอสซิก

หมวดหินห้วยลาด วางตัวไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินน้ำพอง ลักษณะของหินประกอบด้วยหินกรวดมนพื้นฐาน โดยมีหินปูนแทรกสลับเล็กน้อย มีหินทรายและหินโคลนสีเทาแทรกสลับกัน หมวดหินห้วยลาดเกิดจากการตกสะสมตัวในที่ราบลุ่มเชิงเขา ภายใต้ภูมิประเทศที่ไม่ราบเรียบ

หมวดหินน้ำพอง เป็นหมวดหินล่างสุดของกลุ่มหินโคราชที่เริ่มมีสีแดงโดยเฉพาะทางโคราชด้านตะวันตกหมวดหินน้ำพองประกอบด้วยชั้นหินทรายแป้งหินทรายและหินกรวดมนสลับกันเป็นชั้นหนาวางตัวต่อเนื่องจากหมวดหินห้วยหินลาดในขณะที่บางบริเวณวางตัวอยู่บนหินปูนยุคเพอร์เมียนแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องหมวดหินนี้หนาประมาณ 1,465 เมตรและแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 100 – 1,500 เมตร หมวดหินน้ำพองเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในที่ราบลุ่มเชิงเขาในระยะแรก และเปลี่ยนไปเป็นการตกตะกอนในแม่น้ำแบบโค้งตัว

- หินยุคจูแรสซิก

หมวดหินภูกระดึงวางตัวอยู่บนหมวดหินน้ำพองหรือบนหินยุคเพอร์เมียนในบริเวณที่ไม่มีหมวดหินน้ำพองหมวดหินนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้งหินทรายสีเทาอมเขียวหินโคลนและหินกรวดมนเนื้อปูนผสมมีซากดึกดำบรรพ์ชิ้นส่วนของกระดูกและฟันปลีสีโอซอร์และกระดูกไดโนเสาร์ ความหนาของหมวดหินนี้ที่บริเวณภูกระดึงประมาณ 1,001 เมตรหมวดหินนี้แผ่กระจายกว้างขวางในพื้นที่ขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราชตามแนวการแพร่กระจายของหมวดหินลาดและหมวดหินน้ำพอง และในบริเวณ อำเภอเมือง อำเภอหล่มสัก และอำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถพบหมวดหินนี้ได้

- หินยุคจูแรสซิก - ครีเทเชียส

หมวดหินพระวิหารโดยทั่วไปหมวดหินพระวิหารประกอบด้วยหินทราย สีขาวปนเหลือง เม็ดละเอียดถึงหยาบ มีการคัดขนาดและความมนดี ประกอบด้วยเนื้อควอตซ์สีขาวเป็นส่วนใหญ่นอกจากนี้ยังสามารถพบ หินทรายแป้ง หินโคลน ชั้นบางๆ และหินกรวดมน การวางตัวมักแสดงลักษณะชั้นเฉียงระดับและมีชั้นบางๆของหินทรายแป้งสีเทาดำแทรกโดยทั่วไปหมวดหินนี้จะมี ความหนาประมาณ 100 – 250 เมตร หมวดหินพระวิหารแผ่กระจายกว้างขวางทั่วที่ราบสูงโคราชในพื้นที่เดียวกับหมวดหินภูกระดึงหมวดหินพระวิหารเกิดจากการตกตะกอนสะสมตัวของแม่น้ำ ในสภาพภูมิอากาศค่อนข้างกึ่งแห้งแล้ง

- หินยุคครีเทเชียส

หมวดหินเสาขัวประกอบด้วยหินทรายแป้งสีน้ำตาลแกมแดง หินทรายสีแดงอ่อน เม็ดขนาดละเอียดถึงละเอียดมาก หินโคลนและหินกรวดมนปนทรายหมวดหินเสาขัวมีการวางตัวแบบแทรกสลับกันแบบ cycles ของหินโคลนปนทราย โดยทั่วไปหมวดหินเสาขัวมีความหนาอยู่ที่ประมาณ 200- 760 เมตร หมวดหินเสาขัวเกิดจากการสะสมตัวและตกตะกอนโค้งตัว ที่พบว่ามีการตกตะกอนในร่องน้ำทั้งหินกรวดมน หินทราย และตะกอน มีการสะสมตัวแบบที่ราบน้ำท่วมขัง ในสภาวะอากาศเป็นแบบกึ่งแห้งแล้ง

หมวดหินภูพานมีลักษณะค่อนข้างเด่นโดยเฉพาะประกอบด้วยหินทรายสีเทาปนขาว มีขนาดเม็ดปานกลางถึงเม็ดหยาบและปนหินกรวดมน เป็นชั้นหนามีการวางตัวเป็นแนวเฉียงระดับขนาดใหญ่ มีการวางตัวต่อเนื่อง ความหนาของหมวดหินภูพานประมาณ 80 – 140 เมตร หมวดหินภูพานเกิดจากการตกตะกอนสะสมตัวจากแม่น้ำ

หมวดหินโคกกรวดประกอบด้วยหินทรายแป้งหินทรายสีแดงอ่อน แดงแกมเทา ขาว น้ำตาลและหินทรายแป้งปนปูน (Caliche-siltstone) ขนาดของเม็ดค่อนข้างละเอียด ความหนาของหินชั้นนี้อยู่ที่ 430 – 700 เมตร หินโคกกรวดแผ่กระจายให้เห็นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามขอบทั้งสองด้านของแอ่งพื้นราบของแอ่งรูปประทุน

หมวดหินมหาสารคามประกอบด้วยหินทรายแป้งและหินทรายมีชั้นโพแทชยิปซัม และเกลือหินหนาเฉลี่ย 200 เมตรหมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 600 เมตรเกิดจากการสะสมตัวของแอ่งซึ่งอาจแยกกันเป็น 2 แอ่งคือแอ่งสกลนครกับแอ่งโคราชอายุของหินมหาสารคามนี้มีอายุประมาณยุคครีเทเชียสตอนปลายจากหลักฐานสนามแม่เหล็กบรรพกาล

- หินยุคครีเทเชียส – เทอร์เชียรี

หมวดหินภูซัดวางตัวไม่ต่อเนื่องอยู่บนหมวดหินเขาย่าปุ๊กประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลถึงน้ำตาลม่วงเม็ดแร่ขนาดละเอียดถึงปานกลางมีเนื้อหินปูนปนที่มีการคัดขนาดที่ตื้นชั้นของหินทรายแป้งและหินโคลนสลับ

หมวดหินเขาย่าปุ๊กพบที่บริเวณอุทยานแห่งชาติน้ำตกชาติตระการและพื้นที่ข้างเคียงวางตัวต่อเนื่องมาจากหมวดหินมหาสารคามโดยอาศัยการเรียงลำดับชั้นหินจากหลุมเจาะน้ำบาดาลที่บ้านน้ำลัดอำเภอนครไทยหมวดหินนี้ประกอบด้วยส่วนบนเป็นชั้นหินทรายชั้นหนาเม็ดทรายสีแดงอิฐมีความกลมมนดีหินทรายแป้งหินโคลนและหินกรวดมนสีน้ำตาลแดงสีแดงปนม่วงพบชั้นเฉียงระดับและรีวรอยคลื่น

3) มหายุคซีโนโซอิก

หินในยุคนี้เป็นตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ราบของจังหวัดพิษณุโลกมีวิวัฒนาการมาจากสมัยไพลโอซีนต่อกับไพลสโตซีนประมาณ 1.8 ล้านปีหลังการเกิดรอยเลื่อนแบบบล็อกจึงทำให้ส่วนที่เป็นขอบแอ่งด้านทิศตะวันออกยกตัวสูงขึ้นเป็นลักษณะของภูเขาตะกอนที่สะสมตัวอยู่ตามขอบแอ่งเป็นลักษณะรูปลานตะพักน้ำยุคเก่าคาดได้ว่าอายุของตะกอนเหล่านี้จะอยู่ในยุคไพลสโตซีนด้วยตะกอนที่สะสมตัวในที่ราบตลอดจนถึงตะกอนที่สะสมตัวแบบน้ำพาอายุอ่อนกว่าไพลสโตซีนตามลำดับ

ไปจนถึงตะกอนน้ำหลากอายุโฮโลซีนอายุประมาณ 10,000 ปีกำหนดลำดับชั้นและหน่วยตะกอนจากอายุอ่อนไปอายุแก่กว่าแบ่งได้ 3 หน่วยดังนี้

- ตะกอนน้ำพา (Alluvium) เป็นตะกอนที่เกิดขึ้นในช่วงลุ่มน้ำหลากและสะสมตัวอยู่ในเขตน้ำท่วมถึงส่วนประกอบมีทรายเป็นส่วนร่วมกับหินกรวดท้องน้ำและดินเหนียวเป็นส่วนน้อยที่แนวขนานไปกับแม่น้ำน่านแม่น้ำยมและลำน้ำแควน้อยระดับความสูงของผิวที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพาอยู่ที่ระดับ 35-40 เมตรหลายแห่งเป็นแนวเดิมของแม่น้ำเก่าซึ่งยังแสดงลักษณะแนวโค้งของแม่น้ำ

- ตะกอนน้ำพายุคใหม่ประกอบด้วยพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งสะสมของตะกอนลานตะพักที่สะสมตัวในยุคหลังไพลสโตซีนประกอบด้วยตะกอนของดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่สลับด้วยตะกอนทรายหรือกรวดในอัตราส่วนน้อยกว่าหรือวางตัวในรูปของกระจาปะ (Lens) ภูมิภาคนี้เป็นที่ราบลุ่มซึ่งเป็นแหล่งทางการเกษตรมีระดับความสูง 50-60 เมตร

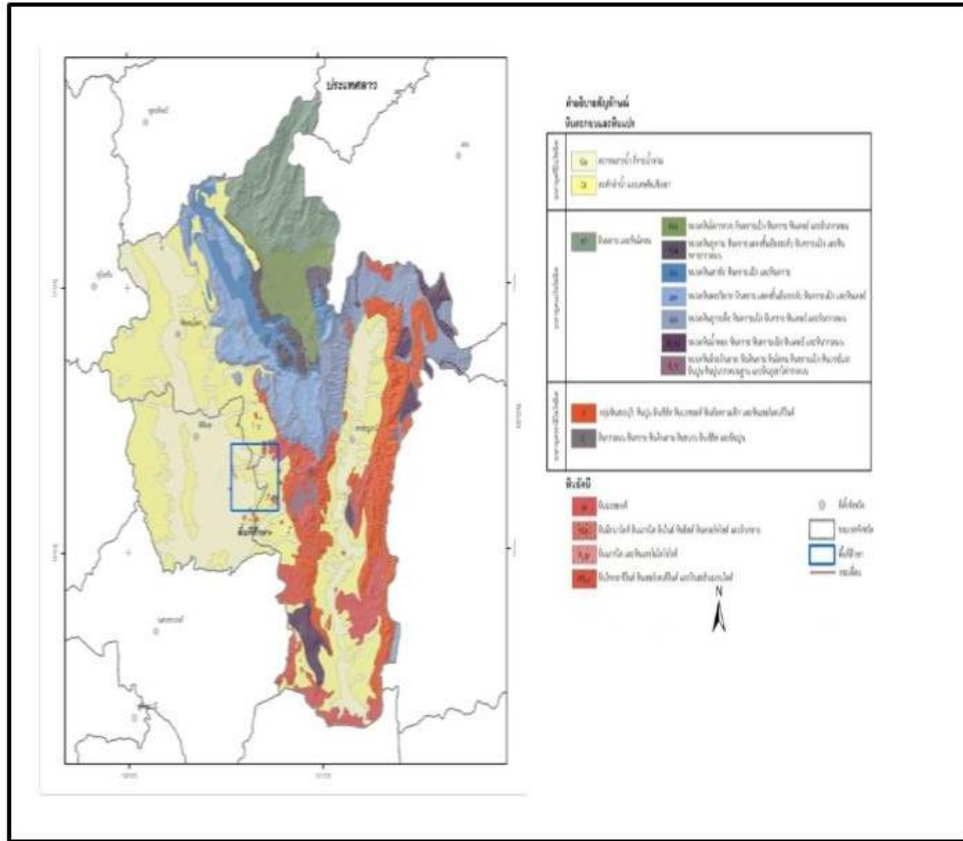
- ตะกอนตะพักยุคเก่าประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายและเศษหินที่มีการคัดขนาดค่อนข้างดีและสะสมตัวอยู่ที่ราบเชิงเขาเช่นแถบขอบแอ่งด้านตะวันออกมีระดับความสูงที่ระดับ 70-100 เมตรกับพื้นที่ราบที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในหุบเขา

- หินอัคนี

หินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไตรแอสซิก (Permo-Triassic Volcanic Rocks) พบเป็นหินภูเขาไฟประเภทแอนดีไซต์ (Andesite) ไรโอไลต์ (Rhyolite) และหินทัฟฟ์ (Tuff) มีหินกรวดภูเขาไฟ (Agglomerate) และหินชั้นภูเขาไฟ (Pyroclastic rock) แทรกอยู่เป็นบางแห่งมักพบเป็นเนินเขาโดดๆแทรกอยู่ประปรายในหินยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัสและหินยุคไตรแอสซิกตอนบน-จูแรสซิกตอนล่างพบในจังหวัดเพชรบูรณ์บริเวณทางเหนือของอำเภอหล่มเก่าและอำเภอน้ำหนาวพบแทรกอยู่ในหินยุคไตรแอสซิกตอนบน-จูแรสซิกตอนล่างถัดลงมาในเขตอำเภอเมืองเพชรบูรณ์กระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างหินยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัสและหินยุคไตรแอสซิกตอนบน-จูแรสซิกตอนล่างบางส่วนพบแทรกอยู่ในหินยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัสในบริเวณอำเภอวังโป่งอำเภอชนแดนและอำเภอหนองไผ่ที่พบแทรกในหินยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัสและหินยุคไตรแอสซิกตอนบน-จูแรสซิกตอนล่างพบในอำเภอบึงสามพันและอำเภอวิเชียรบุรี

หินแกรนิตยุคไตรแอสซิก (Triassic granite) พบเป็นหินแกรนิต (Granite) แกรโนไดโอไรต์ (Grano-Diorite) และไดโอไรต์ (Diorite) พบกระจายเป็นหย่อมๆในเขตอำเภอวังโป่งและอำเภอชนแดนจังหวัดเพชรบูรณ์หินแกรนิตชนิดนี้จัดอยู่ในยุคไตรแอสซิก

หินบะซอลต์ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary basalt) พบหินบะซอลต์ปิดทับหินอายุอยู่ในยุคไตรแอสซิกบริเวณอำเภอศรีเทพและปิดทับหินอายุเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่ ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2 - 2 ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่ ดัดแปลงมาจาก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)



2.1.3 ธรณีวิทยาแหล่งแร่

ทองคำ (Gold, Au) เป็นแร่ที่ประกอบด้วยธาตุธรรมชาติ (native element) แต่อาจจะเกิดผสมกับโลหะธาตุอื่นๆ เช่น ทองแดง เหล็ก และเงิน ที่ทำให้ทองคำมีสีเหลืองอ่อนลง ถ้ามีเงินปนอยู่มากกว่าร้อยละ 20 จะเรียกว่า electrum ทองคำมีรูปผลึกอยู่ในระบบไอโซเมทริกชนิดออกตะฮีดรอน แต่ในธรรมชาติมักพบเป็นเกล็ดหรือเม็ดกลมหรืออาจพบเป็นก้อนใหญ่และที่เกิดเป็นรูปผลึกนั้นหายากและไม่สมบูรณ์ส่วนใหญ่มีสีเหลืองเข้มความแข็ง 2.5-3.0 สามารถตีแผ่เป็นแผ่นบางได้มีค่าความถ่วงจำเพาะ 15-19 ขึ้นกับมลทินที่ปนอยู่ถ้าบริสุทธิ์มีค่าความถ่วงจำเพาะ 19.3 สันนิษฐานว่าทองคำเป็นโลหะอิสระชนิดแรกที่มีมนุษย์รู้จักเมื่อประมาณ 4,000 ปีก่อนคริสตศักราชในยุคเมโสโปเตเมียซึ่งเป็นอาณาจักรโบราณในตะวันออกกลางและประวัติศาสตร์ทุกยุคสมัยไม่ว่าจะเป็นอียิปต์โบราณยุโรปจีนล้วนแล้วแต่มีการกล่าวถึงทองคำรวมทั้งคุณค่าและการใช้ประโยชน์จากโลหะชนิดนี้ทองคำพบได้ในหินเกือบทุกชนิดโดยมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 0.0035 กรัมต่อตันในเปลือกโลกและมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 0.00003 กรัมต่อตันในน้ำทะเล แต่มีบางบริเวณหรือในสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมที่มีการสะสมตัวของแร่ทองคำเกิดเป็น “แหล่งแร่ทองคำ”

ในบริเวณนี้มีการสะสมตัวของแร่ทองคำแบบไอน้ำร้อนซัลเฟอร์อูณหภูมิต่ำ (Low-sulfidation epithermal gold deposit) ซึ่งอยู่ในบริเวณที่เกิดเทคโทนิคในบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลกตามแนวหินภูเขาไฟเลย-เพชบูรณ์โดยที่มีหินอัคนีบาดาลแทรกตัวอยู่ด้านใต้ของแนวหินภูเขาไฟนี้เป็นแหล่งให้ความร้อนและสร้างระบบไอน้ำร้อนทำให้มีการสะสมตัวของแร่โลหะซึ่งนำไปสู่การสะสมตัวของแร่ทองคำและแร่เงินในบริเวณนี้ซึ่งจำแนกตามลักษณะการเกิดได้อย่างง่าย ๆ 2 ชนิด คือ ชนิดปฐมภูมิและชนิดทุติยภูมิ

1) การกำเนิดแหล่งแร่ทองคำ

แร่ทองคำมีแหล่งกำเนิด 2 แหล่งคือ แหล่งปฐมภูมิ (Primary deposit) และแหล่งทุติยภูมิ (Secondary deposit) ดังนี้

1.1) แหล่งปฐมภูมิเป็นแหล่งแร่ที่อยู่ในสายหรือทางแร่ทองคำ (Gold bearing vein) ซึ่งเกิดร่วมกับหินอัคนีเช่นเกิดรวมในสายแร่ควอตซ์กับแร่ไพไรต์ (Pyrite, FeS₂) แร่คาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite, CuFeS₂) แร่กาลินา (Galena, PbS) แร่สฟาเลอไรต์ (Sphalerite, ZnS) ซึ่งแร่เหล่านี้มีความสัมพันธ์กับมวลหินแกรนิตการเกิดแร่ทองคำเช่นนี้จะมีการละลายน้ำร้อน (Hydrothermal solution) จากต้นกำเนิดที่เรียกว่าหินหนืด (Magma) และหินแปร โดยทองคำมักเกิดเป็นธาตุอิสระหรือเกิดผสมกับโลหะชนิดอื่นๆ เช่น เงิน ทองแดง พัลลาเดียม (Palladium, Pd) เป็นต้นและฝังประอยู่ในหินหรือสายแร่ที่แทรกอยู่ในหินส่วนใหญ่ แร่ทองคำมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าซึ่งเคลื่อนตัวตามรอยแตกของหินภายใต้เปลือกโลกส่วนบนของมวลหินหนืดจะเป็นหินแกรนิตและสารละลายน้ำร้อน จะตกผลึกให้เป็นแร่หรือสายแร่ตามรอยแตกรูปที่ 2-3

1.2) แหล่งทุติยภูมิเป็นแหล่งแร่บนลานแร่ (Placer deposit) ซึ่งมีธารน้ำไหลผ่านมักจะปะปนกับแร่หนักชนิดอื่นๆ ที่ทนต่อการสึกกร่อนทางธรรมชาติเช่นแร่แมกนีไทต์ (magnetite, Fe₃O₄) แร่อิลเมไนต์ (ilmenite) แร่การ์เนต (Garnet) โดยมีชั้นดินหรือชั้น

กรวดทรายปิดทับชั้นแร่ไว้การเกิดแบบนี้มักจะพบหินต้นกำเนิดในลักษณะภูมิประเทศที่เป็นลักษณะภูเขาหรือพื้นที่ที่มีความลาดชันเมื่อเกิดการสลายตัวไปตามธรรมชาติจะถูกธารน้ำพัดพาไปจากแหล่งกำเนิดเดิมแต่แร่ทองคำและแร่อื่นที่หนักและทนต่อการสึกกร่อนผุพังจะแยกตัวออกจากเศษหินดินทรายอื่นๆและสะสมตัวมากขึ้นตรงบริเวณที่เป็นแหล่งลานแร่ถ้าเป็นแหล่งแร่ทองคำ (Stream deposit) แร่จะสะสมรวมตัวและรวมตัวกันมากขึ้นบริเวณทองคำจนกลายเป็นแหล่งแร่ส่วนการสะสมของแร่ที่มีอยู่ตามไหล่เขาหรือที่ลาดชันใกล้กับหินต้นกำเนิดหรือสายแร่เดิมจะเป็นแหล่งแร่ฟลักซ์ (Eluvial deposit) ต่อมาจะมีตะกอนของดินทรายกรวดมาทับถมกันเป็นชั้นหนาจนเกิดเป็นลานหรือแหล่งแร่ทองคำการผลิตทองคำส่วนใหญ่จะได้จากแหล่งลานแร่ซึ่งพบได้ในทุกทวีป



รูปที่ 2 - 3 การกำเนิดแร่ทองคำ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)

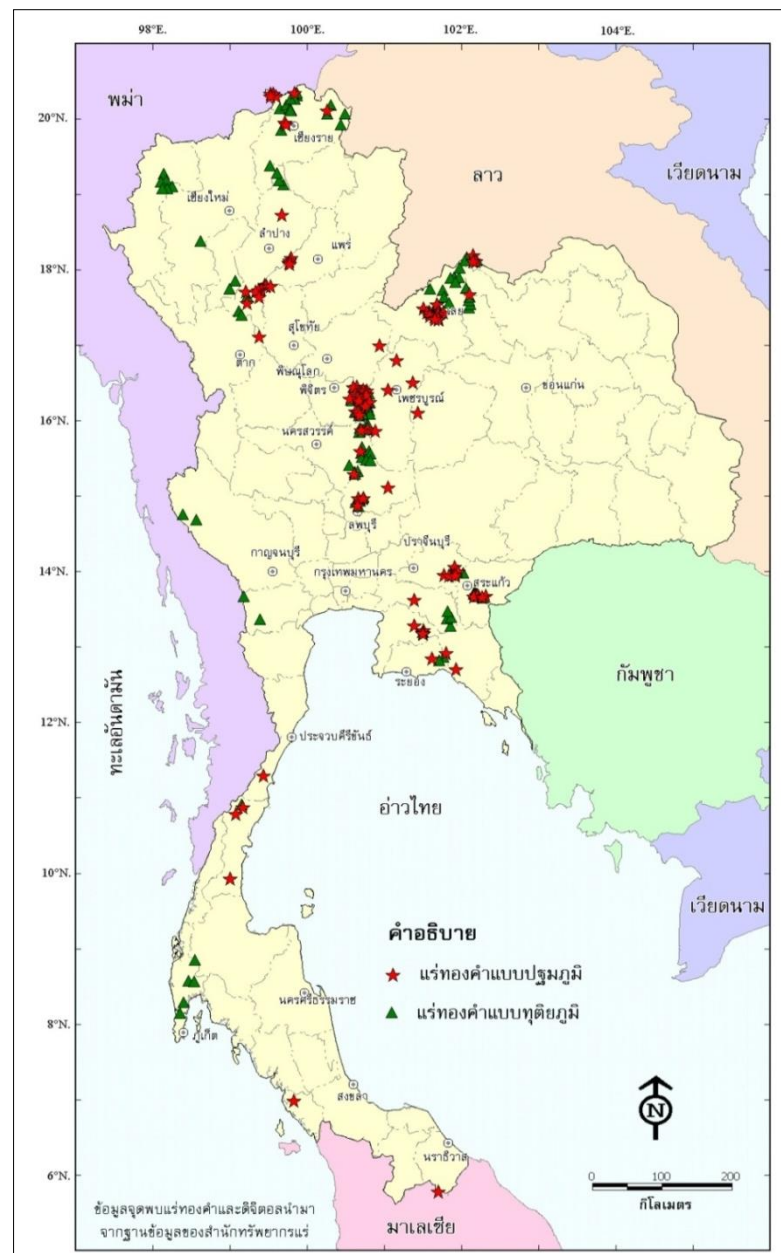
2) แหล่งแร่ทองคำในประเทศไทยดังรูปที่2-4

2.1) แหล่งแร่ทองคำปฐมภูมิในไทยเช่น:

- แหล่งโตะโมะ จ.นราธิวาส
- แหล่งเขาสามสืบ จ.สระแก้ว
- แหล่งชาตรี (เขาโป่ง) จ.พิจิตร-เพชรบูรณ์
- แหล่งดอยตุง (บ้านผาอี) จ.เชียงราย
- แหล่งเขาพนมพา จ.พิจิตร ทองคำรวมทั้งตั้งโรงงานถลุงแร่ทองคำและเงินเมื่อเดือน พฤศจิกายนพ.ศ. 2544

2.2) แหล่งแร่ทองคำทุติยภูมิในไทยเช่น:

- แหล่งบ้านป่าร้อน จ.ประจวบคีรีขันธ์
- แหล่งบ้านนาล้อม จ.ปราจีนบุรี
- แหล่งบ้านทุ่งฮั่ว จ.ลำปาง
- แหล่งในแม่น้ำโขง จ.เลย-หนองคาย
- แหล่งบ้านผาช้างมูบ จ.พะเยา



รูปที่ 2 - 4 แผนที่แสดงแหล่งแร่ปฐมภูมิและแหล่งแร่ทุติยภูมิ (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

แหล่งแร่ทองคำชาติตั้งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่งจังหวัดเพชรบูรณ์ ครอบคลุมพื้นที่เขาโป่งเขาหม้อต่อเนื่องขึ้นไปยังเขาเข็มที่แผ่กระจายตัวขึ้นไปทางทิศเหนือแหล่งทองคำชาติจัดเป็นแหล่งแร่ชนิดปฐมภูมิ (primary deposit) ที่มีแร่เงิน (silver, Ag) เกิดร่วมด้วยซึ่งแร่ทองคำและเงินมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าฝังตัวอยู่ในสายแร่ควอตซ์ - คาร์บอเนต (quartz - carbonate veins) โดยสายแร่ควอตซ์ - คาร์บอเนตเกิดแทรกอยู่ตามรอยแตกและรอยเลื่อนในหินภูเขาไฟซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟชนิดกลางประเภทแอนดีไซต์หรือเดไซต์ (intermediate volcanic rocks: andesitic to dacitic tuff) พบในบริเวณเขาโป่งหรือเขาดินและบริเวณเชิงเขาด้านตะวันออกของเขาม้อและเนื่องจากเป็นสายแร่ควอตซ์ที่เกิดอยู่ในหินแข็งจึงเกิดเป็นสายแร่ขนาดใหญ่ซึ่งมีความกว้างถึง 4-5 เมตรและให้ค่าความสมบูรณ์ของแร่ทองคำในสินแร่ในปริมาณ 3-5 กรัมต่อตันสายแร่อีกชนิดหนึ่งพบเกิดตามรอยเลื่อนแนวแตกรอยแตกและช่องว่างตามแนวชั้นหินของหินตะกอนชนิดหินโคลนหินดินดานและหินทรายเนื้อหยาบโดยเนื้อหินมักมีส่วนผสมของตะกอนดิน - ทรายและเศษเถ้าภูเขาไฟ (fine grain volcanic clastic sedimentary rocks) บางส่วนเป็นหินกรวดเหลี่ยม (breccia) และเป็นหินที่มีการเติมซิลิกาในเนื้อหิน (silicified rocks) มีความแข็งมากกว่าหินตะกอนโดยทั่วไปจึงมักเกิดเป็นสันหรือเนินต่างๆ เช่น บริเวณเนินเขาหม้อเขาเข็มเป็นต้น สายแร่ควอตซ์ในหินตะกอนนี้มักเกิดเป็นสายขนาดเล็ก เช่น 3-50 เซนติเมตรในลักษณะของ stock work veins ซึ่งให้ค่าความสมบูรณ์ของแร่ทองคำในสินแร่ต่ำกว่าชนิดแรกมีค่าประมาณ 1-2 กรัมต่อตันสายแร่ทั้งสองชนิดเป็นสายแร่จากน้ำร้อน (hydrothermal veins) อาจมีอุณหภูมิของการเกิดสะสมตัวของแร่ที่อุณหภูมิต่ำ (epithermal deposit) โดยทั่วไปมีแร่ซัลไฟด์น้อยและมีลักษณะเป็นชั้นๆ เนื้อละเอียดซึ่งแหล่งแร่ทองคำจากสายแร่ควอตซ์นี้เป็นแหล่งแร่ที่มีการทำเหมืองกันมากที่สุดเนื่องจากมักมีความสมบูรณ์ของแร่ทองคำอยู่สูง

2.1.4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา

จากการที่มีตะกอนร่วนและหินหลายชนิดมีอายุแตกต่างกัน โผล่ให้เห็นในจังหวัดพิษณุโลก ในทางวิชาการน้ำบาดาล ได้ทำการจัดหมวดหมู่หินเหล่านี้โดยทำการศึกษาโดยอาศัยคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลเป็นตัวกำหนด โดยนำหินที่ถูกจัดกลุ่มหน่วยหินทางธรณีวิทยา (Geology unit) แล้วมาเป็นตัวจำแนกใหม่ในรูปแบบหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrological unit) หรือชั้นน้ำบาดาล ดังนั้นจึงอธิบายลักษณะอุทกธรณีวิทยา โดยกองน้ำบาดาล (กองน้ำบาดาล., 2552) ดังรูปที่ 2-5

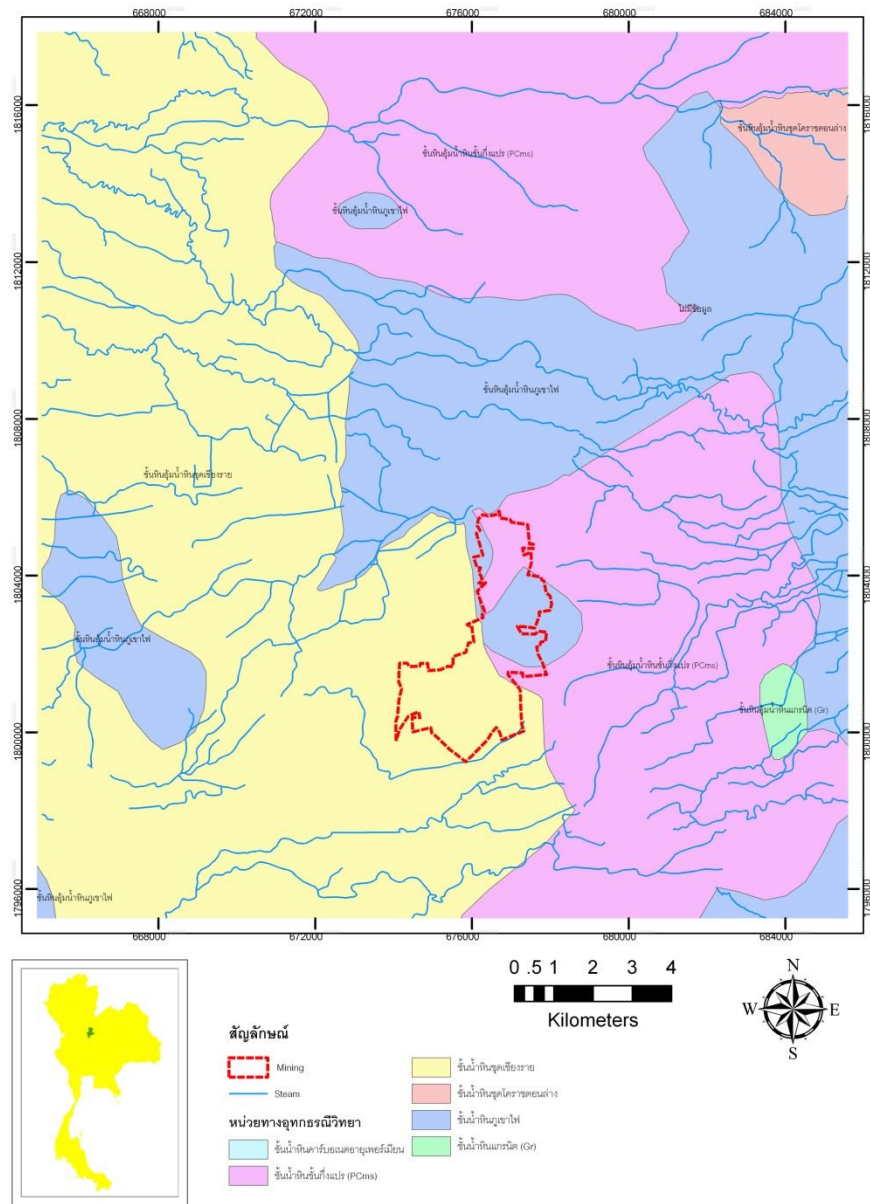
1) แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนร่วน จำแนกได้ดังต่อไปนี้

1.1) ชั้นน้ำตะกอนร่วน (Unconsolidated Aquifers) แหล่งน้ำบาดาลชนิดนี้ประกอบไปด้วยตะกอนของกรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ที่มีการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ทำให้น้ำบาดาลไปแทรกซึมอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนได้ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ลงไปบรรจุอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแหล่งสะสมตะกอน การคัดขนาดของตะกอนที่ตี รุปร่าง ความกลมมนของผิวตะกอน เป็นส่วนสำคัญ โดยมีชั้นน้ำที่ได้จากตะกอนร่วน 3 ประเภท

1.2) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา (Flood-plain deposit aquifer, Qfd) ประกอบไปด้วยชั้นตะกอนของกรวดทราย และดินเหนียว เกิดจากการพัดพาของแม่น้ำป่าสักและตะกอนลุ่มน้ำหลากของแม่น้ำเจ้าพระยา รวมทั้งตะกอนทางน้ำต่างๆ ที่เกิดเป็นบริเวณแคบๆ ตามลำน้ำตะกอนน้ำพาพบอยู่ในบริเวณอำเภอ บ้านหมอ อำเภอดอนพุด อำเภอหนองแค ด้านทิศตะวันตกของอำเภอเมืองสระบุรี ด้านทิศใต้ของ อำเภอวิหารแดง และบริเวณลุ่มน้ำป่าสักที่ไหลผ่านอำเภอแก่งคอย ตั้งแต่บริเวณตำบลบ้านป่า ตำบล บ้านธาตุ ตำบลสองคอน และตำบลแก่งคอย ความหนาของชั้นตะกอนอยู่ระหว่าง 20 – 80 เมตร น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดและทรายที่แทรกสลับอยู่ในชั้นดินเหนียวปนทราย ตะกอนน้ำพาบริเวณลุ่มน้ำป่าสักมีความลึกระหว่าง 10 – 20 เมตร มักจะได้รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำป่าสัก (direct recharge) ซึ่งให้น้ำที่ดีคุณภาพดีถึงปานกลาง ส่วนบริเวณอื่นๆ ให้น้ำคุณภาพปานกลางถึงกร่อยเค็ม ปริมาณน้ำบาดาลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ 2 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บริเวณที่ให้น้ำบาดาลในปริมาณสูง ได้แก่ บริเวณด้านทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด สระบุรี

1.3) ตะกอนตะพักน้ำใหม่ (Younger terrace deposits, Qyt) ประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายและดินเหนียวที่สะสมตัวในยุคไพลสโตซีน (ตั้งแต่ 8,000 ปีถึง 1.8 ล้านปี) หรือ เทอร์เชียรีตอนบน (1.8-10 ล้านปี) ชั้นหินอุ้มน้ำชุดนี้มีชื่อว่า ชั้นน้ำ เชียงราย (Chiang Rai aquifer) ตะกอนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยดินเหนียวและทรายละเอียด โดยมีชั้นกรวดทรายแทรกเป็นชั้นบาง ๆ พบมากในพื้นที่แอ่งต่าง ๆ ในภาคเหนือและภาคกลางตอนเหนือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 20-50 เมตร บ่อน้ำในเกณฑ์เฉลี่ย 7-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็นชั้นหินอุ้มน้ำเฉพาะแห่งที่มีศักยภาพต่ำ (Local and less productive aquifer)

1.4) ชั้นน้ำตะกอนตะพักน้ำและตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Terrace deposits aquifer, Ql) เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนกรวดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและดินมาร์ล ซึ่งเป็นตะกอนทางน้ำยุคเก่าของที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตะกอนตะพักน้ำยุคเก่าจะถูกยกตัวอยู่ในระดับที่สูงกว่า บางส่วนถูกขบวนการทางเคมีเปลี่ยนไปเป็นชั้นศิลาแลง สามารถพัฒนาน้ำบาดาลในตะกอนยุคนี้ที่ระดับความลึก 10 – 150 เมตรซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นตะกอนในบริเวณนั้นๆ ตะกอนยุคเก่านี้บางส่วนจะวางตัวอยู่ใต้ตะกอนน้ำพาหรือตะกอนลุ่มน้ำหลากที่มีอายุอ่อนกว่า พบอยู่ในพื้นที่อำเภอบ้านหมอ อำเภอดอนพุด อำเภอหนองโดน อำเภอหนองแซง อำเภอหนองแค ด้านทิศใต้ของอำเภอวิหารแดง และด้านทิศตะวันตกของอำเภอเมืองสระบุรี รวมทั้งบริเวณบางส่วนของอำเภอดำรง จังหวัดลพบุรี การให้น้ำของตะกอนชุดนี้อยู่ในเกณฑ์ 2 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพน้ำดีถึงดีปานกลาง



รูปที่ 2 - 5 แผนที่หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่

1.5) ชั้นน้ำตะกอนร่วนเชียงราย

ชั้นน้ำตะกอนร่วนเชียงราย (Chiang Rai Aquifer, Qcr) แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้นหินอุ้มน้ำย่อยดังต่อไปนี้

(1) Qcr 1 พบบริเวณที่ราบของตะกอนตะพักลำน้ำ ซึ่งถูกรบกวนโดยแม่น้ำสาขาของแม่น้ำสุพรรณบุรี และแม่น้ำแม่กลอง พบเป็นแห่ง ๆ ทางตอนเหนือของจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี ชั้นหินอุ้มน้ำนี้ประกอบด้วยทรายและกรวดที่มีการคัดขนาดดีปานกลางถึงดี และมีเลนส์ของดินเหนียว

บ้างหนา 30-200 เมตร ให้น้ำ 57-88 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง น้ำเป็นน้ำจืดตั้งแต่มีเหล็กปน น้ำเค็มอาจพบได้ในชั้นบนสุด

(2) Qcr 2 โดยทั่วไปเป็นตะกอนน้ำระดับต่ำพบในบริเวณที่สูงหรือในหุบเขาทั้งสองด้านของที่ราบภาคกลางตอนล่าง ตะกอนประกอบด้วยชั้นดินเหนียวหนา ทรายและกรวดที่ไม่มีการคัดขนาดปนอยู่ในดินเหนียว โดยทั่วไปให้น้ำน้อย ยกเว้นบริเวณที่เป็นเลนส์ของทรายและกรวด ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ 15-60 เมตร ให้น้ำน้อยจนถึง 4.5 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง คุณภาพน้ำใช้ดื่มได้แต่มีเหล็กปน

2) แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง

น้ำบาดาลในหินแข็งเกิดอยู่ในรูพรุนระหว่างเม็ดแร่หรือเม็ดกรวดทราย ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหินและในช่องว่าง ซึ่งเป็นรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน หรือโพรงถ้ำของหินแข็ง ที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการทางกายภาพและเคมี ซึ่งในรูพรุนหรือช่องว่างดังกล่าวนี้ จะกักเก็บน้ำบาดาลไว้ได้ ชั้นน้ำในหินแข็งในพื้นที่

2.1) ชั้นน้ำกลุ่มหินชุดโคราช (Khorat aquifer) บริเวณขอบแอ่งโคราช ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของพื้นที่โครงการ ซึ่งมีหน่วยหินหลายหน่วย แต่หน่วยหินเสาขัว (Sk) และภูกระดึง (Pk) จะเป็นชั้นน้ำบาดาลที่มีศักยภาพสูง พื้นที่บริเวณขอบแอ่งจะเป็นพื้นที่ชั้นน้ำบาดาลที่ระดับความลึก 100 – 200 เมตร เป็นชั้นน้ำภายใต้แรงดัน และบ่อน้ำจะเป็นแบบน้ำพุ (artesian flowing well) คุณภาพน้ำดี อย่างไรก็ตาม หากประเมินศักยภาพน้ำบาดาลในภาพรวมแล้ว พื้นที่โครงการมีโอกาสพบแหล่งน้ำบาดาลที่มีศักยภาพสูงได้ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นหินปูน ซึ่งมีโพรงหรือถ้ำ และที่สำคัญอยู่ในแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ ฉะนั้นนอกจากหินปูนแล้ว หินชนิดอื่นๆ ในพื้นที่โครงการ ก็มีโอกาสมีศักยภาพน้ำบาดาลสูง เช่น ในหินดินดาน ดินชนวน มีโอกาสที่จะพบปริมาณน้ำถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เช่น บริเวณตำบลทับกวาง อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

หินแข็งต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่โครงการส่วนใหญ่ จะมีรอยแตก รอยเลื่อน ฉะนั้น โอกาสที่จะพบแหล่งน้ำบาดาลที่มีศักยภาพสูง เช่น 20 – 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จึงมีค่อนข้างมาก รอยเลื่อนที่เป็นแนวยาว และมีศักยภาพน้ำบาดาลสูง เช่น รอยเลื่อนระหว่างรอยต่อของที่ราบสูงโคราช กับกลุ่มหินสระบุรี บริเวณห้วยลำสนธิ อำเภอลำสนธิ และรอยเลื่อนแม่เปิงที่ผ่านอำเภอแก่งคอย เป็นต้น

2.2) ชั้นน้ำหินคาร์บอเนตอายุเพอร์เมียน หรือกลุ่มหินสระบุรี (Carbonate aquifer, Pc) เป็นชั้นน้ำบาดาลในหินปูนที่สำคัญของพื้นที่โครงการ หินปูนของจังหวัดลพบุรีพบในบริเวณอำเภอเมือง บางส่วนของอำเภอพัฒนานิคม อำเภอท่าหลวง อำเภอชัยบาดาล อำเภอโคกสำโรง และอำเภอบ้านหมี่ ส่วนในจังหวัดสระบุรีพบเป็นกระเปาะในเขตอำเภอพระพุทธบาท อำเภอวังม่วง ด้านทิศเหนือของอำเภอเมืองสระบุรี อำเภอเสาไห้ อำเภอแก่งคอย และอำเภอมวกเหล็ก รวมทั้งพบในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา น้ำบาดาลในหินปูนจะได้จากรอยแตก รอยเลื่อน และในโพรงหรือถ้ำ เมื่อเกิดมีรอยแตกในหินปูนและมีน้ำแทรกเข้าไปตามแนวรอยแตก ทำให้เกิดการละลายของหินปูนเกิดเป็นโพรงในหินปูนบางครั้งโพรงเหล่านี้อาจมีขนาดใหญ่และเกิดต่อเนื่องกันเป็นทางยาวจนเป็นธารน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลในหินปูนมี 2 ประเภท คือ ชั้นน้ำในรอยแตก รอยเลื่อน และชั้นน้ำบาดาลในโพรงหรือถ้ำ

ชั้นน้ำชุดนี้จะให้น้ำที่ระดับความลึกประมาณ 20 – 80 เมตร ปริมาณน้ำโดยทั่วไปไม่เกิน 10 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บางแห่งอาจจะให้น้ำได้ถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องของรอยแตกหรือโพรงที่กักเก็บน้ำบาดาล คุณภาพน้ำค่อนข้างดีแต่ก็มีความกระด้างสูงอย่างไรก็ตามชั้นน้ำบาดาลในหินปูนระดับลึกมากกว่า 100 เมตร จนถึง 300 เมตร พบว่ามีศักยภาพน้ำบาดาลสูงเช่นเดียวกัน ถ้าหากเจาะพบรอยแตก โพรงหรือถ้ำใต้ดิน เช่น บริเวณตำบลทับกวาง อำเภอแก่งคอย พบชั้นน้ำบาดาลในโพรงหินปูนที่ความลึก 280 – 300 เมตร ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ชั้นน้ำบาดาลในหินปูน (karst aquifer) ในพื้นที่โครงการค่อนข้างซับซ้อน เพราะมีทั้งถ้ำ หรือ โพรงขนาดเล็ก หรือ ขนาดปานกลางที่ไม่ค่อยต่อเนื่อง ฉะนั้นอาจจะได้ปริมาณน้ำน้อย และหากสูบน้ำโดยมิได้ควบคุมน้ำบาดาลก็จะหมดไป นอกจากนั้นโพรงหรือถ้ำอาจจะมีน้ำบาดาล แต่คุณภาพจะขุ่นมากคล้ายน้ำโคลน และบางแห่งเป็นถ้ำหรือโพรงดินเหนียว

2.3) กลุ่มหินสระบุรี นอกจากจะประกอบด้วยหินปูนแล้ว ยังมีหินดินดาน หินทราย หินดินดานกึ่งหินชนวน หินชนวน หินฟิลโลไลต์ หินซิสต์และหินเชิร์ต หินดังกล่าวจะมีสมบัติทางชลศาสตร์แตกต่างจากหินปูนอย่างสิ้นเชิง เพราะหินดังกล่าวจะไม่มีโพรง หรือถ้ำ ฉะนั้นชั้นน้ำบาดาลจะอยู่ในรอยแตก หรือรอยแยก (fracture zone หรือ fault zone) หรือ ช่องว่างระหว่างชั้นหิน (bedding plane หรือ inter layering) หินกลุ่มนี้เป็นกลุ่มหินให้น้ำประเภท fractured-rock aquifer ซึ่งมีสมบัติในการกักเก็บน้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง กล่าวคือจะอยู่ในเกณฑ์ 5 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ยกเว้นในหินที่มีรอยแตกมาก หรือความหนาและความกว้างของรอยแตกมาก อาจจะได้น้ำถึง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่หากรอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่องเป็นระยะทางยาว น้ำบาดาลอาจจะหมดไป เนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาลมากเกินไปจนหมด เช่น กรณีบริเวณที่ตั้งโรงหินปูนซีเมนต์ที่พีไอ อำเภอแก่งคอย เป็นต้น

2.4) ชั้นน้ำหินอัคนี

ชั้นน้ำหินภูเขาไฟ (Volcanic aquifer) ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ภายในรอยแตก รอยแยก หรือรอยเลื่อนภายในชั้นหิน ในบริเวณพื้นที่จังหวัดลพบุรีพบในเขตอำเภอโคกเจริญ อำเภอสระโบสถ์ อำเภอโคกสำโรง อำเภอพัฒนานิคม และอำเภอชัยบาดาล ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 20 – 40 เมตร บางบริเวณมีปริมาณน้ำ 10 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึกประมาณ 60 – 70 เมตร คุณภาพน้ำดี ส่วนในจังหวัดสระบุรี ชั้นน้ำในหินภูเขาไฟพบทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอเมืองสระบุรี ทิศใต้ของอำเภอแก่งคอย และอำเภอมวกเหล็ก ปริมาณน้ำบาดาลจะอยู่ในเกณฑ์ 5 – 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากพื้นที่จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรีที่อยู่ในเขตพื้นที่โครงการจะอยู่ในแนวของรอยเลื่อนแม่ปิง ฉะนั้นโอกาสที่จะพบน้ำบาดาลศักยภาพสูงจะมีค่อนข้างมาก

2.5) ชั้นน้ำหินชั้นกึ่งหินแปร (Metasediment aquifers, TRms) เป็นหินตะกอนซึ่งวางตัวอยู่ติดกับหินภูเขาไฟประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย หินฟิลโลไลต์และหินชนวน ในจังหวัดลพบุรีพบบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอสระโบสถ์ บางส่วนของอำเภอหนองม่วง และบริเวณทางด้านทิศ

ตะวันออกของอำเภอชัยบาดาล แผ่ขยายขึ้นไปทางเหนือจนถึงอำเภอลำสนธิ ส่วนจังหวัดสระบุรี พบหินเหล่านี้อยู่ในบริเวณทิศเหนือของอำเภอเสาไห้ อำเภอเมืองสระบุรี ทิศตะวันออกของอำเภอแก่งคอย ไปจนถึงอำเภอมวกเหล็ก น้ำบาดาลในหินตะกอนกึ่งหินแปรจะได้น้ำจากรอยแตก รอยเลื่อน รอยต่อของหิน หรือบริเวณที่เป็นหินผุชั้นหนาเท่านั้น แต่เนื่องจากรอยแตกต่างๆ ในหินชนิดนี้มีขนาดเล็กและไม่ต่อเนื่องกัน น้ำบาดาลที่ได้จากหินชนิดนี้จึงมีปริมาณค่อนข้างน้อยในท้องที่จังหวัดลพบุรี หินตะกอนกึ่งหินแปรนี้จะให้น้ำประมาณ 2 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึกประมาณ 30 – 50 เมตร บางแห่งอาจจะไม่ได้น้ำเลยหรือบางแห่งอาจจะให้น้ำมากถึง 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของรอยแตกที่เจาะพบคุณภาพน้ำจึงดีอย่างไรก็ตาม คาดว่าในระดับลึกมากกว่า 50 เมตร จะมีชั้นน้ำบาดาลจากรอยแตก หรือรอยต่อระหว่างชั้นหินในปริมาณ 20 – 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้บริเวณนี้อยู่ใน Mae Ping fault zones

2.6) ชั้นน้ำหินแกรนิต (Granitic aquifer) ประกอบด้วยหินแกรนิตหิน แกรโนไดโอไรต์ และหินฮอร์นเบลนไดโอไรต์ พบเป็นหย่อมขนาดเล็กบริเวณอำเภอเมืองลพบุรี และอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ภายในรอยแตก รอยแยก หรือรอยเลื่อนภายในชั้นหิน มีปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 20 – 30 เมตร คุณภาพน้ำดี

2.1.5 สภาพอุทกวิทยา

1) สภาพภูมิอากาศ

สถานีตรวจสภาพภูมิอากาศที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษามากที่สุดคือจังหวัดพิจิตรแต่เนื่องจากจังหวัดพิจิตรไม่มีสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาจึงได้พิจารณาใช้ข้อมูลภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศของจังหวัดพิษณุโลกกับจังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาใกล้เคียงกันโดยหาเกณฑ์เฉลี่ยจากสภาพภูมิอากาศของสถานีทั้งสองแห่งเป็นข้อมูลของสภาพอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลกข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาจากเกณฑ์เฉลี่ยของสถานีตรวจวัดทั้ง 2 แห่งซึ่งมีข้อมูลยาวนาน 30 ปีมีค่าดังตารางที่ 2-1 แสดงการผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา (ปีพ.ศ. 2514- พ.ศ. 2554) จะเห็นว่าสภาพภูมิอากาศหลักของทั้ง 2 จังหวัดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

2) ปริมาณน้ำฝน

สถานีตรวจวัดฝนที่พิจารณาข้อมูลไปคำนวณวิเคราะห์กับพื้นที่ศึกษามี 4 สถานีตามรายชื่อและจำนวนปีของสถิติข้อมูลดังภาคผนวก ก ช่วงฤดูฝนในบริเวณพื้นที่ศึกษาระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคมและช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายน-เมษายนมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,108.10 และ 135.6 มิลลิเมตร

3) ปริมาณน้ำท่า

สถานีตรวจวัดน้ำท่าที่นำมาพิจารณาคำนวณวิเคราะห์ทางด้านน้ำผิวดินมีอยู่ 2 สถานีคือ สถานีคลองวังโป่ง (N.54) ตั้งอยู่ที่บ้านวังโป่งอำเภอวังโป่งจังหวัดเพชรบูรณ์ดังแสดงข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีดังกล่าวภาคผนวก ก สำหรับข้อมูลของสถานีตรวจวัดน้ำท่าที่นำมาพิจารณาอีกหนึ่งแห่งคือ คลองบุษบง (N.53) อยู่ที่บ้านพุทธบาทอำเภอชนแดนจังหวัดเพชรบูรณ์

ตารางที่ 2- 1 แสดงการผันแปรรายเดือนเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา (ปีพ.ศ. 2514 - พ.ศ. 2554)

สภาพอากาศ	ค่าสภาพอากาศ	หน่วย
	เฉลี่ย	
1) ความกดอากาศรายปี		มิลลิบาร์
เฉลี่ย	1,008.79	
สูงสุด	1,025.22	
ต่ำสุด	995.57	
2) อุณหภูมิ		องศาเซลเซียส (C°)
เฉลี่ย	26.9	
สูงสุด	42.3	
ต่ำสุด	7	
3) ความชื้นสัมพัทธ์		เปอร์เซ็นต์ (%)
เฉลี่ย	72	
เฉลี่ยสูงสุด	88.5	
เฉลี่ยต่ำสุด	51.5	
ต่ำสุด	14	
4) การระเหย	1,621.90	มิลลิเมตร
5) ชั่วโมงที่มีแสงแดด	2,489.20	ชั่วโมง
6) ความเร็วลมสูงสุด	51	ชั่วโมง
7) ปริมาณฝนทั้งปี	1,207.30	มิลลิเมตร
จำนวนวันที่ฝนตก	117	วัน
ฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง	156.4	มิลลิเมตร

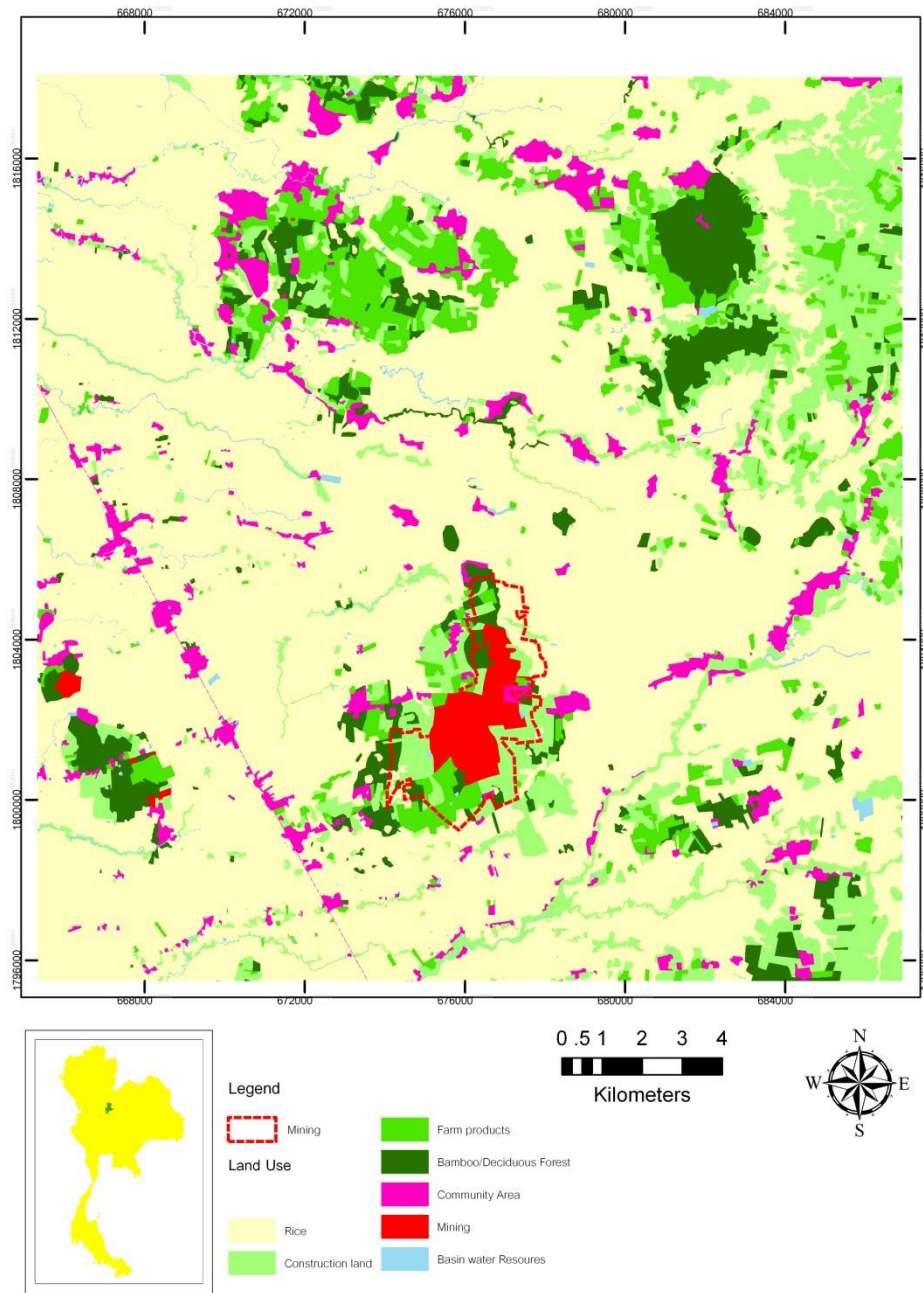
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554

2.1.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่ศึกษาในส่วนของจังหวัดพิจิตรพิษณุโลกและเพชรบูรณ์มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มและมีพื้นที่เชิงเขาสลับเป็นบางพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งสะสมตัวของตะกอนตามที่ราบลุ่มและเป็นแหล่งสะสมของตะกอนตามลานตะพักแม่น้ำแต่จะปรากฏให้เห็นในลักษณะเนินเขาโดยทั่วไปทางด้านตะวันออกติดกับเขตจังหวัดเพชรบูรณ์พื้นที่ราบลุ่มมีความอุดมสมบูรณ์มากและเหมาะสมในการทำการเกษตรจึงเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในบริเวณนี้จะใช้ทำการเกษตรพืชที่ปลูกมากได้แก่ข้าวข้าวโพดอ้อย มันสำปะหลังสับปะรดและมีการทำสวนผลไม้บ้างเช่นมะม่วงกล้วยมะขามน้อยหน้าเป็นต้นสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆได้แก่พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยพื้นที่ป่าไม้ทุ่งหญ้าพื้นที่เหมืองแร่บ่อขุดพื้นที่โรงเรือนเลี้ยงสัตว์พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพื้นที่แหล่งน้ำ

พื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทสรุปได้ดังนี้ดังรูปที่ 2-6

- 1) พื้นที่ปลูกนาข้าวเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษามีการกระจายอยู่ทั่วไป
- 2) พื้นที่เกษตรกรรมเกษตรผสม ข้าวโพด มันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ด้านทิศตะวันออกของพื้นที่
- 3) พื้นที่เกษตรผสม ข้าวโพด มันสำปะหลัง กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา
- 4) พื้นที่ไร่ ป่าผลัดใบ ไม้ผลผสมซึ่งอยู่บริเวณด้านทิศตะวันออกของพื้นที่
- 5) พื้นที่เหมืองแร่บ่อขุดอยู่บริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษา
- 6) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา
- 7) พื้นที่แหล่งน้ำ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา

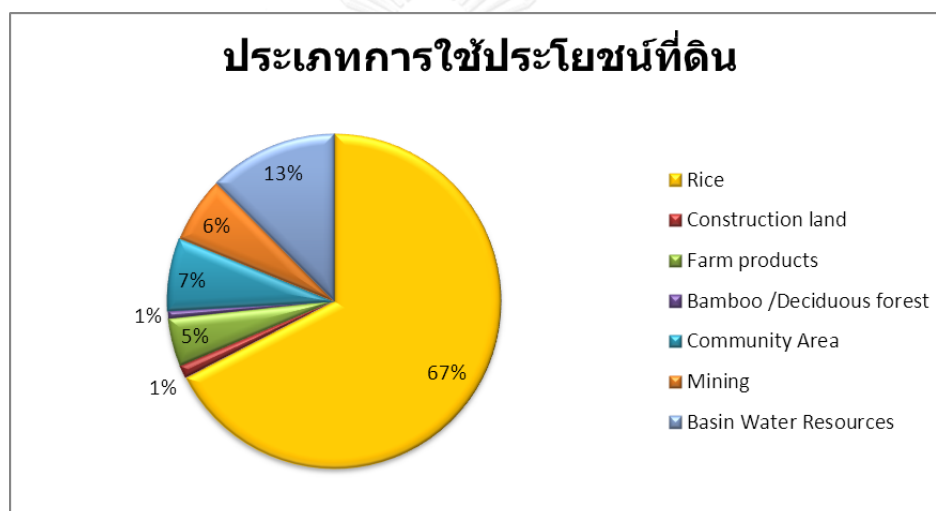


รูปที่ 2 - 6 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

ตารางที่ 2- 2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ
นา/นาร้าง	269.76	67.44
เกษตรผสม/ข้าวโพด/มันสัมปะหลัง	5.05	1.262
พืชผัก/พืชไร่ผสม	18.72	4.68
ไผ่/ป่าผลัดใบ/ไม้ผลผสม	2.95	0.739
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	28.07	7.019
บ่อลูกรัง/เหมือง/บ่อดิน	25.55	6.388
พื้นที่แหล่งน้ำ/พาระเลี้ยงสัตว์น้ำ	49.87	12.47
	400	100

ที่มา: (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)



รูปที่ 2 - 7 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

2.1.7 สภาพเศรษฐกิจ สังคม และประชากร

พื้นที่ของศึกษาคอบคลุมพื้นที่ 7 ตำบล 4 อำเภอ 3 จังหวัด ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ อาชีพเกษตรกรรมและรับจ้าง รองลงมา คือ ค้าขาย และอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยแต่ละตำบลมีจำนวนประชากร ครัวเรือน ดังตารางที่ 2-3 อาชีพการเกษตรเป็นอาชีพหลักมากที่สุด รองลงมา คือ ค้าขาย โดยส่วนใหญ่มีรายได้จากการทำเกษตร เช่น นาปี นาปรัง พืชไร่ และพืชสวน

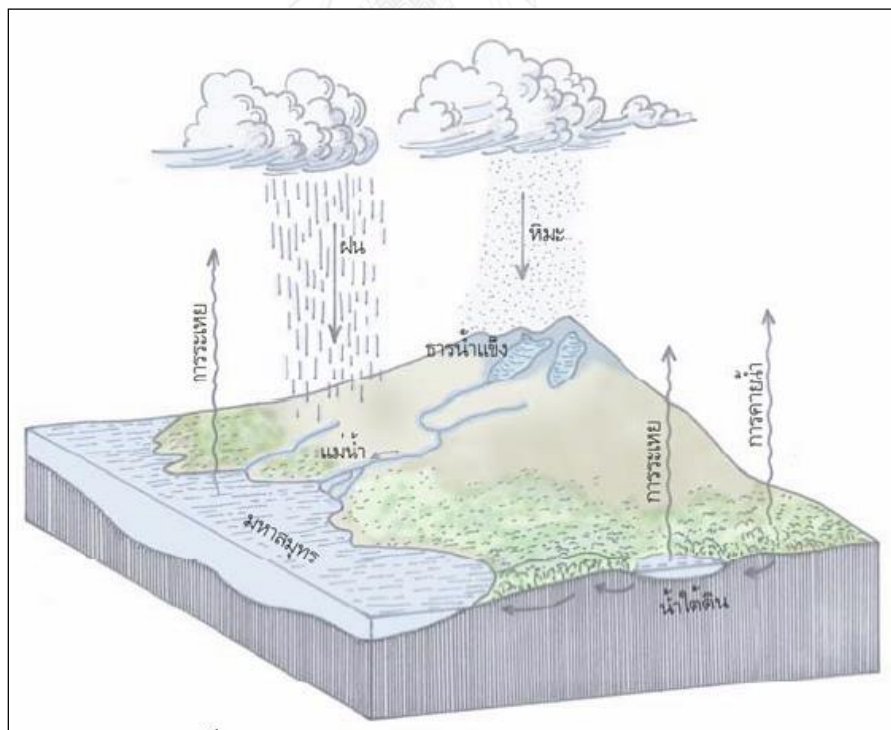
ตารางที่ 2- 3จำนวนประชากร ครัวเรือน และอาชีพหลักในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	จำนวน (คน)	ครัวเรือน	อาชีพหลัก
1.	วังทราย พูน	วังทราย พูน	พิจิตร	5,952	1,441	เกษตรกรรม
2.	หนอง พระ	วังทราย พูน	พิจิตร	7,200	2,204	ทำนา
3.	เขาเจ็ด ลูก	ทับคล้อ	พิจิตร	7,580	2,314	ทำนา รับจ้าง
4.	เขา ทราย	ทับคล้อ	พิจิตร	9,762	2,948	ทำนา รับจ้างทั่วไป ทาสวน
5.	ทับคล้อ	ทับคล้อ	พิจิตร	10,206	3,253	ทำนา
6.	วังโพรง	เนิน มะปราง	พิษณุโลก	7,236	2,565	ทำนา รับจ้างทั่วไป ค้าขาย
7.	ท้ายดง	วังโป่ง	เพชรบูรณ์	4,198	1,331	ทำนาข้าว ไร่

ที่มา : กระทรวงมหาดไทย, 2554

2.2 น้ำบาดาล

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์และสัตว์ในการดำรงชีวิต ปัจจุบันมีอัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นทุกวัน เพราะจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการขยายตัวของเศรษฐกิจและภาคอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสินค้า รวมทั้งการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม แหล่งน้ำตามธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ น้ำในบรรยากาศ (Atmospheric water) น้ำผิวดิน (Surface water) และน้ำบาดาล (Ground water) หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาสู่พื้นผิวโลกจะถูกกักเก็บแม่น้ำ ลำคลอง หนอง ทะเลสาบและมหาสมุทร ซึ่งคือน้ำผิวดิน และปริมาณน้ำผิวดินบางส่วนจะไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดิน ถูกกักเก็บไว้ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ชั้นหิน ชั้นตะกอนหรือชั้นกรวด จนเกิดเป็นน้ำบาดาลต่อไป การหมุนเวียนของน้ำในแหล่งต่าง ๆ จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร เรียกว่า วัฏจักรน้ำ (Hydrologic cycle) เมื่อน้ำบนผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะระเหยเป็นไอลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ จนถึงระดับที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นละอองน้ำ เมฆและเกิดเป็นฝนตกลงสู่พื้นผิวโลกในที่สุด เมื่อน้ำตกลงสู่พื้นผิวโลกส่วนหนึ่งจะเป็นหิมะหรือธารน้ำแข็งที่พบในบริเวณภูเขาสูงและบริเวณขั้วโลก และน้ำส่วนหนึ่งจะไหลล้นไปตามผิวดินลงสู่แม่น้ำ ลำคลองและไหลออกสู่ทะเลและมหาสมุทร ส่วนหนึ่งจะถูกพืชดูดไปใช้และคายน้ำออกสู่บรรยากาศ ส่วนหนึ่งจะไหลซึมลงสู่ใต้ดินกลายเป็นน้ำบาดาล และส่วนหนึ่งจะระเหยเป็นไอลอยกลับไปสู่บรรยากาศหมุนเวียนเป็นวัฏจักรน้ำไม่มีที่สิ้นสุด ดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2 - 8 วัฏจักรน้ำ

(ดัดแปลงรูปจาก Pearl, 1966)

แหล่งน้ำบนโลกจะเป็นน้ำเค็มในทะเลและมหาสมุทรจะส่วนใหญ่ร้อยละ 97.2 เป็นน้ำจืดประมาณร้อยละ 2.8 ซึ่งน้ำจืดจะอยู่ในรูปของธารน้ำแข็งร้อยละ 2.14 และอยู่ในรูปของน้ำบาดาลร้อยละ 0.61 อยู่ในรูปของน้ำในแม่น้ำ ลำธารร้อยละ 0.009 และอยู่ในรูปของความชื้นในดินและในบรรยากาศร้อยละ 0.006 จะเห็นได้ว่าน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำจืดที่อยู่ในสถานะของเหลวที่มีปริมาณมากที่สุดบนโลก

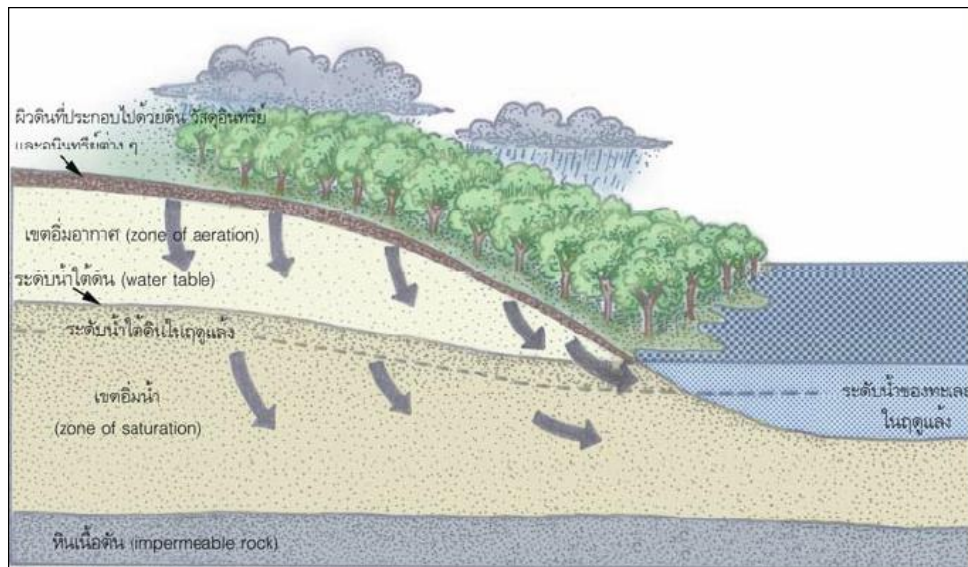
การเกิดน้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาล

น้ำฟ้าที่ตกลงมาสู่พื้นผิวโลกจะถูกกักเก็บเป็นน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบและมหาสมุทร น้ำที่ถูกกักเก็บไว้ดังกล่าว เรียกว่า น้ำบาดาล (ground water) น้ำผิวดินบางส่วนจะไหลซึมลงสู่ใต้ดิน กลายเป็นน้ำบาดาล น้ำผิวดินที่ไหลซึมลงสู่ใต้ดินส่วนแรกจะไหลซึมอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า น้ำในดิน (Soil water) ในฤดูแล้งน้ำในดินอาจถูกแดดเผาให้ระเหยแห้งไปได้ น้ำที่เหลืออยู่ในดินจะไหลซึมลงต่อไปอีก สุดท้ายจะไปถูกกักเก็บไว้อยู่ตามช่องว่างระหว่างตะกอนหรือตามรอยแตก และรอยแยกที่อยู่ต่อเนื่องกันของหิน ชั้นหิน ชั้นตะกอนหรือชั้นกรวด จนกระทั่งหิน ชั้นหิน ชั้นตะกอน หรือชั้นกรวดดังกล่าวอิ่มตัวด้วยน้ำหรือมีน้ำบรรจุอยู่เต็มช่องว่างนั้น ๆ ระดับบนสุดของน้ำบาดาลจะเป็นระดับน้ำบาดาล ซึ่งจะ เป็นพื้นผิวหรือแนวระดับน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ระหว่างเขตอิมมูน้ำกับเขตอิมมูอากาศ (บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้) ณ ระดับน้ำบาดาลนี้แรงดันน้ำในชั้นหินหรือในชั้นตะกอนจะเท่ากับแรงดันของบรรยากาศ และในตำแหน่งที่ลึกลงไปจากระดับน้ำบาดาล แรงดันของน้ำจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของน้ำที่กดทับอยู่ ระดับน้ำบาดาลนี้จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไปตามฤดูกาล โดยในฤดูแล้งระดับน้ำบาดาลจะอยู่ลึกกว่าระดับปกติ ระดับน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะเอียงเทหรือวางตัวสอดคล้องไปตามลักษณะภูมิประเทศและจะไปบรรจบกับระดับน้ำในแม่น้ำหรือทะเลสาบ ดังรูปที่ 2-9

การแบ่งหิน ชั้นหิน ชั้นตะกอนและชั้นกรวดโดยใช้ระดับน้ำบาดาลเป็นแนวแบ่งเขต จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) เขตอิมมูอากาศหรือบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ (zone of aeration) คือ ส่วนบนตั้งแต่ผิวดินลงไปจนถึงระดับน้ำบาดาล ช่องว่างในดิน ในตะกอนและในหินเขตนี้บางส่วนจะมีน้ำกักเก็บอยู่และบางส่วนจะมีอากาศแทรกอยู่ น้ำในเขตนี้จะถูกยึดอยู่ในช่องว่างด้วยแรงตึงผิวของอนุภาคดิน

2) เขตอิมมูน้ำ (zone of saturation) เป็นเขตที่อยู่ต่อจากเขตอิมมูอากาศลงไปหรืออยู่ใต้ระดับน้ำบาดาลลงไป ช่องว่างในตะกอนหรือในหินเขตนี้จะมีน้ำอยู่เต็มทุกช่องว่างหรืออิ่มตัวไปด้วยน้ำ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขตนี้จะเป็นน้ำบาดาล

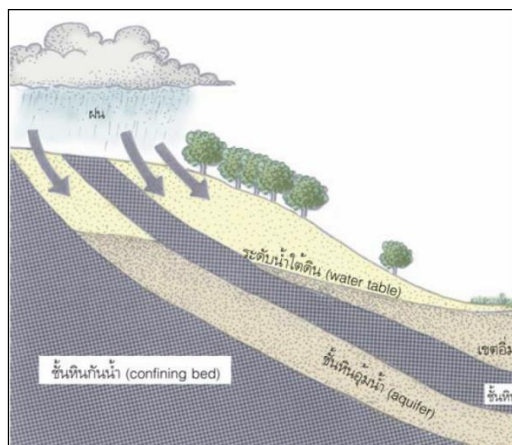


รูปที่ 2 - 9 ภาพตัดขวางแสดงระดับน้ำบาดาล เขตอิมมอากาศ เขตอิมม่น้ำและระดับน้ำบาดาลที่ลดลงในฤดูแล้ง (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996)

ชั้นหินอุ้มน้ำและชั้นหินกั้นน้ำ

ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) เป็นชั้นหินหรือชั้นตะกอนที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ที่มีสมบัติยอมให้น้ำซึมผ่านได้โดยง่ายและมีความพรุนสูง เนื่องจากชั้นหินหรือชั้นตะกอนดังกล่าวมีช่องว่างระหว่างตะกอนกว้างหรือมีรอยแตกและรอยแยกที่อยู่ต่อเนื่องกัน จึงทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้เป็นปริมาณมาก จนกลายเป็นแหล่งน้ำบาดาล ชั้นหินนี้จะอยู่ในเขตอิมม่น้ำและวางตัวอยู่ติดกับชั้นหินกั้นน้ำ ตัวอย่างชั้นหินอุ้มน้ำ เช่น หินทราย ชั้นตะกอนทรายหรือชั้นกรวดที่ยังไม่แข็งตัวเป็นหิน

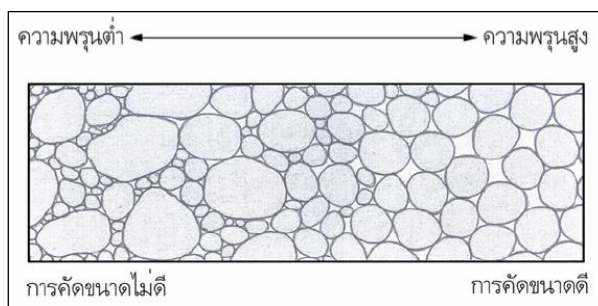
ชั้นหินกั้นน้ำ (Confining bed) เป็นชั้นหินที่รองรับแหล่งน้ำบาดาล เป็นชั้นหินหรือชั้นตะกอนที่มีเนื้อแน่นจำพวกหินเนื้อตัน (impermeable rock) ซึ่งมีสมบัติเป็นเหมือนวัสดุกั้นน้ำ ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านหรือซึมผ่านได้แต่น้อยมาก เนื่องจากชั้นหินหรือชั้นตะกอนดังกล่าวไม่มีช่องว่างระหว่างตะกอนที่ต่อเนื่องกัน ชั้นหินกั้นน้ำส่วนใหญ่จะวางตัวอยู่ติดกับชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ด้านบนหรือด้านล่างชั้นใดชั้นหนึ่งหรือทั้งสองชั้น ตัวอย่างชั้นหินกั้นน้ำ เช่น หินทรายแป้ง หินดินดาน บริเวณหนึ่งๆ อาจมีแหล่งน้ำบาดาลหลายแหล่งหรือหลายชั้นก็ได้ โดยชั้นหินในบริเวณนั้นจะต้องวางตัวเอียงเทกับผิวดิน ซึ่งจะทำให้น้ำผิวดินสามารถไหลซึมเข้าสู่ชั้นหินอุ้มน้ำแต่ละชั้นที่วางตัวเอียงเทและถูกขนาบด้วยชั้นหินกั้นน้ำทั้งด้านบนและด้านล่างได้โดยตรง และจะทำให้เกิดแรงดันของน้ำขึ้นในชั้นหินอุ้มน้ำที่ถูกขนาบด้วยชั้นหินกั้นน้ำทั้งจากด้านบนและด้านล่าง ดังนั้นถ้ามีการเจาะบ่อน้ำบาดาลในบริเวณชั้นหินอุ้มน้ำดังกล่าวจะเกิดบ่อน้ำบาดาลมีแรงดันขึ้น ดังรูปที่ 2-10



รูปที่ 2 - 10 แสดงชั้นหินอุ้มน้ำที่ถูกขนาบด้วยชั้นหินกั้นน้ำทั้งด้านบนและด้านล่าง
(ดัดแปลงรูปจาก(Thompson, 1991))

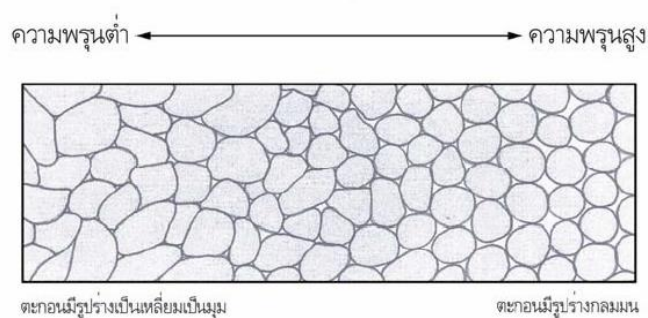
สมบัติของตะกอนและหินที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บหรือปล่อยออกมาจากชั้นหินอุ้มน้ำ ได้แก่ รูปร่าง การเรียงตัวของตะกอน การคัดขนาด (sorting) ของตะกอน ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อขนาดช่องว่างระหว่างตะกอนหรือช่องว่างในหิน

ความพรุน (porosity) ของหินเป็นปริมาณช่องว่างในหิน หินจะมีความพรุนมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ การคัดขนาด รูปร่าง การเรียงตัวของตะกอน การเชื่อมประสานของตะกอนและรอยแตกที่เกิดขึ้นในหิน การคัดขนาด (sorting) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการจับหรือคัดขนาดของตะกอนให้แบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามขนาด รูปร่างและความถ่วงจำเพาะของตะกอนชนิดนั้น ๆ โดยมีกระแสน้ำหรือลมเป็นปัจจัยในการคัดขนาด หินที่ประกอบด้วยตะกอนที่มีการคัดขนาดดี คือ มีขนาดของตะกอนใกล้เคียงกัน เมื่อตะกอนตกทับถมกันจะทำให้มีช่องว่างระหว่างตะกอนมากส่งผลให้หินมีความพรุนสูง และทำให้มีพื้นที่ในการกักเก็บน้ำมาก ส่วนหินที่ประกอบด้วยตะกอนที่มีการคัดขนาดไม่ดี คือ ขนาดของตะกอนมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ปนอยู่รวมกัน เมื่อตะกอนตกทับถมกันจะมีช่องว่างระหว่างตะกอนน้อย ส่งผลให้หินมีความพรุนต่ำ และทำให้มีพื้นที่ในการกักเก็บน้ำลดลง และถ้ามีการเชื่อมประสานตะกอนด้วยวัสดุประสานตะกอนเกิดขึ้นด้วย จะยิ่งทำให้ความพรุนของหินลดลง แต่ถ้าเนื้อหินถูกละลายหรือเกิดรอยแตกขึ้นจะทำให้หินมีความพรุนสูงขึ้น รูปที่ 2-11แสดงการคัดขนาดของตะกอนที่ส่งผลต่อความพรุนของหิน



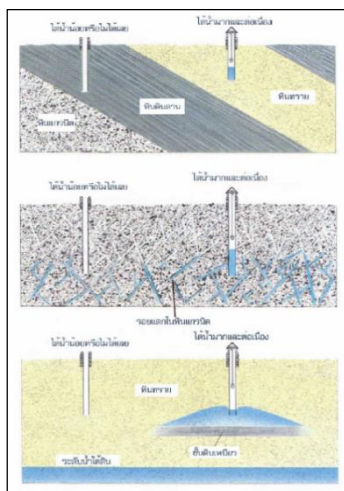
รูปที่ 2 - 11 การค้ำขนาดของตะกอนที่ส่งผลให้ความพรุนของหินแตกต่างกัน (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996)

หินที่ประกอบด้วยตะกอนที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมเมื่อตะกอนตกทับถมกันจะไม่มีช่องว่างระหว่างตะกอนเกิดขึ้น ทำให้หินมีความพรุนต่ำ ส่วนตะกอนที่มีรูปร่างกลมมน เมื่อตะกอนตกทับถมกันจะเกิดช่องว่างระหว่างตะกอนขึ้น ทำให้หินมีความพรุนสูง ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2 - 12 รูปร่างของตะกอนที่ส่งผลให้ความพรุนของหินแตกต่างกัน (ดัดแปลงรูปจาก Dolgoff, 1996)

การเจาะบ่อน้ำบาดาลลงไปในพื้นที่หินกั้นน้ำหรือหินเนื้อตัน เช่น หินดินดาน หรือหินแกรนิตที่มีรอยแตกและรอยแยกที่ไม่ต่อเนื่องกัน หรือการเจาะบ่อน้ำบาดาลลงไปในพื้นที่ทรายแต่ยังไม่ถึงแหล่งน้ำบาดาลที่แท้จริง จะทำให้ไม่ได้น้ำขึ้นมาขณะสูบน้ำ แต่ถ้าเราเจาะบ่อน้ำบาดาลลงไปในพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลโดยตรง จะทำให้ได้น้ำเป็นปริมาณมากและทำให้การสูบน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง หรือถ้าเจาะบ่อน้ำบาดาลลงไปในพื้นที่แกรนิตที่มีรอยแตกและรอยแยกที่ต่อเนื่องกันและมีน้ำบรรจุอยู่ในรอยแตกและรอยแยกเหล่านั้นหรือเจาะบ่อน้ำบาดาลลงไปในพื้นที่ทรายที่ยังไม่ใช่แหล่งน้ำบาดาลที่แท้จริงแต่มีชั้นหินกั้นน้ำหรือหินเนื้อตันจำพวกหินดินดานมารองรับ ก็จะทำให้มีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในแหล่งนั้นได้และสามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้พอสมควร ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2 - 13 การเจาะบ่อบาดาลลงไปในพื้นที่ชั้นตะกอนแบบต่าง ๆ (ดัดแปลงรูปจาก Thompson, G.R. and Jonathan, T. , 1991)

คุณสมบัติของน้ำบาดาล

1) คุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพเป็นลักษณะต่างๆ ไปที่สามารถสังเกตได้ เช่น ดูด้วยตา ดมกลิ่น ชิมรส แต่บางลักษณะต้องใช้เครื่องมือในการตรวจวัด ได้แก่ สี ความขุ่น

- กลิ่นและรส กลิ่นของน้ำเกิดจากพวกสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ แก๊สต่างๆ ที่ละลายในน้ำ เช่น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) น้ำเสียของโรงงานต่างๆ ที่มีสารพวกฟีนอล

- อุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในน้ำบาดาลแต่โดยปกติอุณหภูมิของน้ำบาดาลมักจะคงที่

- สี สีของน้ำเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่างๆ

- ความขุ่น ความขุ่นของน้ำเกิดจากพวกสารแขวนลอยต่างๆ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ขนาด ปริมาณ ความกระจัดกระจายของอนุภาค และคุณสมบัติการดูดซับแสงของสารแขวนลอยเหล่านั้น

2) คุณลักษณะทางเคมี

คุณลักษณะทางเคมี เป็นคุณลักษณะของแร่ธาตุ หรือสารประกอบทางเคมีต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้วิธีตรวจวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ คุณลักษณะทางเคมีที่สำคัญได้แก่

- ความกระด้างถาวร (Noncarbonate hardness as $CaCO_3$), ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids), ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCO_3$), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-), คาร์บอเนต (CO_3^{2-}), แคลเซียม (Ca), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), แมกนีเซียม (Mg), คลอไรด์ (Cl^-),

โซเดียม(Na), โพแทสเซียม (K), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), ไนเตรต (NO_3^-), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn)

- การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) ค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัด ความสามารถของน้ำที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออน ที่มีอยู่ในน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิของน้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น ในสนามไฟฟ้า กระแสไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วลบ และไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วบวกกรด ด่างและเกลืออนินทรีย์ เช่น HCl Na_2CO_3 และ NaCl เป็นต้นนำไฟฟ้าได้ดีเพราะแตกตัวให้ ไอออนบวกและลบ ในทางตรงข้าม สารอินทรีย์ เช่น ซูโครส และเบนซีน ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำ ไฟฟ้า การนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นการรวมของไอออนที่เกิดจาก สารละลายหลายชนิด ค่านี้จึงไม่สามารถบอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำบอกได้เพียงการเพิ่ม หรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงถึงสารที่แตกตัวได้ ในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลง แสดงได้ว่า สารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง เป็นต้น สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าระหว่าง 150 - 300 ไมโครโมห์และในบางแหล่งอาจมีค่าสูงถึง 5,000 ไมโครโมห์ความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแม่น้ำเป็นไปตามระยะทางของลำน้ำตลอดจนอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้แก่ ลักษณะทางเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ ลักษณะธรณีวิทยาของผิวดิน ปริมาณน้ำฝน กระบวนการ ทางชีวเคมีในแหล่งน้ำและกิจกรรมของคน ที่อาศัยอยู่สองฝั่งลำน้ำ ตั้งแต่ต้นน้ำถึงท้ายน้ำ เครื่องมือที่สามารถบันทึกค่าขณะวัด (Monitoring equipment) จะเป็ประโยชน์ มากในการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง สม่ำเสมอ เช่น การวัดน้ำตัวอย่างที่ไหลอยู่ตลอดเวลา เครื่องมือที่ใช้อาจวัดได้เฉพาะค่าการนำไฟฟ้าเพียงค่าเดียว เรียกว่า "อุปกรณ์วัดเพียงค่าเดียว" (Single parameter instrument) หรืออาจวัดค่าการนำไฟฟ้าพร้อมกับจุดบันทึกตัวแปรอื่น เช่น ออกซิเจนละลาย pH และอุณหภูมิ ปัญหาสำคัญสำหรับการใช้เครื่องมือชนิดนี้ที่มีผล ต่อการวัดคือ ความสกปรกของอิเล็กโทรด (Electrode) และการหมุนเวียนของสารละลายไม่เพียงพอ

- pH แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ (น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไปน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ ($\text{PH} < 7$) ซึ่งหมายถึงมีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด - เบส ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ $[\text{H}^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น สภาพเบส (alkalinity) คือสภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ OH^- , CO_3^- , H_2CO_3 ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ด้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทั้ง สภาพกรด (acidity) โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนจะมีบัฟเฟอร์ในสภาพเบสจึงไม่ทำให้น้ำมีค่า pH ที่ต่ำเกินไป แต่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งมาจาก CO_2 ที่ละลายน้ำ

- ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness) หมายถึง ความเข้มข้นของ แคลเซียม และแมกนีเซียม ในน้ำ โดยคิดเทียบกับปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรนอกจากแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนแล้ว ค่าความกระด้างของน้ำยังอาจเกิดจากไอออนบวกของโลหะที่มีเวเลนซี 2 ตัวอื่นๆ เช่น เพอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก

ในน้ำตามธรรมชาติ ค่าความกระด้างที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ที่ประมาณ 20-150 มิลลิกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร

- ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างในน้ำเป็นผลเนื่องมาจาก Ca, Mg ที่ละลายอยู่ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ กันอีกอนบวทที่อาจเป็นผลทำให้เกิดความกระด้างได้มีอยู่หลายตัวด้วยกัน กล่าวคือ Ca, Mg, Fe, Mn, Sr, Na ตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2- 4 แสดงระดับความกระด้างของน้ำบาดาล

ระดับความกระด้างของน้ำ (มก.ต่อลิตร) ลักษณะน้ำ	
0 – 75	น้ำอ่อน
76 – 150	น้ำกระด้างปานกลาง
151 – 300	น้ำกระด้าง
> 300	น้ำกระด้างมาก

- ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ หมายถึง แร่ธาตุ และเกลือต่างๆ ทุกชนิดที่ละลายอยู่ในน้ำ ทั้งที่แตกตัวเป็นสารที่มีประจุและไม่แตกตัว เป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพน้ำได้อย่างคร่าวๆ น้ำที่มีเกลือหรือแร่ธาตุละลายอยู่น้อยจะมีค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ต่ำ (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้มีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร)

- ไนเตรต (NO_3^-) โดยทั่วไปในน้ำบาดาลไม่ควรมีไนเตรตสูง หากพบในปริมาณที่เกินมาตรฐาน มักเกิดจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกจากภายนอกลงสู่บ่อบาดาลเช่น เกิดจากการใช้ปุ๋ย การนำเปื้อนของพืชของซากพืช หรือสิ่งปฏิกูล เป็นต้น น้ำที่มีไนเตรตสูงเกิน 45 มิลลิกรัมต่อลิตรห้ามใช้บริโภค เพราะจะเป็นโทษต่อร่างกายโดยเฉพาะในเด็กเล็ก และเป็นสารก่อมะเร็ง (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐาน น้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้มีไนเตรตไม่เกิน 45 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดันกำเนิดที่สำคัญของไนเตรต ได้แก่สารอินทรีย์ทั้งหลายที่มีการผุพังทำลายเช่นต้นไม้อายุหรือจากสารเคมีหรือน้ำเสียที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากนี้ก็อาจได้จากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรมในกรณีที่มีการใช้มากเกินไปความต้องการของพืช ดังนั้นเมื่อน้ำฝนซึมลงสู่พื้นดินลงไปสู่การกักเก็บในชั้นน้ำบาดาลก็จะละลายเอาไนเตรตลงไปด้วยในน้ำบาดาลปกติจะมีไนเตรตประมาณ 0.1-10 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจสูงถึง 500-600 มิลลิกรัม/ลิตร การใช้ปุ๋ยไนเตรตมากในน้ำที่มีไนเตรตเป็นปริมาณสูงและถ้านำไปใช้สำหรับการบริโภคของทารกเป็นระยะเวลานานๆ จะเป็นอันตรายต่อทารก กล่าวคือ ทำให้ผิวหนังช้ำเป็นจ้ำๆ สีม่วงคล้ำๆ ที่เรียกว่า Blue baby disease

- คลอไรด์ (Cl⁻) คลอไรด์ที่อยู่ในรูปของสารประกอบโซเดียม จะทำให้น้ำมีรสกร่อย หรือเค็ม ถ้าเป็นสารประกอบของแคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้เกิดความกระด้าง คลอไรด์ในน้ำไม่เป็นอันตราย ต่อร่างกายมากนักนอกจากทำให้น้ำมีรสไม่ชวนดื่ม และทำให้เกิดการกัดกร่อนในระบบท่อต่างๆ (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้กำหนดให้มีคลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร)ถ้ามีมากทำให้น้ำมีรสกร่อยต้นกำเนิดที่สำคัญได้แก่ (ก) น้ำตกค้าง (Connate water) ของน้ำทะเล (ข) Evaporite deposits (ค) จากน้ำฝนหรือหิมะ (ง) จากบรรยากาศเช่น Volcanic gases ต้นกำเนิดที่สำคัญได้มาจากคลอไรด์ที่ถูกพัดพามาโดยน้ำฝนทั้งนี้ในน้ำทะเลเมื่อเกิดการระเหยจะได้ผลึกเกลือ (Salt nuclei) เป็นจำนวนมากมายซึ่งมีขนาดเล็กมากและถูกพัดพาขึ้นไปในบรรยากาศไอน้ำที่มีในบรรยากาศเมื่อเกิดการกลั่นตัวก็มักจะกลั่นตัวหรือเกาะอยู่รอบๆผลึกเกลือพวกนี้เมื่อฝนถูกพัดพาเข้ามาในแผ่นดินก็จะนำเอาคลอไรด์เข้ามาด้วยและเมื่อฝนตกลงสู่ผิวดินก็นำเอาคลอไรด์ตกลงมาด้วยพบว่าปริมาณของคลอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำฝนตามบริเวณชายฝั่งทะเลจะมีถึง 3-6 มิลลิกรัม /ลิตรและลดลงเหลือประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตรเมื่อห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 100 ไมล์ เนื่องจากคลอไรด์เป็นพวกที่ละลายน้ำได้ง่ายและเป็นพวกที่ค่อนข้างเฉื่อย (Inert) ในการแลกเปลี่ยนหรือทำปฏิกิริยาดังนั้นเมื่อเข้าไปอยู่ในน้ำบาดาลแล้วก็จะอยู่อย่างนั้นโดยไม่สูญหายไปตามกระบวนการหรือกรรมวิธีทางธรรมชาติ

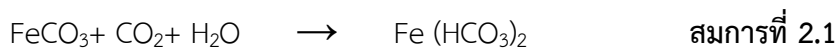
- เหล็ก (Fe) เหล็กคือ ธาตุโลหะมีชื่อละตินว่า "Ferum" มีอักษรย่อ "Fe" เป็นสัญลักษณ์ของธาตุเหล็กประกอบด้วยอะตอมที่มีค่าอะตอมมิกนัมเบอร์เท่ากับ 26 มีวาเลนซ์เท่ากับ 2 และ 3 และมีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 66.85

เหล็กมีปรากฏในธรรมชาติในสภาวะอิสระเป็นปริมาณน้อย เหล็กที่มีปรากฏอยู่ในโลก ส่วนใหญ่ปรากฏรวมตัวอยู่กับธาตุอื่นเป็นสารประกอบ เช่น ในแร่แมกเนไตท์ (Fe₃O₄) แร่เฮมาไตท์สีแดง (Fe₂O₃) แร่ลิโมนไนท์ (Fe₂O₃·3H₂O) แร่ลิตเอไรท์ (FeCO₃) แร่ไพไรท์ (FeS₂) เป็นต้น สินแร่เหล็ก (Iron Ore) เหล่านี้มีอุดมสมบูรณ์และกระจายกันอยู่ตามที่ต่างๆทั่วโลก เช่น อยู่ตามชั้นหิน และชั้นดินต่างๆ เป็นต้น

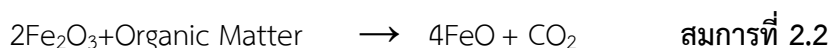
เหล็กที่ปรากฏอยู่ในธรรมชาติ มักเป็นแหล่งกำเนิดของเหล็กในน้ำ เหล็กเกือบทั้งหมดที่พบในหินและดิน ส่วนใหญ่ปรากฏรวมตัวกันอยู่กับธาตุอื่นๆ เป็นสารประกอบของเหล็กออกไซด์ เหล็กซัลไฟด์ และเหล็กคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์เกิดจากแร่ 3 ชนิด คือ แร่เฮมาไตท์สีแดง (Red Hematite) หรือ Fe₂O₃ แร่แมกเนไตท์ (Magnetite) หรือ Fe₃O₄ แร่ลิโมนไนท์หรือแร่เฮมาไตท์สีน้ำตาล (Brown Hematite) หรือ Fe₂O₃·3H₂O เหล็กซัลไฟท์ เกิดจากแร่ไพไรท์ (Pyrites) หรือ FeS₂ ส่วนเหล็กคาร์บอเนตเกิดจากแร่ลิตเอไรท์ (Siderites) หรือ FeCO₃ เหล็กในน้ำบาดาลเกิดจากธาตุทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถละลายน้ำได้และอยู่ในรูปของ เหล็กเฟอร์รัส การที่เหล็กสามารถละลายในน้ำบาดาลเป็นเหล็กเฟอร์รัสได้ มักมีสาเหตุจาก

ในดินมีแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น กระบวนการนี้จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิกซึ่งเป็นกรดอ่อน ดังนั้น เมื่อน้ำไหลผ่าน

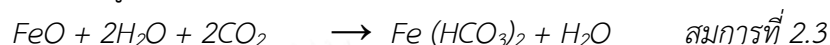
ชั้นหินหรือชั้นดินที่มีแร่เหล็กอยู่ ก็จะละลายแร่เหล็กนั้น เหล็กที่ถูกละลายจะอยู่ในรูปของเหล็กเฟอร์ไรต์ ดังสมการที่ 2.1-สมการที่ 2.3



ภายในภาวะที่ขาดออกซิเจน แบคทีเรียที่อยู่ในชั้นดินซึ่งมีสารอินทรีย์สามารถเปลี่ยนเหล็กเฟอร์ไรต์ในแร่ธาตุเป็นเหล็กเฟอร์ไรต์ในชั้นแรก คือ



ต่อมาเหล็กเฟอร์ไรต์นั้น จะถูกละลายน้ำได้ ดังสมการที่ 2.3



สำหรับน้ำผิวดิน มักเป็นแหล่งกำเนิดของเหล็กอินทรีย์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการระบายน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ลงไปหรือน้ำหรือเมื่อฝนตกน้ำฝนจะละลายสารอินทรีย์บนผิวดินแล้วไหลลงไปในน้ำเมื่อรวมกับเหล็กในน้ำก็จะกลายเป็นเหล็กอินทรีย์ (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้มีเหล็กไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในน้ำบาดาลถ้ามีซัลเฟตละลายปนอยู่มากจะทำให้มีรสขมและอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดท้องร่วงได้ ต้นกำเนิดที่สำคัญที่สุดได้แก่ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และแร่แอนไฮไดรต์ (CaSO_4) นอกจากนี้หินดินดานที่มีสารอินทรีย์มากอาจเป็นตัวให้ซัลเฟตเนื่องจาก Oxidation ของแร่มาร์คาไซต์ (Marcasite) และไพไรต์ (Pyrite) ในน้ำบาดาลที่มี Sulphur bacteria อยู่ด้วยอาจช่วยกำจัดซัลเฟตออกมาได้บ้างทั้งนี้เพราะแบคทีเรียนี้จะต้องใช้ซัลเฟตในการดำรงชีวิตของมันและปล่อยออกมาในรูปของ H_2S ซึ่งถ้ามีปริมาณมากก็อาจทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรดและมีกลิ่นเหม็นได้ อย่างไรก็ตามถ้าในน้ำบาดาลนั้นมีเหล็กละลายอยู่เป็นจำนวนมาก H_2S ที่ปล่อยออกมาอาจเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กและให้ FeS_2 ออกมาในรูปของการตกตะกอนซึ่งเป็นการช่วยกำจัดทั้งซัลเฟตและเหล็กไปในตัว แคลเซียม (Ca) ในน้ำบาดาลทั่วไปจะพบอยู่ในเกณฑ์ประมาณ 10-100 มิลลิกรัม/ลิตรต้นกำเนิดที่สำคัญได้แก่ แร่แคลไซต์ Calcite CaCO_3 Aragonite, โดโลไมต์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), แอนไฮไดรต์ (Anhydrite CaSO_4), ยิปซัม Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), อะพาไทต์, เฟลด์สปาร์ feldspar, แอมฟิโบล Amphiboles และไพรอกซีน Pyroxene โดยแคลเซียมมีอยู่เป็นปริมาณมากเมื่อใช้บริโภคในปริมาณมากอาจทำให้เกิดเส้นเลือดแข็งตัวหรือเกิดโรคกับตับไต

- แมกนีเซียม (Mg) ปกติพบเป็นปริมาณน้อยกว่าแคลเซียม ทั้งนี้เนื่องจากต้นกำเนิดที่สำคัญของแมกนีเซียมซึ่งได้แก่โดโลไมต์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ละลายน้ำได้ช้าและยากกว่าพวกแคลไซต์นอกจากนี้ในเปลือกโลกก็จะมีปริมาณของแคลเซียม อยู่เป็นจำนวนมากกว่าแมกนีเซียม อยู่แล้วปริมาณที่พบโดยทั่วไปจะอยู่ในเกณฑ์ 1-40 มิลลิกรัม/ลิตรต้นกำเนิดตัวอื่นๆอาจได้แก่ โอลิวีน, ไบโอไทต์, ฮอร์นเบลนด์, ออไรต์และไดออปไซด์

- โซเดียม (Na) ในน้ำบาดาลปกติพบในเกณฑ์ประมาณ 1-20 มิลลิกรัม/ลิตรแต่อาจจะสูงถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตรได้ถ้ามีปริมาณของแข็งละลายน้ำสูงตั้งแต่ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นไปต้น

กำเนิดที่สำคัญได้จากแพลจีโอเคลสเฟลด์,สปาร์ไฮไลต์และแร่ดินเหนียวบางตัวในน้ำบาดาลถ้ามีโซเดียมเป็นจำนวนมากและบริเวณเป็นประจำอาจมีโทษต่อหัวใจไตและลำไส้ได้

- โพแทสเซียม (K) มักพบเป็นปริมาณน้อยไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตรบริเวณที่พบมีปริมาณสูงๆ มักจะเป็นบริเวณใกล้ๆกับที่มี Evaporite deposits เช่นซิลิไคต์ (KCl) หรือบริเวณที่มีการใช้ปุ๋ยโปแทสเซียมในในการเกษตรกรรมหนาแน่นนอกจากนี้ต้นกำเนิดอาจได้จากพวกออร์โทเคลสไมโครโคลนและไบโอไทต์

- แมงกานีส (Mn) ปกติพบเป็นปริมาณน้อยน้ำบาดาลทั่วไปมีแมงกานีสน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร ต้นกำเนิดที่สำคัญก็มาจากผลของการผุพังของแร่แมงกานีสทั้งหลายน้ำที่มีแมงกานีสมากจะทำให้เครื่องสุขภัณฑ์เป็นคราบสีดำถ้านำไปใช้ซักผ้าจะทำให้ผ้าเป็นจุดต่างในน้ำบาดาลจะคล้ายกับเหล็กมากกล่าวคือเมื่อถูก Oxidized จะเกิดเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ

- **คุณลักษณะที่เป็นพิษ**

- น้ำบาดาลโดยทั่วไปจะไม่พบสารที่เป็นพิษ หรือพบในปริมาณน้อยมาก น้ำที่มีสารพิษในปริมาณสูงๆ มักเกิดการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม การทำเหมืองแร่ หรือ น้ำพุร้อน ได้แก่

- สารหนู (As) สารหนูเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไม่แสดงอาการทันทีแต่จะสะสมอยู่ในร่างกาย นานๆไป จะทำให้เกิดเป็นมะเร็งที่ผิวหนัง หรือปอดได้การปนเปื้อนเกิดจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช การเผาถ่านหินโรงงานถลุงโลหะ ตะกั่ว ดีบุก นิกเกิล โรงงานฟอกหนัง ปุ๋ยไนโตรเจน โรงงานผสมโลหะ ตะกั่ว-สังกะสี และทังสแตน-โมลิบดีนัม (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้สารหนู ต้องไม่มี)

- ตะกั่ว (Pb) ตะกั่วถ้าเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดอาการซีด อ่อนเพลีย ความจำเสื่อม สมองผิดปกติ หากได้รับในปริมาณมากทำให้ชัก หมดสติ และตายได้การปนเปื้อนของสารตะกั่วเกิดจากการทำเหมือง หรือน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้ตะกั่ว ต้องไม่มี)

- แคดเมียม (Cd) อันตรายจากแคดเมียมทำให้จมูก คออักเสบ หายใจขัด ปวดบวม และตายได้การปนเปื้อนของแคดเมียมเกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ การผลิตสี พลาสติก พี.วี.ซี. เซรามิก फिल्मถ่ายรูป โลหะอัลลอยด์ และโรงงานผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ (เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมของมาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภคได้ กำหนดให้แคดเมียม ต้องไม่มี)

- ไซยาไนต์ (CN) การได้รับไซยาไนต์จำนวนมาก ทำให้ตายได้อย่างเฉียบพลัน การปนเปื้อนของไซยาไนต์เกิดจาก อุตสาหกรรมการผลิตยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหนูการชุบและเคลือบโลหะ เหมือนแยกแรงแเงิน และทอง

การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมาย

ในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม นี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการและหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานโดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจสังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่งมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน
2. เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษได้นำเสนอมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ 2 ฉบับ คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่ง ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ในฐานะประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ลงนามเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2537

หลักการสำคัญในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ได้แก่การกำหนดค่ามาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์การจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ และการกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้น มีหลักเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้

1. ความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่อละประเภทในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นมีการใช้ประโยชน์หลายด้าน (Multi Purposes) โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์หลักเป็นสำคัญ ทั้งนี้ระดับมาตรฐานจะไม่ขัดแย้งต่อการใช้ประโยชน์หลายด้านพร้อมกัน
2. สถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำหลักของประเทศและแนวโน้มของคุณภาพน้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการพัฒนาต่างๆ ในอนาคต
3. คำนึงถึงสุขภาพและความปลอดภัยของชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำส่วนใหญ่
4. ความรู้สึกพึงพอใจในการยอมรับระดับคุณภาพน้ำในเขตต่าง ๆ ของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำหลักและของประชาชนส่วนใหญ่

อย่างไรก็ตามการปรับปรุงค่ามาตรฐานในอนาคตจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของระดับการลงทุนและภาวะทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ในแผนการพัฒนาลดจนความเป็นไปได้ในเทคโนโลยีในการบำบัดของเสียและสารพิษจากแหล่งกำเนิดของเสียซึ่งได้แก่ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วย

ตารางที่ 2- 5 มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค				
คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1.สี(Colour)	ปลาตินัม-โคบอลต์	5	15
	2.ความขุ่น (Turbidity)	หน่วยความขุ่น	5	20
	3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.0-8.5	6.5-9.2
ทางเคมี	4.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
	5.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
	6.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
	7.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
	8.ซัลเฟต (SO ₄)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	9.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 250	600
	10.ไนเตรด (NO ₃)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 45	45
	11.ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as CaCO ₃)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 300	500
	13.ความกระด้างถาวร (Non carbonate)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250

มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค				
คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
	hardness as CaCO ₃			
	14.ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 600	1,200
สารพิษ	15.สารหนู (As)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	16.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.1
	17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	19.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01

แหล่งที่มา :ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติ น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้าน สาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 29 ง ลงวันที่ 13 เมษายน 2542

2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

วิธีการทางสถิติที่ใช้ลดจำนวนข้อมูลที่มีอยู่มากให้น้อยลงเพื่อให้อยู่ในสภาพที่สามารถเข้าใจและจัดการกับข้อมูลนี้ชุดนี้ได้ การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นเทคนิคหนึ่งที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่มของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันรวบรวมไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกันตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันโดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย (กัลยา วานิชย์บัญชา 2546)

คำว่าลักษณะที่สนใจอาจจะมีหลาย ๆ ตัวแปร เช่น ถ้าสนใจความคิดเห็นทางด้านการเมือง จะมีคำถามหลาย ๆ คำถามด้านการเมือง และจะนำคำตอบเหล่านั้นมาแบ่งกลุ่ม (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552 : 286)

การจัด Case (หมายถึง คน สัตว์ สิ่งของ หรือ องค์กร ฯลฯ) หรือเป็นการจัดตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป Case ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ส่วน Case ที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน

ตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมากกว่าตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกัน

ตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

เช่น มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดสิ่งของ (Object) n สิ่งให้อยู่เป็นกลุ่ม ๆ โดยที่สิ่งของที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะคล้ายกัน (Similarity) หรือใกล้ชิดกัน (Closeness) ดังตัวอย่างผังข้อมูลข้างล่างนี้

	ตัวแปรที่ 1	ตัวแปรที่ 2...	ตัวแปรที่ K...	ตัวแปรที่ P
หน่วยที่ 1:	X_{11}	X_{12}	X_{1k}	X_{1p}
หน่วยที่ 2:	X_{21}	X_{22}	X_{2k}	X_{2p}
.
.
หน่วยที่ j:	X_{j1}	X_{j2}	X_{jk}	X_{jp}
.
.
.
หน่วยที่ n:	X_{n1}	X_{n2}	X_{nk}	X_{np}

โดยที่ X_{jk} หมายถึง การวัดหรือค่าครั้งที่ j ของตัวแปร k

จะเห็นว่าแต่ละหน่วยถูกวัดด้วยตัวแปร p ตัว หน่วยที่ในที่นี้ก็คือ สิ่งของที่ นั่นเอง ในการวิเคราะห์จัดกลุ่มอาจเรียกทับศัพท์ เช่น item case หรือ object แล้วแต่ว่าคำไหนสื่อความหมายได้มากกว่ากัน

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์จัดกลุ่มนอกจากจะจัดสิ่งของให้อยู่เป็นกลุ่ม ๆ แล้ว
เรายังสามารถใช้แนวคิดนี้จัดตัวแปร p ตัวให้อยู่เป็นกลุ่ม ๆ ได้

โยเฮลา (2541) การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเทคนิคที่ใช้กับตัวแปรที่สังเกตได้หลายๆตัว
เพื่อค้นหาและจัดกลุ่มตัวแปรเหล่านั้นให้เป็นกลุ่มย่อยๆ ตัวแปรที่มีความคล้ายคลึงกันจะจัดอยู่ในกลุ่ม
เดียวกัน และจะถูกอธิบายด้วยองค์ประกอบเดียวกัน

รอดมณี (2527) การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ลดปริมาณของข้อมูลให้น้อยลง
เพื่อง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผน เมื่อผู้วิจัยมีจำนวนตัวแปร
จำนวนมาก เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยจะลดจำนวนตัวแปรเหล่านั้นให้เหลือน้อยลงโดยอาศัย
โครงสร้างและแบบแผนของความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในข้อมูลระหว่างตัวแปร

ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ (2540) การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการทางสถิติที่ช่วยให้นักวิจัยสร้าง
องค์ประกอบจากตัวแปรหลายๆตัวแปรโดยรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันมากโดย
ความสัมพันธ์อาจจะเป็นไปในทางบวกหรือลบก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละองค์ประกอบจะไม่มี
ความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย องค์ประกอบหนึ่งๆจะแทนตัวแปรแฝงอันเป็น
คุณลักษณะที่นักวิจัยต้องการศึกษา

2.3.1 ความหมายของตัวประกอบ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

- 1) ในทางคณิตศาสตร์ ตัวประกอบคือตัวแกนหรือมิติ
- 2) ในทางทฤษฎี ตัวประกอบคือโครงสร้างของทฤษฎี
- 3) ในทางประจักษ์ ตัวประกอบคือ ผลการจัดกลุ่มของสิ่งของ หรือเหตุการณ์ต่างๆ

2.3.2 วัตถุประสงค์ของเทคนิค Factor Analysis

1) เพื่อศึกษาว่าองค์ประกอบรวมที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปร
ต่างๆโดยที่จำนวนองค์ประกอบรวมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปรนั้นจึงทำให้ทราบว่า
มีองค์ประกอบรวมอะไรบ้างโมเดลนี้เรียกว่า Exploratory Factor Analysis Model, EFA

2) เพื่อต้องการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างขององค์ประกอบว่าองค์ประกอบแต่ละ
องค์ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างและตัวแปรแต่ละตัวควรมีน้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับ
องค์ประกอบมากน้อยเพียงใดตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่หรือสรุปได้ว่าเพื่อต้องการทดสอบว่าตัว
ประกอบอย่างนี้ตรงกับโมเดลหรือตรงกับทฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่โมเดลนี้เรียกว่า Confirmatory Factor
Analysis Model, CFA

2.3.3 ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

เทคนิคของการวิเคราะห์องค์ประกอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่มีความรู้หรือมีความรู้ น้อยมากเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวแปรและลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่เดิมให้มีการรวมกันได้

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจะใช้กรณีที่ผู้ศึกษาทราบโครงสร้าง ความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือคาดว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรควรจะเป็นรูปแบบใดหรือคาด ว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในองค์ประกอบเดียวกันหรือคาดว่าไม่มีตัวแปรใดที่ ไม่มีความสัมพันธ์กันควรอยู่ต่างองค์ประกอบกันหรือกล่าวได้ว่าผู้ศึกษาทราบโครงสร้าง ความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือคาดว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไรและจะใช้ เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาตรวจสอบหรือยืนยันความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างที่คาดไว้ หรือไม่โดยการวิเคราะห์หาความตรงเชิงโครงสร้างนั่นเอง

2.3.4 ประโยชน์ของเทคนิค Factor Analysis

1) ลดจำนวนตัวแปรโดยการรวมตัวแปรหลายๆตัวให้อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน องค์ประกอบที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าข้อมูลขององค์ประกอบที่สร้างขึ้นได้เรียกว่า Factor Score จึงสามารถนำองค์ประกอบดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่นการวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน T – test Z – test และการวิเคราะห์ จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น

2) ใช้ในการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการความ ถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือการรวมตัว แปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกันโดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าองค์ประกอบโดยใช้ เทคนิค Factor Analysis แล้วนำองค์ประกอบดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความ ถดถอยต่อไป

3) ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษาเนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ ในองค์ประกอบเดียวกันจึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่อยู่ใน องค์ประกอบเดียวกันได้ทำให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละองค์ประกอบได้ตามความหมาย ของตัวแปรต่างๆที่อยู่ในองค์ประกอบนั้นทำให้สามารถนำไปใช้ในด้าน การวางแผนได้

2.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของเทคนิค Factor Analysis

การสร้างเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัว (Correlation Matrix) การสร้าง เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัวเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปัจจัยที่จะ

ดำเนินการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรงโดยวิธีของ Pearson Correlation ระหว่างตัวแปรทุกคู่ที่ต้องการนำมาจัดกลุ่มซึ่งจะอยู่ในรูปของ Correlation Matrix การหาความสัมพันธ์จะมีประโยชน์ในการนำตัวแปรไปใช้ในการจัดกลุ่มด้วยวิธีของการวิเคราะห์ตัวประกอบโดยมีการพิจารณาดังนี้

- 1) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ +1 หรือ -1 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมากควรอยู่ใน Factor เดียวกัน
- 2) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ศูนย์แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันน้อยมากควรอยู่คนละ Factor
- 3) ถ้ามีตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆที่เหลือน้อยมากควรอยู่คนละ Factor
- 4) ถ้ามีตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆที่เหลือน้อยมากควรตัดตัวแปรนั้นออกจากการวิเคราะห์

การสกัดปัจจัย (Factor Extraction) วัตถุประสงค์ของการสกัดปัจจัยคือการหาจำนวน Factor ที่สามารถใช้ตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้วิธีการสกัดปัจจัยมีหลายวิธีดังนั้นจะต้องตัดสินใจเลือกใช้วิธีใดเพราะแต่ละวิธีจะให้ผลแตกต่างกันวิธีการสกัดปัจจัยแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆคือ

- 1) วิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA) วิธีนี้อาศัยหลักความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่ใช้เป็นข้อมูลองค์ประกอบหลักตัวแปรคือการผสมเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของตัวแปรที่อธิบายการผันแปรของข้อมูลได้มากที่สุดจากนั้นหาการผสมที่สองที่สามารถอธิบายการผันแปรได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สองโดยที่ไม่สัมพันธ์กับการผสมแรกทำเช่นนี้เรื่อยไปจนได้องค์ประกอบหลัก(หรือปัจจัย) ที่สามารถอธิบายการผันแปรของทุกตัวแปรได้ครบถ้วนซึ่งองค์ประกอบหลักจะอธิบายการผันแปรได้น้อยลงตามลำดับและทุกองค์ประกอบไม่สัมพันธ์กัน

- 2) วิธีองค์ประกอบร่วม (Common Factor Analysis, CFA) วิธีนี้สามารถแบ่งได้เป็น 5 วิธีดังนี้คือ

- วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ปรับน้ำหนัก (Unweighted Least Square) เป็นวิธีการสกัดปัจจัยโดยจะกำหนดจำนวนไว้ตายตัวและพยายามหาเมตริกซ์แบบแผนของปัจจัย (Factor Pattern Matrix) ที่ทำให้ผลรวมของความแตกต่างกำลังสองระหว่างเมตริกซ์ที่คำนวณได้หรือเมตริกซ์ความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นใหม่และเมตริกซ์ความสัมพันธ์เดิมระหว่างตัวแปรมีค่าน้อยที่สุด

- วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไป (Generalized Least Square, ULS) เป็นวิธีการที่ใช้หลักเกณฑ์อย่างเดียวกันกับวิธีอื่นๆที่นอกเหนือไปจากวิธีองค์ประกอบหลักเพียงแต่มีการถ่วงน้ำหนักความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเชิงปฏิบัติกลับกับความเด่นเฉพาะ (Uniqueness) ของตัวแปรนั้น โดยให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีความเด่นเฉพาะมากมีน้ำหนักน้อยกว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีความเด่นเฉพาะต่ำซึ่งความเด่นเฉพาะของตัวแปรคืออัตราความไม่สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวสามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เชิงส่วน (Partial Correlation Coefficient)

- วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Method, ML) เป็นวิธีการที่ใช้หาค่าโดยการประมาณที่สามารถจะใช้หาค่าโดยการประมาณที่สามารถจะใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ที่

คำนวณได้ใกล้กับเมตริกซ์ที่ได้จากการสังเกตโดยสมมติว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลตัวอย่างที่มีการกระจายปกติหลายตัวแปร(Multivariate Normal Distribution) และโดยการปรับน้ำหนักค่าความสัมพันธ์ในเชิงปฏิภาคกลับกับความเด่นเฉพาะของตัวแปรซึ่งจะทำการคำนวณซ้ำหลายๆครั้งจนกว่าจะได้เมตริกซ์ที่ใกล้กับเมตริกซ์ที่ได้จากการสังเกต

— วิธีอัลฟา (Alpha Method) เป็นการใช้หลักการเดียวกับวิธีการแยกปัจจัยแบบอื่นๆ คือมีการตั้งข้อสมมติฐานไว้ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือปัจจัยร่วมและปัจจัยเฉพาะแต่ที่แตกต่างจากวิธีการอื่นๆคือแทนที่จะถือว่าจำนวนกรณีที่จะใช้ในการวิเคราะห์เป็นจำนวนตัวอย่างกลับถือว่าจำนวนตัวแปรนั้นเป็นตัวอย่างของคุณสมบัติของประชากร (Population Parameters) วัตถุประสงค์ของวิธีการแยกปัจจัยโดยอาศัยค่าอัลฟาคือหาปัจจัยที่เป็นตัวแทนของคุณสมบัติของประชากรหรือมีอัตราการใช้ได้ทั่วไปสูงสุด (Maximum Generalizability) อัตราการใช้ได้ทั่วไปที่วัดได้โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อถือได้คือคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability Coefficient) หรือค่าอัลฟาของครอนบาค(Cronbach's Alpha) วิธีการแยกปัจจัยดังกล่าวนี้สมมติว่าตัวแปรนั้นได้มาจากข้อมูลของประชากรทั้งหมดแต่ตัวแปรนั้นเป็นตัวอย่างของตัวแปรทั้งหมด

— วิธีเงา (Image Method) เป็นวิธีการแยกปัจจัยอีกวิธีหนึ่งซึ่งสมมติว่าตัวแปรแต่ละตัวแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เกิดจากปัจจัยร่วมและส่วนที่เกิดจากปัจจัยเฉพาะสัดส่วนที่แน่นอนของทั้งสองส่วนนี้คำนวณได้จากการประมาณโดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทฤษฎีเงา (Image Theory) ซึ่งกัทแมน (Guttman) เป็นผู้พัฒนาส่วนที่เป็นส่วนร่วมของตัวแปรคาดประมาณได้จากความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตัวนั้นกับตัวแปรที่เหลือทั้งหมดส่วนที่เรียกว่าเงาของตัวแปรนั้น (The Image of the Variable) ส่วนเฉพาะของตัวแปรก็คือส่วนที่ไม่สามารถคาดประมาณได้จากความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอื่นส่วนนี้เรียกว่าด้านเงา (Anti - image)

การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)เป็นขั้นตอนที่จะดำเนินการแยกตัวแปรให้เห็นเด่นชัดว่าตัวแปรหนึ่งๆควรจัดอยู่ในกลุ่มหรือในปัจจัยใดเนื่องจากในการสกัดปัจจัยจะได้ปัจจัยหรือ ปัจจัยหลายปัจจัยซึ่งแต่ละปัจจัยจะเกิดการรวมของตัวแปรแบบเชิงเส้นตรงแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือตัวแปรหนึ่งๆอาจจะเป็นสมาชิกในหลายปัจจัยซึ่งยากต่อการให้ความหมายของปัจจัยและการกำหนดชื่อปัจจัยหรืออาจได้ความหมายของแต่ละปัจจัยไม่ชัดเจนการหมุนแกนจะเป็นวิธีการที่จะทำให้สมาชิกของแต่ละตัวแปรในปัจจัยหนึ่งๆชัดเจนขึ้นวิธีการหมุนแกนปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆคือ

1) การหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal) เป็นวิธีการหมุนแกนแบบที่ให้แกนของปัจจัยหมุนจากตำแหน่งเดิมในลักษณะตั้งฉากกันตลอดเวลาที่มีการหมุนแกนเรียกว่าเป็นการหมุนแกนแบบที่ปัจจัยแต่ละปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันเลยวิธีการหมุนแกนแบบมุมฉากสามารถจำแนกได้ 3 วิธีย่อยๆดังนี้

— แบบควอติแมกซ์ (Quartimax) วัตถุประสงค์ของการหมุนแบบควอติแมกซ์คือการลดความซ้ำซ้อนเชิงตัวประกอบของตัวแปรน้อยลงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยหมุนแกนของตัวประกอบไปในทางที่ทำให้ตัวแปรมีน้ำหนักสูงต่อตัวประกอบหนึ่งและไม่มีหรือแทบจะไม่มีน้ำหนักต่อตัวประกอบนั้นๆอีกความสลับซับซ้อนเชิงตัวประกอบของตัวแปรวัดได้จากความแปรปรวนร่วมจากกำลังสองของน้ำหนักของตัวประกอบของตัวแปรอัตราความแปรปรวนร่วมวัดได้จากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่า

เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยซึ่งอัตราความแปรปรวนรวมมากที่สุดเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่ากำลังสองของน้ำหนักของตัวแปรค่าใดค่าหนึ่งในแถวเท่ากับค่าความร่วมกันและค่าที่เหลือเป็นศูนย์ดังนั้นค่าสูงสุดของอัตราความร่วมกันของค่ากำลังสองของน้ำหนักตัวประกอบคือความสลับซับซ้อนที่ง่ายที่สุดของตัวแปรนั้น

— แบบวาริแมกซ์ (Varimax) วิธีการนี้พยายามที่จะลดจำนวนตัวแปรที่มีน้ำหนักปัจจัยมากบนแต่ละปัจจัยให้เหลือน้อยที่สุดจะทำให้ได้เฉพาะตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการรวมตัวแบบเชิงเส้นสูงหรืออีกนัยหนึ่งก็คือมุ่งไปที่ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของแต่ละตัวประกอบโดยพยายามทำให้ตัวประกอบแต่ละคอลัมน์แตกต่างกันให้มากที่สุดซึ่งจะช่วยให้ตีความหมายของปัจจัยได้ง่าย

— แบบอิกวาแมกซ์ (Equamax) เป็นการผสมระหว่างแบบควอดริกแมกซ์และแบบวาริแมกซ์ที่ต้องการแปรความหมายทั้งปัจจัยและตัวแปรโดยเป็นการลดจำนวนทั้งจำนวนตัวแปรในแต่ละปัจจัยและลดจำนวนปัจจัยที่ใช้อธิบายความหมายของตัวแปร

2) การหมุนแบบมุมแหลม (Oblique Rotation) เป็นวิธีการหมุนแกนแบบที่ให้แก่แกนของปัจจัยหมุนจากตำแหน่งเดิมในลักษณะเป็นมุมแหลมและไม่ตั้งฉากกันตลอดเวลาที่มีการหมุนแกน โดยการหมุนแกนแบบนี้สามารถที่จะระบุระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยโดยการกำหนดจำนวนองศาของมุมแหลมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศาถ้าต้องการให้ปัจจัยที่ได้มีความสัมพันธ์กันสูงให้กำหนดค่าจำนวนองศาต่ำๆ (ถ้ากำหนดเป็น 0 องศาแสดงว่าให้ปัจจัยมีความสัมพันธ์กันสูงสุด) แต่ถ้าต้องการให้ปัจจัยที่จะได้มีความสัมพันธ์กันน้อยให้กำหนดค่าจำนวนองศาสูงๆ (ถ้ากำหนดเป็น 90 องศาแสดงว่าให้ปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันเลยและจะกลายเป็นการหมุนแกนแบบมุมฉาก)

การให้ความหมายแก่ปัจจัย (Factor Meaning) การให้ความหมายแก่ปัจจัยเป็นขั้นตอนที่จะต้องกำหนดชื่อหรือให้ความหมายแก่ปัจจัยหรือตัวแปรที่ได้โดยพิจารณาว่าในปัจจัยนั้นๆ ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นสมาชิกอยู่แต่เนื่องจากในปัจจัยหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยตัวแปรทุกตัวที่เป็นสมาชิกโดยมีน้ำหนักของการเป็นสมาชิกแตกต่างกันดังนั้นก่อนจะให้ความหมายแก่ปัจจัยใดๆ ควรจะต้องพิจารณาเลือกตัวแปรที่น่าจะเป็นสมาชิกของปัจจัยนั้นๆ มากที่สุดหลังจากนั้นจึงให้ความหมายแก่ปัจจัยที่ได้แต่ละปัจจัยซึ่งขั้นตอนในการพิจารณามีดังนี้

1) จัดตัวแปรเข้าเป็นสมาชิกปัจจัยเดียวเป็นขั้นตอนที่จะดำเนินการแยกตัวแปรให้เห็นชัดว่าตัวแปรต่างๆ ควรจะจัดอยู่ในกลุ่มหรือในปัจจัยใดโดยนำค่าน้ำหนักปัจจัยหรือสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัย (Factor Loading) ที่ได้ล่าสุดจากการหมุนแกนแล้วและเลือกเฉพาะ Factor ที่มีค่า Eigenvalues หรือค่า Percent of Variance สูงตามขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยแล้วจึงพิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัยหรือสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยของปัจจัยทั้งหมดที่เลือกมาน้ำหนักปัจจัยหรือค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยใดมีค่ามากที่สุดหมายความว่าปัจจัยนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรนั้นมากที่สุดแสดงว่าตัวแปรนั้นๆ ควรเป็นสมาชิกของปัจจัยนั้นมากกว่าที่จะเป็นสมาชิกของปัจจัยอื่น

2) เลือกตัวแปรที่มีผลสูงต่อปัจจัยจากขั้นตอนที่ผ่านมาถึงแม้จะได้ตัวแปรที่เป็นสมาชิกในปัจจัยเดียวแต่ตัวแปรบางตัวที่เข้ามาเป็นสมาชิกในปัจจัยอาจจะมีย่าน้ำหนักการเข้าร่วมตัวหรือมีผลต่อการอธิบายปัจจัยนั้นๆ ได้ต่ำซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าถึงแม้จะไม่มีตัวแปรดังกล่าวก็สามารถให้ความหมายของปัจจัยได้เพียงพอแล้วการพิจารณาจะพิจารณาจากค่าน้ำหนักหรือสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ของตัวแปรจากตัวแบบการรวมตัวแบบเส้นตรงโดยจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สูงซึ่งอาจจะใช้วิธีทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ

3) การให้ความหมายแก่ปัจจัยเป็นขั้นตอนที่จะต้องให้ความหมายหรือกำหนดชื่อแก่แต่ละปัจจัยซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยประสบการณ์ในการกำหนดหรือให้ชื่อที่สื่อความหมายแก่แต่ละปัจจัยจะทำให้ได้โดยพิจารณาลักษณะของตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยนั้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554) ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลกและอำเภอวังโป่งจังหวัดเพชรบูรณ์ จากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่ามีปริมาณตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) สูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทำเหมืองซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติตามสภาพทางธรณีวิทยาในพื้นที่ และพบปริมาณแคดเมียม(Cd) และตะกั่ว (Pb) น้ำบาดาลมีการปนเปื้อนเช่นเดียวกันกับในดินพบปริมาณสารหนูในดินตามธรรมชาติในปริมาณที่สูงตั้งแต่ก่อนมีกิจกรรมเหมืองทองคำโดยกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และจากการศึกษาไม่พบปริมาณสารหนูในดินสูงชันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในน้ำบาดาลพบการปนเปื้อนของสารหนูเกินมาตรฐานเพียง 3 บ่อจากจุดเก็บตัวอย่างรอบพื้นที่ 43 บ่อ เนื่องจากปริมาณสารหนูจะเกาะตัวกับโคลนและอินทรีย์วัตถุในดินมากกว่าลอยไปกับน้ำในและในกรณีสารไซยาไนด์ที่ใช้ในกิจกรรมการสกัดแร่ทองคำ พบว่ามีปรากฏอยู่ในสิ่งแวดล้อมอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนทำกิจกรรมเหมือง จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินพบว่าไม่เกินค่าที่ได้ศึกษามาก่อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยตรวจพบไซยาไนด์ (CN) เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินในฤดูแล้ง 3 สถานี คือ อ่างเก็บน้ำเขาหม้อ คลองส่งน้ำบ้านหนองอย่างหมู และคลองร่องกอก เนื่องจากไซยาไนด์ไฟฟ้าหรือสารร้ายน้ำเงินแกมเขียวดีคาร์บอนจากซากพืชหรือเถาถ่านจากการเผาพืช และดีเอ็นเอไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรท นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส และค่า pH สูงกว่า 7 จะทำให้ไซยาไนด์ละลายในน้ำได้ดี

ชาญกุล (2551) ได้ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักและศักยภาพในการทำให้เกิดน้ำทิ้งสภาวะกรดจากของทิ้งจากเหมือง บริเวณพื้นที่เหมืองทองคำอัครา จังหวัดพิจิตรพบว่าปริมาณโลหะหนักในหินทิ้งพบว่า มีปริมาณของสารหนู (As)ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิลเกิล(Ni) และตะกั่ว (Pb) เกินค่ามาตรฐานและผลการชะละลายของโลหะแมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu) สามารถชะละลายออกมาได้เกินระดับค่ามาตรฐานของน้ำ

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

1) ผลกระทบจากการทำกิจกรรมมนุษย์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

Wonga (1999) พื้นที่เมือง Goldenville เป็นพื้นที่ที่มีชื่อเสียงมากในการทำเหมืองแร่ทองคำ ในเมือง Nova Scotia ได้ทำการประกอบกิจการแร่ทองคำมาตั้งแต่ปี 1860-1945 ในการประกอบกิจการทำเหมืองแร่ทองคำได้มีสารปนเปื้อนออก คือ แคดเมียม (Cd) 470 กิโลกรัม ตะกั่ว (Pb) 37,300 กิโลกรัมปรอท (Hg) 20,700 กิโลกรัมและไทเทเนียม (Ti) 2,600 กิโลกรัม การวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เนื้อตะกอนในน้ำและในทะเลสาบ โดยมีการแพร่กระจายของสารนี้ออกห่างจากตัวเหมืองไปเป็นระยะทาง 2 กิโลเมตร ทำให้การปนเปื้อนของระบบนิเวศปลายน้ำ ได้แก่ Gegogan ของมหาสมุทรแอตแลนติก ในน้ำและดินตะกอนของทะเลสาบ Gegogan เป็นพิษต่อสัตว์หน้าดินในชุมชน การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของปลา ถึงแม้ว่าเหมืองถูกปิดกว่า 50 ปี แต่ยังคงเกิดการสะสมตัวของตะกอนในลำน้ำ แสดงให้เห็นว่า ปัญหาการปนเปื้อนยังคงมีอยู่เมื่อเหมืองปิดตัวลง

Kima (2002) ทำการศึกษาเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 73 ตัวอย่าง จากพื้นที่ 10 มณฑลทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ในรัฐมิชิแกนในปี 1997 โดยพบว่า มีความเข้มข้นของสารหนู (As) อยู่ในช่วงจาก 0.5-278 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยเป็น 29 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบใน 12% ของหลุมเหล่านี้มีความเข้มข้นของสารหนูที่เกินในปัจจุบันของ USEPA ระดับสารปนเปื้อนสูงสุด 50 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนใหญ่ (53-98%) ของสารหนูที่ตรวจพบคือ สารหนู [As(III)] การกระจายตัวของสารหนูที่เกิดขึ้นเกิดจาก สภาวะรีดอกซ์ ที่ต่ำและค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำบาดาลตื้น (<15 เมตร) ความเข้มข้นของสารหนูต่ำน่าจะเกิดจากการก่อกำเนิดของความซับซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ ในน้ำบาดาลลึก (> 15 เมตร)

Bruce (2003) ศึกษาพื้นที่ทดลองเลี้ยงสัตว์ที่ Kidston Gold Mine North Queensland ซึ่งเป็นพื้นที่ของบ่อทิ้งกากแร่ของเหมืองเก่า เพื่อศึกษาการจัดการพื้นที่ที่ได้มาตรฐานของพื้นที่เหมืองทิ้งร้างหรือไม่ และทำการศึกษาดูดซึมสารพิษที่เกิดขึ้นจากพื้นที่เหมืองเก่าว่าจะเป็นอันตรายต่อสัตว์หรือไม่ โดยทำการตรวจวัดโลหะหนักทั้งหมด 11 ชนิด ได้แก่ สารหนู (As) สังกะสี (Zn) โคบอล (Co) แคดเมียม(Cd) โครเมียม(Cr) ตะกั่ว (Pb) พลวง (Sb) ดีบุก (Tin) ปรอท (Hg) ซีลีเนียม (Se) และ นิกเกิล (Ni) ทำการทดลองในสัตว์นานเป็นเวลา 8 เดือนโดยนำตับ กล้ามเนื้อและเลือดมาตรวจ พบว่ามีสารหนู และ สังกะสีเกิดการสะสมตัวมากในเนื้อเยื่อของสัตว์ การปนเปื้อนนี้ ถ้าในระยะยาวจะทำให้เกิดความเป็นพิษเรื้อรัง โดยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการของพื้นที่ยังมีปัญหาอยู่

Nguyen (2008) ลักษณะของดินที่ถูกปนเปื้อนสารหนูทำให้เกิดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำบาดาลได้การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 4 หมู่บ้าน สูงเกินกว่าที่มาตรฐานน้ำดื่มกำหนด อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ 348 ไมโครกรัม/ลิตร โดยสารหนูชนิด arsenite [As (III)] และเหล็ก(Fe) แมงกานีส (Mn) และแอมโมเนีย (NH₃) จากผลการประเมินความเสี่ยงพบว่า มากกว่า 40% ของประชาชนที่นำน้ำบาดาลมาดื่มมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคมะเร็ง

(Luu 2009) ความเข้มข้นของสารหนูและธาตุอื่นในพื้นที่ 3 หมู่บ้าน ในเมือง Kandal ของประเทศกัมพูชา พบว่า ความเข้มข้นของปริมาณสารหนู (As) ในน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 6.64 (ในหมู่บ้าน POT) และ 1,543 ไมโครกรัม /ลิตร (ในหมู่บ้าน PT) และระดับความเข้มข้นเฉลี่ยและ

ค่ามัธยฐานของ 552 และ 353 ไมโครกรัม / ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 86 และมี 15 ตัวอย่างที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด ปริมาณความเข้มข้นของสารหนู arsenite [As (III)] มีความแตกต่างกัน ในหมู่บ้าน POT มีความเข้มข้น 4 - 1334 ไมโครกรัม / ลิตร ใน PTหมู่บ้านมีความเข้มข้นเฉลี่ย 470 ไมโครกรัม / ลิตร นอกจากนี้ประมาณ 67%, 80% และ 86% ของน้ำบาดาลจากกลุ่มตัวอย่างมีความเข้มข้นที่สูงขึ้นสำหรับตามลำดับและค่าแบเรียม (Be) แมงกานีส (Mn) และตะกั่ว (Pb) สูงกว่าการดื่มขององค์การอนามัยโลก แสดงให้เห็นถึงน้ำบาดาลในจังหวัด Kandal ที่ไม่ได้มีการปนเปื้อนเฉพาะ สารหนู (As) แต่ยังมีแบเรียม (Be) แมงกานีส (Mn) และตะกั่ว (Pb) การศึกษาการประเมินความเสี่ยงพบว่าหนึ่งตัวอย่าง (PT25) พบว่ามีความเข้มข้นของสารหนูสะสม 6,758 มิลลิกรัม/ลิตร สูงกว่าระดับเกณฑ์ 6,750 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในคน

Halima (2009) ได้ทำการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการปนเปื้อนของระดับสารหนู(As) ในแม่น้ำคงคา บริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ ของประเทศบังคลาเทศ โดยอาศัยข้อมูล อุทกธรณีเคมี และการเก็บตัวอย่าง ผลปรากฏว่า น้ำบาดาลส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของ Ca-Mg-HCO₃ และในน้ำบาดาล 6 ตัวอย่างมีปริมาณความเค็มที่สูงมาก ความเข้มข้นที่สูงของสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำมีผลต่อการเคลื่อนที่และการแลกเปลี่ยนประจุของไอออนในน้ำและอินทรีย์วัตถุ ปริมาณสารหนู (As) ที่ตรวจพบอยู่ที่ 0.043-1.352 มิลลิกรัม / ลิตร ค่า เหล็ก (Fe) อยู่ที่ 2.791-17.058 มิลลิกรัม / ลิตร และค่าแมงกานีส (Mn) อยู่ที่ 0.134-1.972 มิลลิกรัม / ลิตร ที่ระดับความลึกที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุและการละลายลดลงจาก Fe - Oxyhydroxide

Jamshidzadeh (2011) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณสมบัติของน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำ Kashan โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 53 บ่อตั้งแต่ปี 1990 - 2006 พบว่ามีปริมาณน้ำลดลง 7.93 เมตร โดยลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ 0.496 เมตร/ปี และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาลทั้งหมด 21 ตัวอย่างน้ำ โดยมีพารามิเตอร์ ความเป็นกรดต่าง (pH) ,การนำไฟฟ้า (EC) , ของแข็งละลายน้ำ (TDS) ,แคลเซียม (Ca²⁺) ,โซเดียม (Na⁺) ,โพแทสเซียม (K⁺),แมกนีเซียม (Mg²⁺),ไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) , คาร์บอเนต(CO₃²⁻) ,คลอไรด์ (Cl⁻)และซัลเฟต (SO₄²⁻) โดยทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกพบว่าตัวอย่างน้ำทั้งหมดไม่สามารถที่จะนำมาบริโภคได้เนื่องจากมีปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำเกินมาตรฐานซึ่งเกิดมาจากการการรุกตัวเข้าของน้ำทะเล แต่สามารถนำมาใช้อุปโภคได้

Artimes Ghassemi Dehnavi (2011) ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ได้รับการพิจารณา; ค่าความเป็นกรด (pH), ค่าการนำไฟฟ้า (EC) , ไนเตรต (NO₃⁻) , ซัลเฟต (SO₄²⁻) , สารที่ละลายได้ทั้งหมดความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) , ซัลเฟตและความขุ่น ความขุ่นในน้ำบาดาล ประมาณ 35% ของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานถึง 5 เท่า ได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธี หาค่าความสัมพันธ์ ของตัวแปรสังเกตเพียร์สันสัมพันธ์ปริมาณซัลเฟต มีความสัมพันธ์กันกับ ค่าการนำไฟฟ้า และ ค่าซัลเฟต มีความสัมพันธ์กันกับ ค่าของความขุ่น การวิเคราะห์ด้วยการแยกองค์ประกอบ ได้ผลดังนี้ 1. ค่าความเป็นกรด ต่าง ค่าการนำไฟฟ้า และ ค่าของแข็งละลายน้ำมีความสัมพันธ์ อยู่ที่ 30.96 % และ ค่าความขุ่น ค่าไนเตรต ซัลเฟต และ ค่า COD มี

ความสัมพันธ์อยู่ที่ 27.82 % การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่เป็นระบบสององค์ประกอบที่อธิบายถึงประมาณสองในสามของความแปรปรวนทั้งหมดในข้อมูล การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลของพื้นที่การทำเหมืองแร่ในเมืองนี้ต้องรักษาก่อนบริโภคบางส่วน

Yankey และคณะ (2013) ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 16 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ (T) ความเป็นกรด ต่าง (pH) 4.30 - 6.70 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 49.00 - 421.00 แคดเมียม (Cd) <2 ไมโครกรัม/ลิตร, โครเมียม (Cr) <1 ไมโครกรัม/ลิตร , ทองแดง (Cu) 16.00 - 92.00 ไมโครกรัม/ลิตร , เหล็ก (Fe) 28.00 - 8444.00 ไมโครกรัม/ลิตร, แมงกานีส (Mn) (56-852 ไมโครกรัม/ลิตร), นิกเกิล (Ni) (40-152 ไมโครกรัม/ลิตร) , ตะกั่ว (Pb) <10 ไมโครกรัม/ลิตร และ สังกะสี (Zn) 8.00 120.00 ไมโครกรัม/ลิตร ความสัมพันธ์เชิงเมทริก มีความสัมพันธ์กันระหว่าง นิกเกิล (Ni) และ สังกะสี (Zn) 0.558 จากการวัดค่า มีปริมาณเหล็กที่สูงเนื่องมาจาก โดยในพื้นที่นี้ แร่องค์ประกอบหินที่มีคือ hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), pyrite (FeS_2) Andarsenopyrite ($FeS_2.FeAs$) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสายแร่ทองคำ (Kesse, G.O. 1985, Knight and Scott, 2002).

2) เทคนิคในการประเมินแหล่งที่มาของการปนเปื้อนของน้ำบาดาล

Liu (2003) ได้นำการวิเคราะห์ปัจจัยมาศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลักษณะของพื้นที่ชายฝั่งทะเลทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 28 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 13 พารามิเตอร์ พบว่า 77.8% ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาลเกิดจากปัจจัยที่ หนึ่ง คือการรุกรานของน้ำเค็ม เนื่องจากมีปริมาณของ การนำไฟฟ้า (EC),ของแข็งละลายน้ำ (TDS), คลอไรด์ (Cl⁻), ซัลเฟต (SO₄²⁻), โซเดียม (Na⁺) ,โพแทสเซียม (K⁺) และแมกนีเซียม (Mg²⁺) มีความสัมพันธ์กัน ส่วนปัจจัยที่ สอง มีปริมาณของสารหนู(As) ค่อนข้างสูงน่าจะมีผลมาจากการสลายตัวของแร่ธาตุที่อยู่ในพื้นดิน

Love (2004) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลโดยอาศัยเทคนิคทางสถิติซึ่งพิสูจน์ว่ามีประสิทธิภาพสูงในการนำมาศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของน้ำบาดาลจากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของ โพแทสเซียม (K⁺) และแอมโมเนีย (NH₃) เกิดมาจากกิจกรรมทางการเกษตร ปริมาณของโซเดียม (Na⁺), คลอไรด์ (Cl⁻) และซัลเฟต (SO₄²⁻) เกิดมาจากกิจกรรมของเหมือง ปริมาณของไนเตรต (NO₃⁻) ฟอสเฟต (PO₄³⁻) และเหล็ก (Fe) มาจากกิจกรรมของน้ำทิ้งในบ้านเรือน

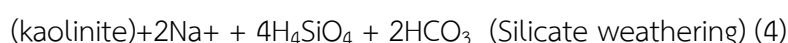
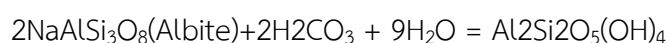
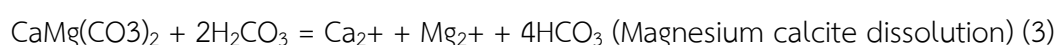
Munoz-Carpena (2005) พื้นที่ Everglades National Park (ENP) ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของรัฐฟลอริดา ในสหรัฐอเมริกา ได้มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ตัวประกอบ มาศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรและความผันผวนของคุณภาพน้ำบาดาล ในระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 2 ปี ได้มีการเก็บข้อมูลของปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำบาดาล ดินและน้ำผิวดิน พบว่ามีปริมาณของปริมาณของไนเตรต (NO₃⁻) ฟอสเฟต (PO₄³⁻) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีสาเหตุมาจากน้ำทิ้งจากบ้านเรือน

Omo-Irabor (2008) ได้ทำการศึกษากระบวนการทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเคมีของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคตะวันตก บริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำไนล์ โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติจากการเก็บข้อมูลตัวอย่างของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลจำนวน

137 ตัวอย่างเริ่มทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ปี 2003 - 2007 ใน 2 ช่วงฤดู คือฤดูฝนและฤดูแล้ง จากทั้งหมด 15 พื้นที่ โดยทำการนำตัวอย่างทั้งหมด มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้เทคนิค การวิเคราะห์ปัจจัย พบว่า สาเหตุของการปนเปื้อนของน้ำผิวดินและใต้ดิน ในปัจจัยที่หนึ่ง มาจากปริมาณของไนเตรท (NO_3^-) และปริมาณโซเดียม (Na) ซึ่งมาจากกิจกรรมของมนุษย์และกิจกรรมทางการเกษตร ปัจจัยที่สอง ซึ่งมาจากมลพิษของไฮโดรคาร์บอน ปัจจัยที่สาม มีปริมาณของเหล็ก (Fe) สูง มาจากปัจจัยของการชะละลายของน้ำผิวดิน ปัจจัยที่สี่เกิดจากมลพิษที่เกิดขึ้นจากอากาศ โดยปัจจัยทั้งหมดที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายได้ว่าการปนเปื้อนทางเคมีของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และกระบวนการทางธรรมชาติ

Jiang (2009) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ที่มีการขยายตัวทางด้านเกษตรกรรม และที่อยู่อาศัย ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมด 42 ตัวอย่าง พบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำบาดาลมีปริมาณของไนเตรท (NO_3^-) คลอไรด์ (Cl) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) เพิ่มมากขึ้น และได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาลพบว่า ปัจจัยที่หนึ่ง 47.1 % น้ำบาดาลถูกการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น น้ำทิ้งน้ำเสียและปุ๋ยเกษตร ปัจจัยที่สอง 17.9 % เกิดจากความสัมพันธ์ของ limestone-dominated และปัจจัยที่สาม 14.3 % เกิดจากหินโดโลไมต์ ($\text{Dolomite, CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

Artimes Ghassemi Dehnavi (2011) องค์ประกอบทางเคมีของน้ำบาดาล มีสาเหตุหลักมาจาก 4 กระบวนการ โดยทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับหินในพื้นที่ อาศัยหลักการความสัมพันธ์ของ Gibbs (1970) ได้ทำการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และ $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ และ $\text{Cl}/(\text{Cl}+\text{HCO}_3)$ ทำให้ทราบถึงว่า ในพื้นที่นี้ มีการสลายตัวของหินในพื้นที่ ร่วมกับ สภาพดินฟ้าอากาศการสลายตัวของคาร์บอเนตและการสลายตัว สรุปลงมาเป็นสมการได้



สรุปได้ว่าอิทธิพลของ 4 กระบวนการ กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน และ กระบวนการออกซิเดชัน / กระบวนการลด การสลายตัวของหินในพื้นที่ และ สภาพดินฟ้าอากาศ จาก 4 กระบวนการนี้ สรุปได้ว่าอิทธิพลของ 4 กระบวนการนี้ มีผลทำให้ลักษณะทางเคมีของพื้นที่เปลี่ยนไป

(Ahiarakwem, 2012) ได้ทำการวิเคราะห์ น้ำฝนในพื้นที่ ไนจีเรีย ด้วยทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ได้ผลดังนี้ ความเป็นกรด ต่าง (pH) ของ 4.75-5.40 ความกระด้างทั้งหมด 1.63 - 1,91 มิลลิกรัม / ลิตร , ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 25.40 - 36.50 μS / ซม. ของแข็งที่ละลายน้ำ (TDS) 15 - 21.50 91 มิลลิกรัม / ลิตร , แคลเซียม (Ca) 0.43 - 0.57 มิลลิกรัม / ลิตร , แมกนีเซียม (Mg^{2+}) 0.070.20 มิลลิกรัม / ลิตร , โซเดียม (Na) 8.80 -10.80 9 มิลลิกรัม / ลิตร , โพแทสเซียม (K^+) 8.009.50 มิลลิกรัม / ลิตร , ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) 2532 มิลลิกรัม / ลิตร ,

ซัลเฟต (SO_4^{2-}) 1.20 - 2.20 มิลลิกรัม / ลิตร , ปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) 5.35 - 6.10mg / ลิตร, ไนเตรท (NO_3^-) 0.0004 - 0.070 มิลลิกรัม / ลิตร , ความเค็ม (SAR) ในช่วง 2.90-3.0 ความเข้มข้นของไอออนบวก และไอออนลบ ของพื้นที่ $\text{Na}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ และ $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ ตามลำดับ และ น้ำฝนในพื้นที่นี้ มีน้ำเป็นชนิด Na - HCO_3^- สาเหตุที่น้ำฝน มีการปนเปื้อนของสารต่างๆ นั้นเกิดมาจากการ มลพิษที่เกิดขึ้น ในบรรยากาศ ทั้งจากยานพาหนะ รวมถึงฝุ่นควันที่ลอยอยู่อากาศ

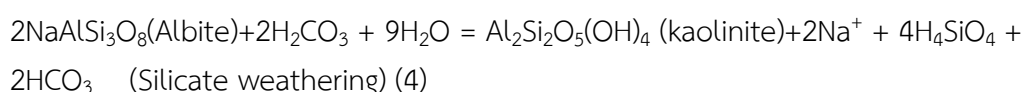
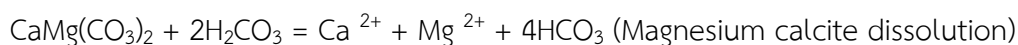
K.Srinivasamoorthy (2012) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำบาดาลในพื้นที่ Sarabanga โดยพื้นที่นี้มีปัญหาด้านน้ำที่จะนำมาอุปโภคบริโภคเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย ดังนั้นน้ำบาดาลจึงมีความสำคัญทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค รวมถึงด้านอุตสาหกรรม จากการศึกษาพบว่าคุณภาพของน้ำบาดาล สามารถเรียงตามความเข้มข้นได้ดังนี้ $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{PO}_4^{2-}$ และ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ และได้มีการทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Na / Cl พบว่า เกิดจากอิทธิพลของสภาพอากาศการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางธรณีเคมี และ ปริมาณ คลอไรด์เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Stallard and Edmond, 1983) และได้ทำการพล็อตเพื่อหาความชัดเจนระหว่าง Ca + Mg และ $\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$ กับ Cl และ Ca + Mg - $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$ พบว่า Ca, Mg เกิดขึ้นจากการสลายตัวของแร่ แคลสิไนท์ในพื้นที่ (Jankowski and Acworth, 1997).

Kumar (2013) พฤติกรรมของน้ำบาดาลในพื้นที่ต่างๆ ต่างได้รับอิทธิพลมาจาก สภาพธรณีวิทยาในพื้นที่ ประกอบกับสภาพดินฟ้าอากาศในพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่าง วิธี สอง วิธี เพื่อ ทำการค้นหาลักษณะองค์ประกอบทางเคมีที่แท้จริงของ น้ำบาดาลในพื้นที่โดยวิธีไพเพอร์ไดอะแกรม Piper ,1944 และ Chadha's (1999) ได้ผลดังนี้ ประเภทของน้ำบาดาลในพื้นที่ออกมาได้ทั้งหมด 6 สาขา พวกเขาเป็น 1. Ca- HCO_3^- 2. Na-Cl 3. Ca-Mg-Cl 4. Ca-Na- HCO_3^- 5. Ca-Cl 6. Na- HCO_3^- ที่เป็นเช่นนี้น้ำจะมาสภาพดินฟ้าอากาศ และการสลายตัวของแร่ ไพโรซีน (pyroxenes) และ แอมฟิโบล (amphibole) ในพื้นที่ และได้การศึกษาเปรียบเทียบประเภทน้ำแผนภาพ Chadha's (1999) ได้ผลคือ ธาตุอัลคาไลน์เกินโลหะอัลคาไล ,โลหะอัลคาไลเกินธาตุอัลคาไลน์ ,แอนไอออนที่เป็นกรดอ่อนเกินที่แข็งแกร่งแอนไอออนที่เป็นกรด ,แอนไอออนที่เป็นกรดที่แข็งแกร่งเกินอ่อนแอที่เป็นกรดแอนไอออน ,ธาตุอัลคาไลน์และแอนไอออนที่เป็นกรดอ่อนแอเกินทั้งสองโลหะอัลคาไลและแอนไอออนที่แข็งแกร่งเป็นกรดตามลำดับ,ธาตุอัลคาไลน์เกินโลหะอัลคาไลและแข็งแกร่งเป็นกรดแอนไอออนเกินแอนไอออนที่เป็นกรดอ่อนแอ ,โลหะอัลคาไลเกินธาตุอัลคาไลน์และแอนไอออนที่แข็งแกร่งเป็นกรดเกินอ่อนแอที่เป็นกรดแอนไอออน ,โลหะอัลคาไลเกินธาตุอัลคาไลน์และอ่อนแอเป็นกรดแอนไอออนเกินแอนไอออนที่แข็งแกร่งเป็นกรดจากผลการวิเคราะห์น้ำทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า น้ำในพื้นที่นี้ ค่อนข้างมีความเป็น ด่างสูงในธรรมชาติ โดยมีผลมาจากการการสลายตัวของแร่ ซิลิเกต การแลกเปลี่ยนไอออนและกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน กระบวนการ ประเภทน้ำบาดาลได้รับการประเมินและเปรียบเทียบกับไพเพอร์ ไดอะแกรมและไดอะแกรม Chadha's ร้อยละ 42 ของตัวอย่างน้ำที่แสดงออกมาในรูปของประเภท Ca-Mg-Cl ในทั้งสองวิธี

M. R. G. Sayyed (2013) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ โดยใช้วิธีการของ ไพเพอร์ไดอะแกรม และทางอุทกธรณีเคมีของพื้นที่ โดย ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ สี,อุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด ด่าง pH, ค่าการนำไฟฟ้า , ของแข็งละลายน้ำ (TDS) ค่าความเค็ม ไฮโดรเจนซัลไฟด์

(H₂S), แอมโมเนีย (NH₄-N), ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในปฏิกิริยาเคมีอื่นๆที่ไม่ได้เกิดจากสิ่งมีชีวิต (BOD), ปริมาณทั้งหมดของออกซิเจนที่ใช้โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD), คาร์บอเนต (CO₃²⁻), ไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻), คลอไรด์ (Cl⁻), ซัลเฟต (SO₄²⁻), ไนเตรท nitrate (NO₃⁻), ฟอสเฟต (PO₄³⁻), แคลเซียม (Ca²⁺), แมกนีเซียม (Mg²⁺), โซเดียม (Na⁺), โพแทสเซียม (K⁺), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), โบรอน (B), อีโคไลน์ ในพื้นที่ มีลักษณะทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน โดยมีหิน ที่เกิดจากการรวมตัวกันของแร่ ซิลิเกต pyroxenes (augite), feldspars (labradorite plagioclase) anorthite (CaAl₂Si₂O₈) albite (NaAlSi₃O₈) และการสลายตัวของแร่ and olivine clays, aluminium และเหล็กออกไซด์, amorphous crystalline silica คาร์บอเนต carbonates and zeolites ได้มีการ ทำการเปรียบเทียบ ระหว่าง (Ca + Mg) เป็นน้ำกระด้างถาวร และ พื้นที่ Manjari, Fursungi และ antarwadi มี น้ำชนิด Ca-Mg-Cl- SO₄²⁻ ในขณะที่เมือง Uruli-Devachi มี น้ำชนิด Na-K- SO₄²⁻-Cl ความเข้มข้นของปริมาณคลอไรด์และโซเดียมในพื้นที่ เกิดขึ้นจากการระเหยของน้ำ ที่และองค์ประกอบทางเคมีของแร่พื้นที่แตกต่างกัน ทำให้ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่มีความแตกต่างกัน

Rubina Sahin (2014) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลและ องค์ประกอบของน้ำและ ลักษณะทางธรณีเคมีของพื้นที่ โดยพื้นที่ศึกษานี้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 10,827.71 ตารางกิโลเมตร โดยในพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่น่าสนใจคือ กิจกรรมทางการเกษตร การเลี้ยงสัตว์และการทำเหมืองแร่เหล็ก มีหินที่สำคัญคือ หิน granities ที่มีการผุพังบางส่วน และ หิน granitic gneiss การวิเคราะห์ชนิดน้ำบาดาลพบว่าสามารถเรียงตามความเข้มข้นได้ HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻ > PO₄²⁻ และ Mg²⁺ > Ca²⁺ > Na⁺ > K⁺ และได้ทำการวิเคราะห์ชนิดของน้ำ พบว่าเป็นน้ำชนิด เป็นน้ำชนิด Ca-Mg- HCO₃ ความเด่นของโลกต่างมากกว่าต่างและไบคาร์บอเนตเป็นเพราะปฏิกิริยาของแร่ เฟลด์สปาร์ กรดคาร์บอนในการปรากฏตัวของน้ำ เคมีน้ำถูกนำโดยกระบวนการสภาพดินฟ้าอากาศที่ซับซ้อนการแลกเปลี่ยนไอออน พร้อมกับอิทธิพลของสภาพทางธรณีเคมี และได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ระหว่าง (Ca + Mg) และ TZ⁺ (รวมไอออนบวก) แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่ศึกษานี้ มีความสัมพันธ์ของ โลหะ อัลคาไลน์ (Ca + Mg) เนื่องจากการชะล้างจากซิลิเกตผุกร่อนจากชั้นหินอุ้มน้ำของพื้นที่ศึกษาและ (Ca + Mg) กับ HCO₃⁻ พบว่า ไบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้น เกิดมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ การเปลี่ยนแปลงของแร่ซิลิเกต ตามสมการ



การแลกเปลี่ยนไอออนกลับเป็นกระบวนการซึ่งการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเกิน Ca + Mg และ ส่วนเกินของไบคาร์บอเนต โดยรวมแปลงยืนยันว่า Ca, Mg และนาความเข้มข้นในน้ำบาดาลที่ได้มาจากวัสดูชั้นหินอุ้มน้ำ (Srinivasamoorthy et al., 2008)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

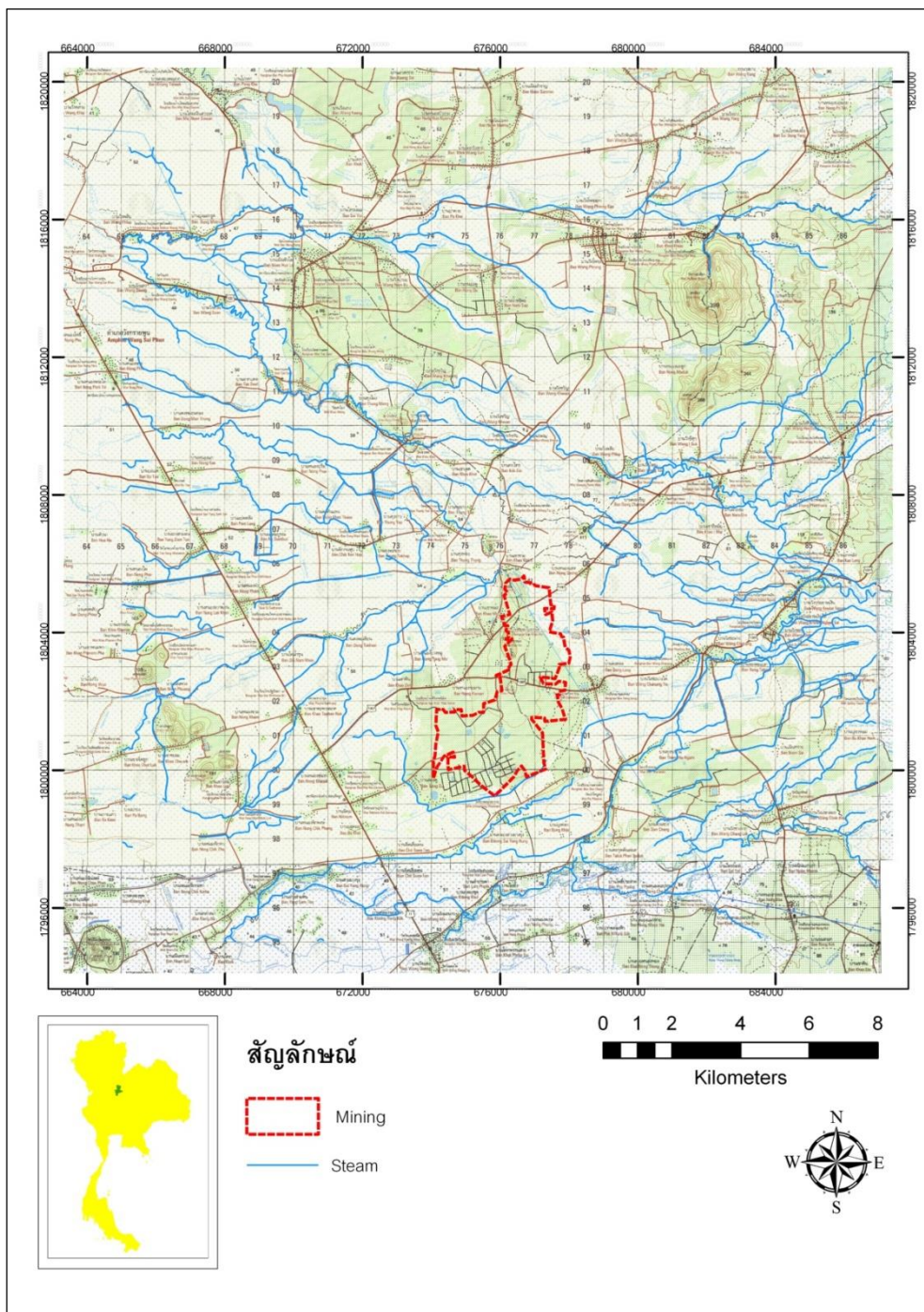
3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่ที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์
 ลองจิกุด 666000 องศาตะวันออก ถึง 687000 และละติจูด 1797000 องศาใต้ ถึง ละติจูด
 1816000 องศาเหนือ รวมทั้งหมด 400 ตารางกิโลเมตรดังรูปที่ 3-1

ทิศเหนือ	ติดต่อกับตำบลหนองปลาไหล อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตรและ ตำบล ไทรย้อย ตำบลวังยาง อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก
ทิศใต้	ติดต่อกับตำบลท้ายทุ่ง ตำบลทับคล้อและตำบลเขาทราย อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและตำบลดงขุย อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับตำบลท่าข้ามและตำบลตะกุดไร อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ตำบลวังศาล, ตำบลวังหินและตำบลวังโป่ง อำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับตำบลสายค่าไห้ อำเภอเมือง ตำบลเขาเจ็ดลูก อำเภอทับคล้อ ตำบลหนองพยอม ตำบลวังหลุมและ ตำบลทุ่งโพธิ์ อำเภอตะพานหิน ตำบลหนองปล้อง อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

- 3.1.1 ศึกษาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ
- 3.1.2 รวบรวมข้อมูลข้อมูลพื้นฐานดังตารางที่ 3-1



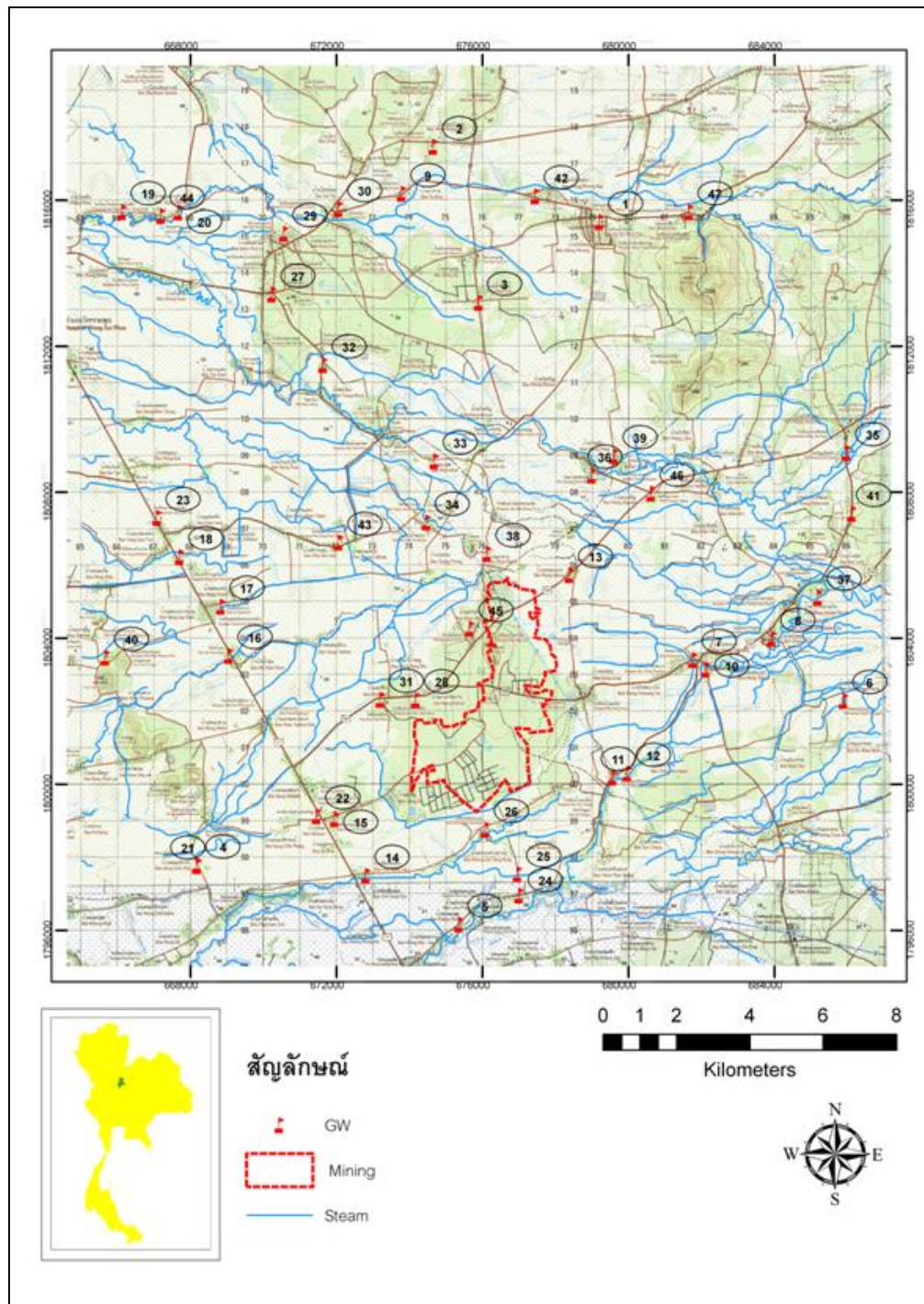
รูปที่ 3- 1 แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3- 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานและแหล่งที่มาของข้อมูล

รายการข้อมูล	หน่วยงาน	ปี
1. ข้อมูลทั่วไป		
— ตำแหน่งหมู่บ้าน	กรมการปกครอง	
2. ข้อมูลภูมิประเทศ		
— แผนที่ภูมิประเทศ	กรมแผนที่ทหาร	2553
— แผนที่เส้นชั้นความสูง	กรมแผนที่ทหาร	2553
— แผนที่dem	กรมแผนที่ทหาร	2553
3. ข้อมูลธรณีวิทยา		
— แผนที่ธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรธรณี	2553
— แผนที่ศักยภาพแร่ทองคำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร เพชรบูรณ์และลพบุรี	กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี	2542
4. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน		
— แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2553
5. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลและตำแหน่งบ่อ		
— ข้อมูลระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2553
— ข้อมูลการสูบน้ำทดสอบบ่อน้ำบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2553
— ฐานข้อมูลพสุธารา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2542
6. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา		
— ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศจังหวัดพิษณุโลกรายคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543)	กรมอุตุนิยมวิทยา	2545
— ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศจังหวัดเพชรบูรณ์รายคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543)	กรมอุตุนิยมวิทยา	2545

3.3 จุดเก็บตัวอย่าง

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศแนวเส้นทางน้ำเก่าทิศทางไหลของน้ำบาดาลและการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยเลือกเก็บพื้นที่ที่เป็นการเกษตรกรรมทั้งหมด 47 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3-2 และตารางที่ 3-2 การเก็บตัวอย่างแสดงในรูป 3-3



รูปที่ 3- 2แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3- 2 รายละเอียดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างบ่อบาดาลของพื้นที่ศึกษา

GW-No.	Northing	Easting	Depth (m,msl)	รหัสบ่อ	รายละเอียดสถานที่
	X	Y	Z		
1	679216	1815398	74	DCD14177	โรงเรียนบ้านวังโพรง
2	674666	1817458	65		โรงเรียนบ้านโคกวังสาร
3	675901	1813194	74		วัดป่าน้ำทรัพย์
4	668187	1797786	50		กลางทุ่งนา
5	675364	1796163	63	MD1219	วัดเกาะแก้วลำประดา
6	685906	1802290	88	กฉ0695	โรงเรียนท้ายดงวิทยาคม (บ้านวังกระดาศ)
7	681777	1803413	85	PCB49	บ้านวังขอน
8	683938	1803989	88	N828	วัดวังขอน
9	673800	1816170	61		วัดป่าคาย
10	682127	1803150	84	PW11879	บ้านร่องตะแบก
11	679580	1800189	72	N1056	บ้านทุ่งนางาม
12	679977	1800294	73		วัดวังวารักราม
13	678393	1805734	77		บ้านนายสมคิด จุลนวล
14	672819	1797504	57	DOH10710	จิตเสื่อเต็น
15	671963	1799053	55	PW465	วัดนิคมราษฎร์บำรุงเขาหม้อ
16	669061	1803521	57	MC746	วัดบ้านไค่น้ำขุ่น
17	668841	1804870	57	MQ237	บ้านหนองลากซ้อน
18	667715	1806228	57	TA13	บ้านยางสามต้น
19	666139	1815675	50	PW8068	ศูนย์พัฒนาเด็กวังโพรง
20	667682	1815659	50	N1261	บ้านบุงมะกรูด
21	668182	1797762	50		กลางทุ่งนา
22	671470	1799131	54	TA10	สถานีอนามัยตำบลเขาเจ็ดลูก
23	667095	1807299	55	MQ153	โรงเรียนบ้านยางสามต้น
24	677014	1796959	66	TC104	บ้านลำประดา
25	676971	1797543	63		กลางทุ่งนา
26	676090	1798763	63	MD1147	วัดจิราพงษ์นาราม (บ.จิตรเสื่อ เต็น)
27	670242	1813416	61	GW-35	ปะปาหมู่บ้านวังทรายพูน
28	674182	1802308	64	TC202	บ้านเขาดิน
29	670571	1815079	60		ประปา อบต.วังทรายพูน

GW-No.	Northing	Easting	Depth (m,msl)	รหัสบ่อ	รายละเอียดสถานที่
	X	Y	Z		
30	672068	1815753	60		วัดไทรย้อย
31	673213	1802321	64		ปะปามูบ้านเขาดิน
32	671640	1811482	62	PW23903	บ้านทุ่งโม่ง
33	674688	1808852	66	N1262	โรงเรียนเขาเนต
34	674468	1807172	69	MB583	บ้านทุ่งยาว
35	685984	1809078	95	N1164	วัดอรุณจิตสว่าง (บ้านวังหินซอง)
36	679005	1808460	74	N558	โรงเรียนบ้านวังพลับ
37	685204	1805119	93	N556	โรงเรียนท้ายดงวิทยาคม (บ้านวังกระดาศ)
38	676132	1806312	69	GWS03	บ้านเขาหม้อ
39	679611	1808991	77	ก3049	บ้านวังพลับ
40	665682	1803469	54	TZ63	บ้านเขาพนมพา
41	686128	1807416	98	GW11	ประปา อบต.ท้ายดง
42	677457	1816107	73		ประปา อบต.วังโพรง
43	672074	1806623	63	MQ261	บ้านดงคันแหว
44	667202	1815564	50	GW06	บ้านบึงมะกรูด
45	675665	1804261	74	MD1106	บ้านเขาหม้อ
46	680626	1807966	77	DCD15351	บ้านดงเจริญ
47	681665	1815676	89		ปะปามูบ้าน เขาเขียว

3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีมีวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล,2544) ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างน้ำสูบน้ำทิ้งประมาณ 15 นาที
2. การเก็บตัวอย่างน้ำโดยต้องเป็นขวดพลาสติกที่สะอาดจะต้องล้างทั้งขวดและฝาด้วยตัวอย่างน้ำที่จะเก็บประมาณ 2-3 ครั้ง เก็บน้ำตัวอย่างที่ 1 ลิตร
3. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาโลหะหนักเก็บตัวอย่างน้ำเช่นเดียวกับ ข้อ 2 แล้วเติมกรดไนตริก (Nitric acid) ที่มีความเข้มข้น 1 : 1 จำนวน 4 มิลลิตรต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ปิดฝาให้แน่นเขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
4. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต เก็บตัวอย่างน้ำเช่นเดียวกับ ข้อ 2 แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 นอร์มัล จำนวน 6

มิลลิลิตร ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ปิดฝาให้แน่นเขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และไม่ให้อุณหภูมิแสงสว่าง

5. เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้ว ให้กรอกข้อความต่อไปนี้ในขวด
- หมายเลขบ่อ
 - สถานที่ตั้ง
 - ความลึกของบ่อ
 - วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ
 - สารเคมีที่เติม

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-3



รูปที่ 3- 3 (ก) ภาพการวัดระดับน้ำบาดาล และ(ข) ตรวจวัดพารามิเตอร์ในสนาม

ตารางที่ 3- 3 แสดงพารามิเตอร์ที่ศึกษาวิจัยและวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	Detection levels
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	Field Method (pH Meter)	-
2. อุณหภูมิ (T)	Field Method (pH Meter)	-
3. Redox potential (Eh)	Field Method (Eh Meter)	-
4. ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids, TDS)	Field Method (TDS Meter)	-
5. ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	Field Method (Conductivity meter)	-
6. ค่าความเค็ม (Salt)	Field Method (TDS Meter)	-
7. แคลเซียม (Calcium, Ca)	Atomic Absorption Spectrometry	0.003 mg/l
8. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)	Atomic Absorption Spectrometry	0.005 mg/l
9. โซเดียม (Sodium, Na)	Atomic Absorption Spectrometry	0.002 mg/l
10. โพแทสเซียม (Potassium, K)	Atomic Absorption Spectrometry	0.005 mg/l
11. คาร์บอเนต (Carbonate, CO ₃)	Indicator Method	-

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	Detection levels
ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate, HCO ₃)	Indicator Method	-
คลอไรด์ (Chloride: Cl)	Argentometric Method	
ซัลเฟต (Sulfate, SO ₄ ²⁻)	Turbidimetric	
ไนเตรต (Nitrate, NO ₃ ⁻)	Brucine Method	
ฟอสเฟต (Phosphate, PO ₄ ³⁻)	Ascorbic Acid	0.005 mg/l
ไซยาไนด์ (Cyanide, CN ⁻)	IC	0.004 mg/l
สารหนู (Arsenic, As)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.025 µg/l
อะลูมิเนียม (Aluminium, Al)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.03 µg/l
นิกเกิล (Nickel, Ni)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.004 µg/l
สังกะสี (Zinc, Zn)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.020 µg/l
ตะกั่ว (Lead, Pb)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.005 µg/l

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	Detection levels
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.003 µg/l
แมงกานีส (Manganese, Mn)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.002 µg/l
เหล็ก (Iron, Fe)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.02 mg/l
ทองแดง (Copper, Cu)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.003 µg/l
โครเมียม (Chromium, Cr)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.03 µg/l
โคบอลต์ (Cobalt, Co)	Inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP	0.002 µg/l

ที่มา: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005)

3.5 ลักษณะชั้นน้ำบาดาล

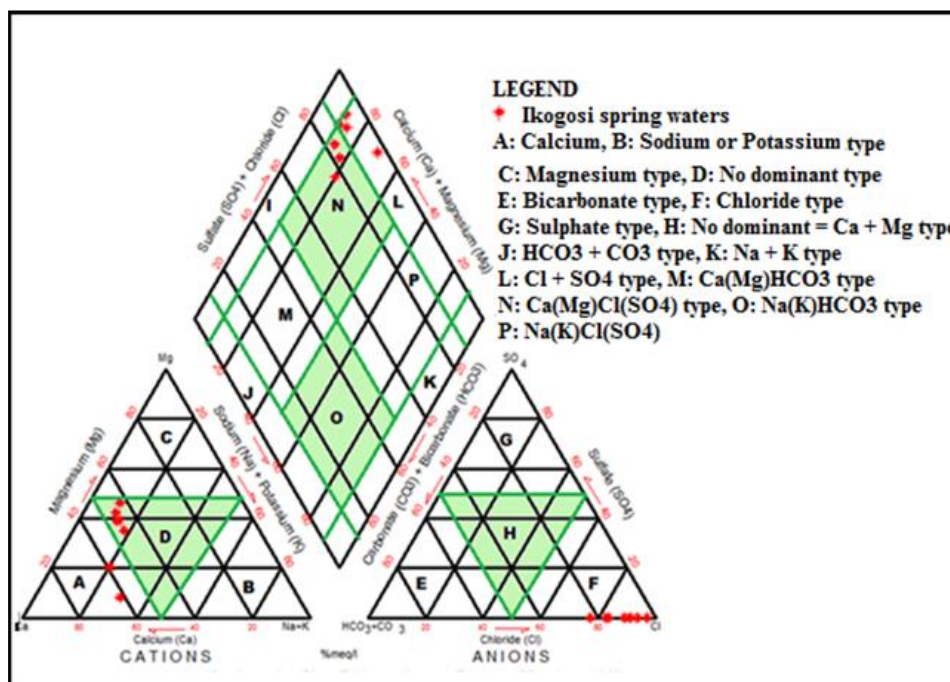
ลักษณะชั้นน้ำบาดาลและชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่ จากการรวบรวมข้อมูล และแปลข้อมูล หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ทำการแปลจากข้อมูลธรณีฟิสิกส์ ดัง ภาคผนวก ก

3.6 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่

ทำการวิเคราะห์ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่สามารถอธิบายได้โดยการนำพารามิเตอร์ ประกอบด้วยไอออนบวกเช่นแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) เป็นต้นและไอออนลบเช่นคลอไรด์ (Cl) ไบคาร์บอเนต (HCO₃) ซัลเฟต (SO₄) และไนเตรต (NO₃) ซึ่งอนุมูลบวกที่สำคัญคือแคลเซียมและโซเดียมส่วนไอออนลบที่สำคัญคือ ไบคาร์บอเนตและซัลเฟต ตามหลักการของไพเพอร์ไดอะแกรม (Piper diagram)

ไพเพอร์ไดอะแกรมเป็นหนึ่งเทคนิคที่นิยมใช้เพื่อบอกถึงชนิดของน้ำบาดาลโดยแยกตามแผนภาพของ (Piper, 1944) โดยการจำแนกชนิดน้ำจะใช้ความเข้มข้นของธาตุหลักและธาตุรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) เป็นต้นและไอออนลบ

เช่น คลอไรด์ (Cl) ไบคาร์บอเนต (HCO_3) ซัลเฟต (SO_4) และไนเตรต (NO_3) สามารถทำให้ระบุงถึงการมีส่วนร่วมของพื้นที่ หรือ การมีส่วนร่วมของกิจกรรมในพื้นที่ และแสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของทางเคมีของน้ำตามเส้นทางการไหลโดยจะทำการ เป็นพล็อตครั้งแรกในรูปสามเหลี่ยมไอออนบวก และสามเหลี่ยมไอออนลบ และจะนำทั้งสองจุดมารวมกันแล้วลงในช่องสี่เหลี่ยม เพชรรูป) ที่แสดงให้เห็น) คุณสมบัติทางเคมีโดยรวมของตัวอย่างน้ำ รูปที่ 3-4



รูปที่ 3- 4 Piper Trilinear diagram (Back and Hanshaw, 1965)

3.7 โปรแกรมทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดที่ออกมาจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยโปรแกรม SPSS version 17

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

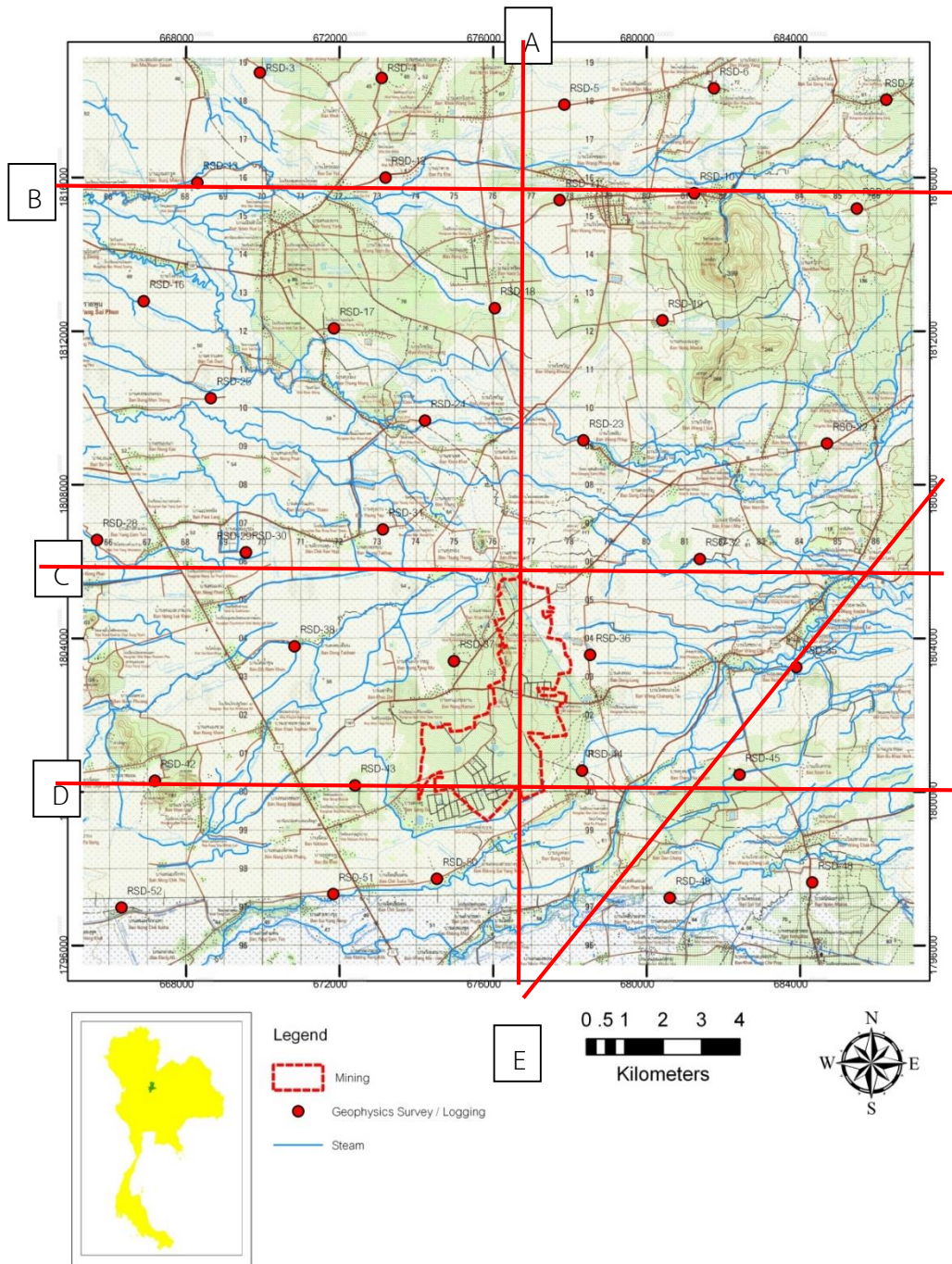
ทำการศึกษาและทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจำนวน 47 บ่อ จำนวน 2 ฤดู ครั้งที่ 1 วันที่ 27-31 พฤษภาคม 2556 และ ครั้งที่ 2 วันที่ 4-8 พฤศจิกายน 2556 การเก็บตัวอย่างได้กระจายโดยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบาดาลโดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ทั้งหมด 28 พารามิเตอร์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ชนิดของน้ำบาดาล ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ รายละเอียดดังนี้

4.1 ลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่

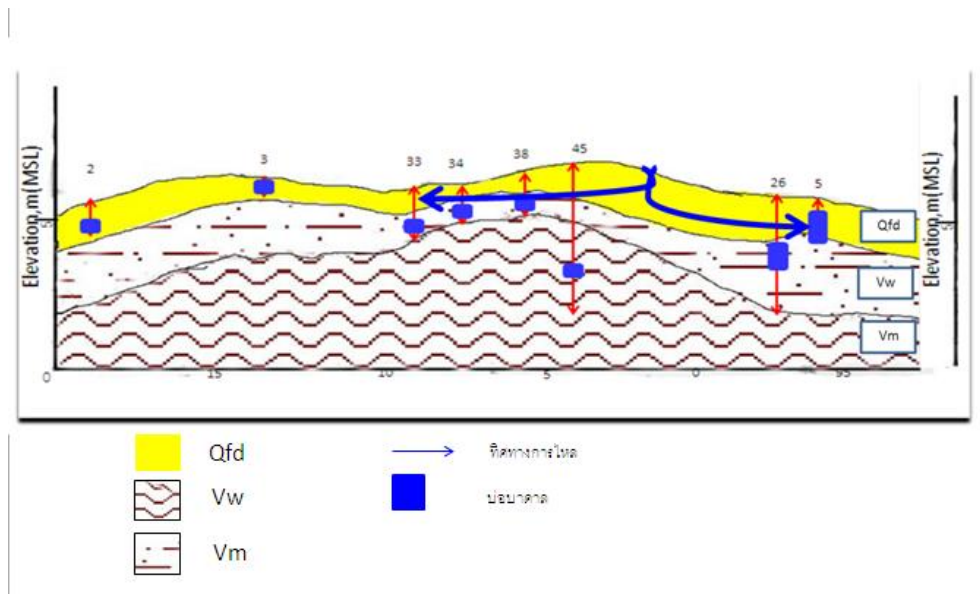
ลักษณะชั้นน้ำบาดาลและชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่ จากการรวบรวมข้อมูล และการแปลข้อมูลหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ได้จัดทำโดยสามารถภาพตัดขวางตามแนวได้จำนวน 5 แนว ดังรูปที่ 4-1 ได้แก่แนว A-A', B-B', C-C', D-D', และ E-E' รูปที่ 4-2 ถึงรูปที่ 4-6 สามารถสรุปหน่วยหินหลักๆ ในพื้นที่ได้ทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ Quaternary floodplain deposits (Qfd) เป็นลักษณะหินร่วนและละเอียด Volcanic weathered rocks (Vw) เป็นหินที่เกิดจากการผุพังและมืองค์ประกอบบางส่วนมาจากหินภูเขาไฟ Volcanic massive rocks (Vm) เป็นหินแข็งในพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟ โดยรายละเอียดแสดงใน ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4- 1 ลักษณะหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

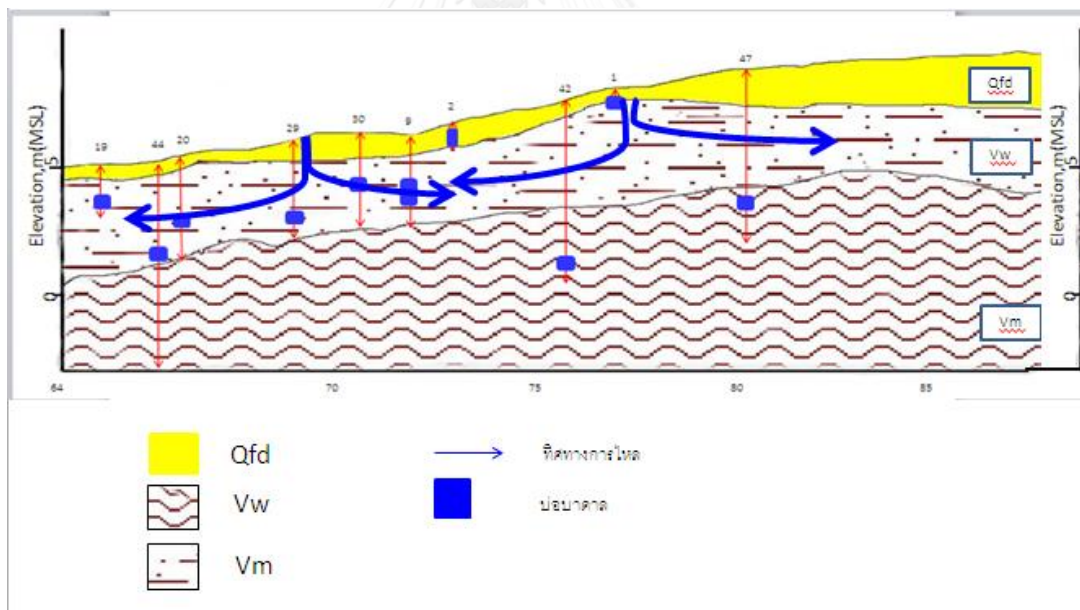
หน่วยหิน	คำอธิบายหน่วยหิน
Qfd	Qfd (Quaternary floodplain deposits) เป็นหน่วยหินร่วน (Unconsolidated) ที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (Alluvium deposits) ประกอบด้วยดินเหนียวเป็นหลักและมีตะกอนขนาดทรายและทรายแป้งเป็นองค์ประกอบรอง
Vw	Vw (Volcanic weathered rocks) เป็นหน่วยหินที่เกิดจากการผุพังของหินฐาน (Basement rock) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟเป็นหลักในบางบริเวณ เกิดจากการผุพังของหินตะกอนกึ่งแปรมักพบปะปนกับตะกอนยุคควอเทอร์นารี และหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีซิติกทัฟฟ์ (Andesitic tuff)
Vm	Vm (Volcanic massive rocks) เป็นหน่วยหินแข็งชั้นหินที่บุน้ำ (Aquifuge) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีไซต์ (Andesite) เป็นหลักในบางบริเวณพบหินแกรนิต (Granite) และแกรโนไดโอไรต์ (Granodiorite)



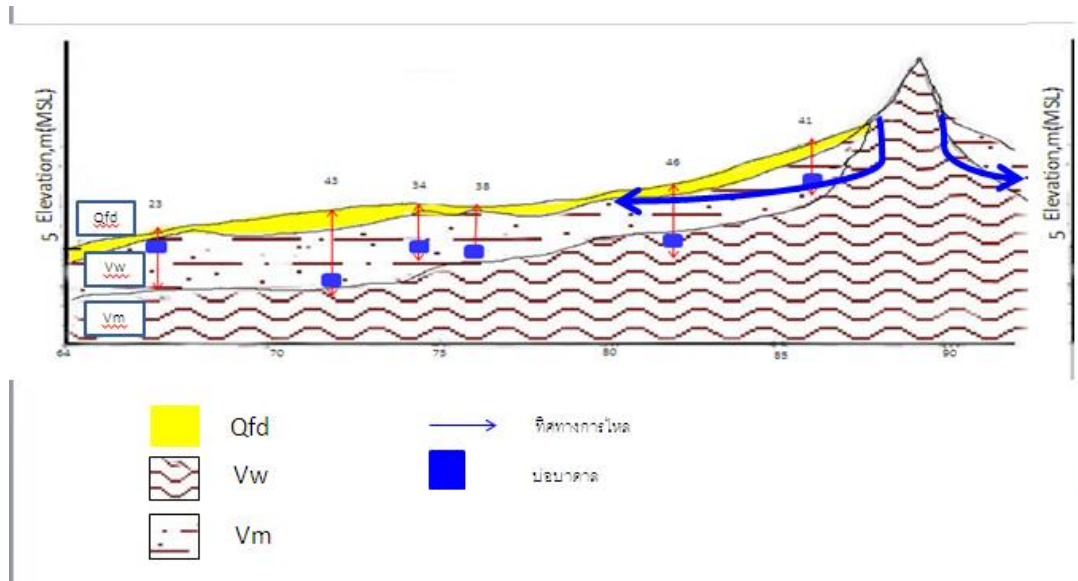
รูปที่ 4- 1 แผนที่แสดงภาพตัดขวาง ทั้งหมด 5 แนว



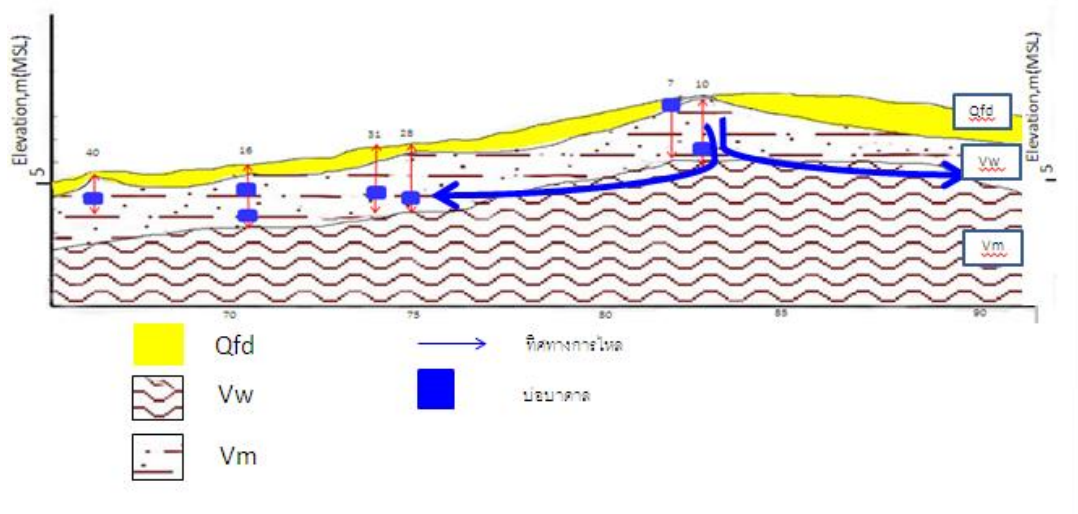
รูปที่ 4- 2 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว A-A'



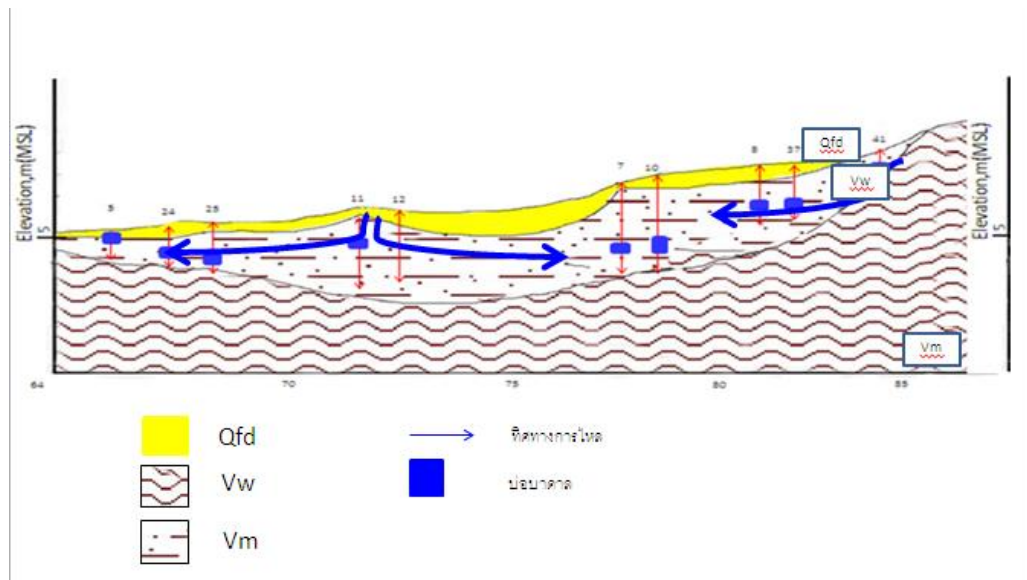
รูปที่ 4- 3 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว B-B'



รูปที่ 4- 4 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว C-C'



รูปที่ 4- 5 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว D-D'



รูปที่ 4- 6 ภาพตัดขวางของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนว E-E'



4.2 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่

ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่ที่สามารถอธิบายได้โดยการนำพารามิเตอร์ประกอบด้วยไอออนบวก เช่นแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) เป็นต้นและไอออนลบเช่นคลอไรด์ (Cl) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ซัลเฟต (SO_4) และไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งไอออนบวกที่สำคัญคือแคลเซียมและโซเดียมส่วนไอออนลบที่สำคัญคือไบคาร์บอเนตและซัลเฟต ตามหลักการของ Piperdiagram

การศึกษาการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 (ฤดูร้อน) ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ดังรูปที่ 4-7 พบว่า น้ำบาดาลมีทั้งหมด 6 ชนิดเรียงจากมากไปน้อยแบ่งเป็นสัดส่วนดังนี้ ได้แก่ Ca-Mg- HCO_3 (31.91%) Ca-Mg- ClSO_4 (25.53%) Ca-Mg (17.02%) Na-K- HCO_3 (12.77%) Na-K- ClSO_4 (8.51%) HCO_3 - CO_2 (4.26%)

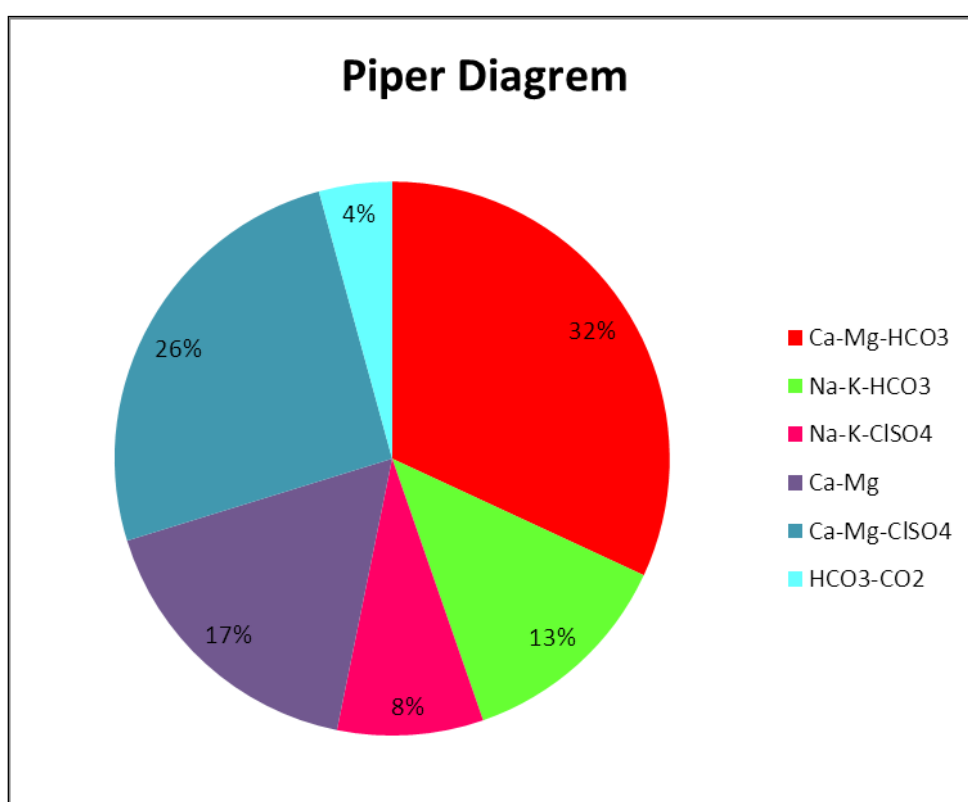
การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (ฤดูฝน) ดังแสดงในตารางที่ 4-2 และรูปที่ 4-8 พบว่า น้ำบาดาลมีทั้งหมด 7 ชนิดเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ Na-K- HCO_3 (44.68%) Ca-Mg- HCO_3 (31.91%) Na-K (8.51%) HCO_3 - CO_2 (6.38%) Na-K- ClSO_4 (4.26 %) Ca-Mg- ClSO_4 และ Ca-Mg มีอัตราส่วนที่เท่ากันคือ (2.13%)

ตารางที่ 4- 2 แสดงชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

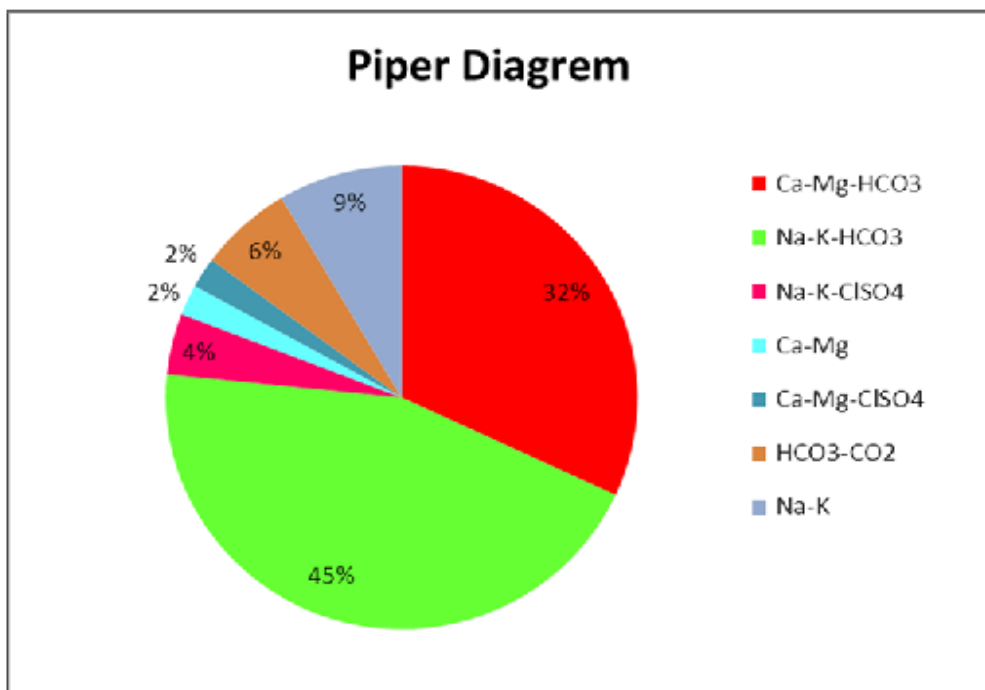
GW-No.	รายละเอียดสถานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	โรงเรียนบ้านวังโพรง	Na-K- HCO_3	Na-K- ClSO_4
2	โรงเรียนบ้านโคกวังสาร	Na-K- HCO_3	Ca-Mg- HCO_3
3	วัดป่าน้ำทรัพย์	Na-K- HCO_3	Ca-Mg- HCO_3
4	กลางทุ่งนา	Na-K- HCO_3	Na-K- HCO_3
5	วัดเกาะแก้วลำประดา	Na-K- HCO_3	Na-K- HCO_3
6	โรงเรียนท้ายดงวิทยาคม (บ้านวังกระดาศ)	Na-K- HCO_3	Ca-Mg- HCO_3
7	บ้านวังซอน	Ca-Mg- HCO_3	Na-K- HCO_3
8	วัดวังซอน	Ca-Mg- HCO_3	Ca-Mg- ClSO_4
9	วัดป่าคาย	Ca-Mg	Ca-Mg- HCO_3
10	บ้านร่องตะแบก	Ca-Mg- HCO_3	Na-K- HCO_3
11	บ้านทุ่งนางาม	Ca-Mg- HCO_3	Na-K
12	วัดวังวาริราราม	Ca-Mg- ClSO_4	Na-K- HCO_3
13	บ้านนายสมคิด จุลนวล	Ca-Mg- ClSO_4	Na-K- HCO_3
14	จิตเสื่อเต็น	Ca-Mg	Na-K- HCO_3

GW-No.	รายละเอียดสถานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
15	วัดนิคมราษฎร์บำรุงเขาหม้อ	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
16	วัดบ้านไต้น้ำขุ่น	NaKClSO ₄	CaMgHCO ₃
17	บ้านหนองลากซ้อน	HCO ₃ -CO ₂	Na-K-HCO ₃
18	บ้านยางสามต้น	Ca-Mg	HCO ₃ -CO ₂
19	ศูนย์พัฒนาเด็กวังโพรง	Ca-Mg	Na-K-HCO ₃
20	บ้านบุงมะกรูด	Ca-Mg-HCO ₃	Na-K-HCO ₃
21	กลางทุ่งนา	Na-K-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃
22	สถานีอนามัยตำบลเขาเจ็ดลูก	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
23	โรงเรียนบ้านยางสามต้น	HCO ₃ -CO ₂	Na+K HCO ₃ -CO ₂
24	บ้านลำประดา	Ca-Mg-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃
25	กลางทุ่งนา	Ca-Mg-ClSO ₄	Na+K
26	วัดจิราพงษ์นาราม	Ca-Mg-HCO ₃	Na+K HCO ₃ -CO ₂
27	ปะปาหมู่บ้านวังทรายพูน	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
28	บ้านเขาดิน	Ca-Mg-ClSO ₄	Ca-Mg-HCO ₃
29	ประปา อบต.วังทรายพูน	Ca-Mg-ClSO ₄	Ca-Mg-HCO ₃
30	วัดไทรย้อย	Ca-Mg-ClSO ₄	Ca-Mg-HCO ₃
31	ปะปาหมู่บ้านเขาดิน	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg
32	บ้านทุ่งโม่ง	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
33	โรงเรียนเขาเนต	Ca-Mg-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃
34	บ้านทุ่งยาว	Ca-Mg	Na-K-HCO ₃
35	วัดอรุณจิตสว่าง (บ้านวังหินของ)	Ca-Mg-ClSO ₄	Ca-Mg-HCO ₃
36	โรงเรียนบ้านวังพลับ	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
37	โรงเรียนทำยดงวิทยาคม (บ้านวังกระดาศ)	Ca-Mg-HCO ₃	Na-K-HCO ₃
38	บ้านเขาหม้อ	Ca-Mg	Na-K-HCO ₃
39	บ้านวังพลับ	Ca-Mg	Na-K-HCO ₃
40	บ้านเขาพนมพา	Na-K-ClSO ₄	Na-K
41	ประปา อบต.ทำยดง.	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
42	ประปา อบต.วังโพรง.	Ca-Mg-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃
43	บ้านดงคันแหว	Na-K-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃

GW-No.	รายละเอียดสถานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
44	บ้านบึงมะกรูด	Ca-Mg	Na-K-HCO ₃
45	บ้านเขาหม้อ	Ca-Mg-ClSO ₄	Na-K
46	บ้านดงเจริญ	Ca-Mg-ClSO ₄	Na-K-HCO ₃
47	ปะปาทมู่บ้าน เขาเขียว	Ca-Mg-HCO ₃	NaKClSO ₄



รูปที่ 4- 7 แสดงร้อยละของชนิดน้ำบาดาลในพื้นที่จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

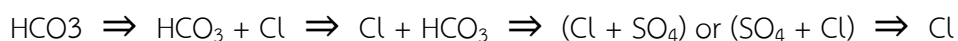


รูปที่ 4- 8 แสดงร้อยละของชนิดน้ำบาดาลในพื้นที่จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

จากการทำการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์พบว่า น้ำในครั้งที่ 1 เป็นชนิด Ca-Mg-HCO₃ มากถึง ร้อยละ 31.91 และน้ำชนิดที่สองเป็นน้ำ Ca-Mg-ClSO₄ มากถึงร้อยละ 25.53 ซึ่งถือว่า มีแร่ Ca และแร่ Mg เป็น องค์ประกอบมากเกินกว่าครึ่ง โดยที่ชนิดน้ำเป็นเช่นนี้ เกิดจากการแร่ประกอบ หินในพื้นที่ ที่ส่วนใหญ่เป็นแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) แร่เฟลด์สปาร์ที่เกิดในธรรมชาติมีอยู่ 3 ชนิด คือ

- 1.โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์ KAl Si₃O₈ (Potash Feldspar-Orthoclase-Microcline)
- 2.โซเดียม เฟลด์สปาร์ Na AlSi₃O₈ (Sodium Feldspar - Albite)
- 3.แคลเซียม เฟลด์สปาร์ Ca Al₂ Si₂O₈ (Calcium Feldspar - Anorthite)

จากการทำการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์พบว่า น้ำในครั้งที่ 2 Na-K-HCO₃ มากถึง ร้อย ละ 44.68 และน้ำชนิดที่สองเป็นน้ำ Ca-Mg-HCO₃ มากถึงร้อยละ 31.91 จะพบว่าการเป็นตัวอย่าง ครั้งที่ 2 ชนิดของน้ำจะเป็นมีไบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่เป็นเช่นนี้เพราะการเก็บ ตัวอย่างครั้งที่ 2 เกิดขึ้นในฤดูฝน ถือว่าเป็นน้ำชนิดใหม่ ที่เป็นเช่นนั้นเพราะ Chebotarev (1955) ได้กล่าวว่า อายุของน้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในพื้นที่จะมีองค์ประกอบมาจาก ปริมาณไอออนบวกและ ปริมาณไอออนลบ โดยไอออนบวกที่มีผลต่อน้ำบาดาล คือ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียมและ แมกนีเซียม ไอออนลบที่มีผลต่อน้ำบาดาลคือ ไบคาร์บอเนต ซัลเฟตและคลอไรด์



Bicarbonate waters \Rightarrow Sulfate waters \Rightarrow Chloride waters

4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ตัวประกอบด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด 28 ตัวแปร ได้เมทริกซ์สหสัมพันธ์ Correlation ขนาดจำนวนตัวแปร X จำนวนตัวแปร เมื่อพิจารณาจากตาราง KMO and Bartlett's test พบว่าค่าดัชนี Kasier-Meyer-Olkin ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลเหมาะสมในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตัวประกอบ กัลยา วาณิชย์บัญชา 2544:270 ; ศิริชัย กาญจนวสี และคณะ, 2543:142

โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ 2 ครั้ง โดย แยกเป็นฤดูร้อน และฤดูฝน ตามการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงว่า ฤดูกาลมีผลต่อการชะละลายของแร่ต่างๆในน้ำบาดาล

4.3.1 ผลการวิเคราะห์สถิติของคุณภาพน้ำบาดาลจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ได้ทำการศึกษาด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลดังจากตารางที่ 4-3 แสดงค่าไอแกน ร้อยละ 76.150 และร้อยละของความแปรปรวนของตัวประกอบหลังการสกัดตัวประกอบด้วยวิธีตัวประกอบหลัก หมุนแกนแบบอโรโงนด้วยวิธีแวนแมกซ์ ได้ตัวประกอบจำนวน 10 ตัวประกอบที่มีค่าไอแกนมากกว่า 1 และมีตัวแปรที่สามารถอธิบายองค์ประกอบนั้นตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแต่ละตัวแปรต้องมีน้ำหนักประกอบ (Factor loading) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยเรียงลำดับตามค่าไอแกน และร้อยละของความแปรปรวนจากมากไปน้อย

ตารางที่ 4- 3 แสดงค่าไอแกนและร้อยละความแปรปรวนของตัวประกอบทั้งหมด

ตัวประกอบ	ค่าไอแกน	ร้อยละความแปรปรวน	ร้อยละความแปรปรวนสะสม
1	4.369	16.804	16.804
2	2.725	10.479	27.283
3	2.004	7.707	34.990
4	1.961	7.541	42.532
5	1.769	6.806	49.337
6	1.522	5.853	55.191
7	1.521	5.849	61.039
8	1.476	5.678	66.718
9	1.360	5.230	71.948
10	1.093	4.202	76.150

ตัวประกอบที่ 1 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 5 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.806- 0.925 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ของแข็งละลายน้ำ (0.925) ตัวการนำไฟฟ้า(0.924) ค่าความเค็ม (0.920) แมกนีเซียม (0.851) ซัลเฟต (0.806) ตัว

ประกอบที่ 1 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 4.369 คิดเป็นร้อยละ 16.804 ของความแปรปรวนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าเป็นพารามิเตอร์ที่อยู่ในปัจจัยนี้เป็นค่าทั่วไปค่าแมกนีเซียมที่มีค่ามากเกิดมาจากการสลายตัวของแร่ โดโลไมท์ในพื้นที่ $(CaMg(CO_3)_2)$ (Aiuppa et al., 2003; Negrel and Petelet-Giraud, 2005; Brenot et al., 2008). ปริมาณซัลเฟตในพื้นที่ที่มาจากจากการสลายตัวของแร่ซัลไฟท์ (Edmunds et al., 2003; Negrel and Petelet-Giraud, 2005; Valdes et al., 2007) ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4- 4 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 1

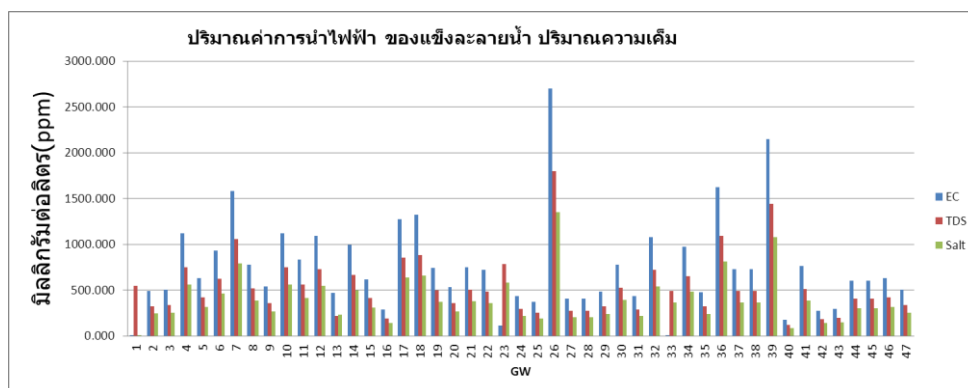
ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ของแข็งละลายน้ำ	0.925
2	การนำไฟฟ้า	0.924
3	ค่าความเค็ม	0.920
4	แมกนีเซียม	0.851
5	ซัลเฟต	0.806

ค่าการนำไฟฟ้าจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,010.46 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ค่าสูงสุด 2700 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และค่าต่ำสุด 13.86 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Dissolved Solids, TDS) ได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกำหนดให้มีของแข็งละลายทั้งหมดไม่เกิน 600 มิลลิกรัม/ลิตร และเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าน้ำบาดาลในพื้นที่ที่ตรวจสอบพบของแข็งละลายทั้งหมดมากกว่า 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 534.24 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 1,800 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุดมิลลิกรัม 117.5 /ลิตร

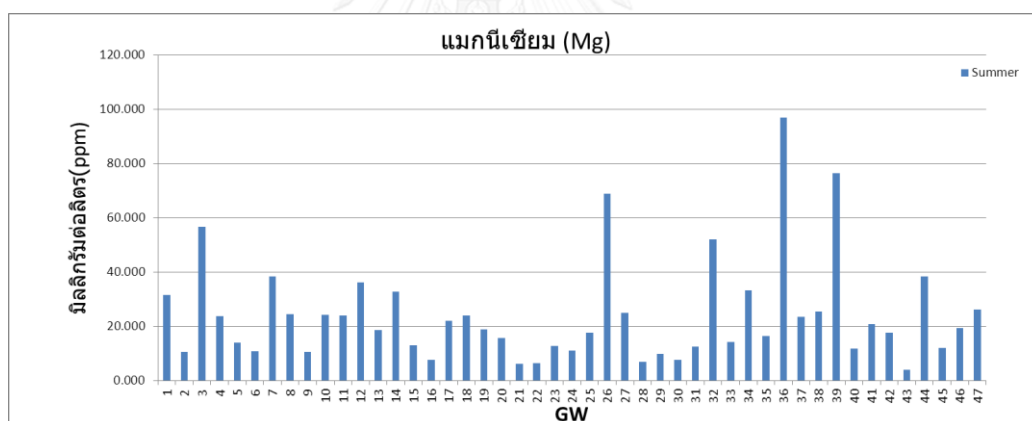
ปริมาณความเค็มการตรวจวัดความเค็ม เป็นการตรวจวัดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำที่พบในน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย โดยมีหน่วยเป็นส่วนในหนึ่งพันส่วน (ppt) ย่อมาจาก (part per thousand) ความเค็มของน้ำทะเลของโลกมีค่าเฉลี่ย 35 ppt น้ำจืดมีค่าไม่เกิน 0.5 ppt น้ำกร่อยมีค่า 0.5 - 25 ppt ปริมาณความเค็ม มีค่าเฉลี่ย ที่ 392.01 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 1,350 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุด 4.08 มิลลิกรัม/ลิตร ตาม รูปที่ 4-9

จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และปริมาณความเค็มของ บ่อที่ 4 และ 6 ที่อยู่ในชั้นน้ำ ตะกอนตะกอนน้ำที่เป็นชั้นบนสุด เป็นหน่วยหินร่วน (Unconsolidated) ที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (Alluvium deposits) และบ่อที่ 26, 36 และ 39 ที่อยู่ในชั้นน้ำซึ่งเป็นชั้นหินที่เกิดจากการผุพังของหินฐาน (Basement rock) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟที่เกิดการผุพัง และจากบ่อที่ 44, 45 และ 46 ที่อยู่ในชั้นน้ำที่เป็นหน่วยหินแข็งชั้นหินที่บ่อน้ำ มีความคล้ายคลึงกันและสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า 3 พารามิเตอร์ มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน



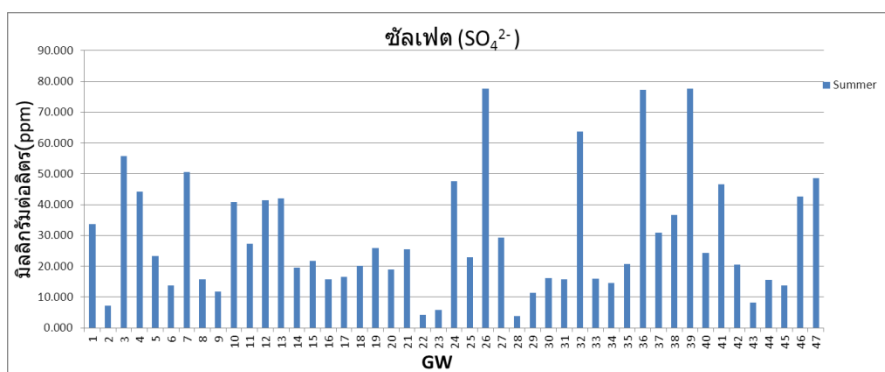
รูปที่ 4- 9 แสดงปริมาณค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ และ ปริมาณความเค็ม ในฤดูร้อน (เดือน พฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณแมกนีเซียมในพื้นที่ ในช่วงฤดูร้อนยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยเกณฑ์มาตรฐานอยู่ที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตรจะสูงมากใน 1 สถานีคือ ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.05 มิลลิกรัม/ลิตรค่าสูงสุด 96.922 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 3.99 มิลลิกรัม/ลิตร ดังรูป รูปที่ 4-10 ปริมาณของแร่แมกนีเซียมมาจากการชะละลายจะเกิดมากในชั้นหินปูนและชั้นหินแข็ง ชั้นหินที่มีการสะสมตัวของแร่โดโลไมต์และบริเวณนี้พบแร่โดโลไมต์ค่อนข้างสูง ตามลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่



รูปที่ 4- 10 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณซัลเฟต (Sulfate; SO_4^{2-}) ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลแต่มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกำหนดให้มีซัลเฟตไม่เกิน 200 มิลลิกรัม/ลิตร และ เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 250 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าปริมาณซัลเฟตในพื้นที่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดเอาไว้โดยที่ ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.00 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 77.67 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 3.77 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณซัลเฟตในฤดูร้อนมีปริมาณสูงมากในบางบ่อ เช่น บ่อที่ 3 ,7, 26, 27, 32 และ 36 ซึ่งจะพบว่าปริมาณซัลเฟตที่สูงนี้จะสะสมตัวอยู่ในชั้นบนชั้นหินที่มีการทับถมตัว และชั้นหินที่เกิดการพุดในระดับนึง โดยเป็นการสลายตัวของแร่ไพไรต์สูตรเคมี FeS_2 ที่เป็นแร่องค์ประกอบของสายแร่ทองคำ และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่า ปริมาณซัลเฟตในฤดูร้อนมีค่าคล้อยตามกับพารามิเตอร์ ค่าการละลายน้ำและค่าการนำไฟฟ้าจากรูปที่4-11



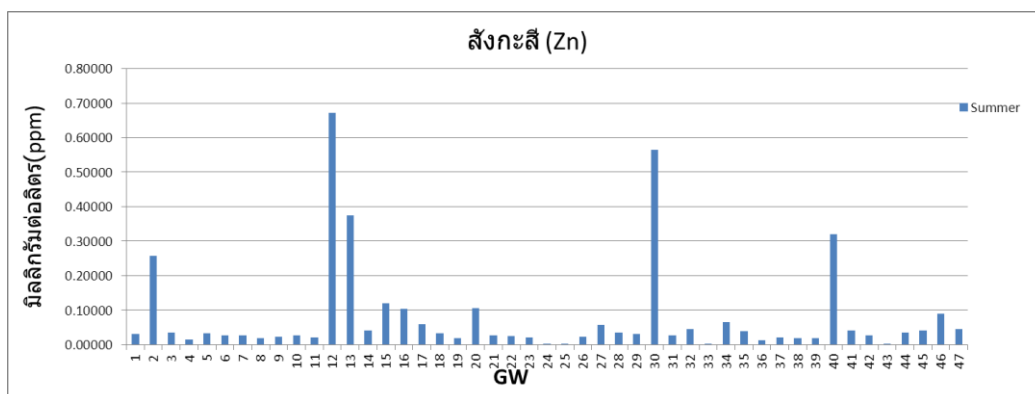
รูปที่ 4- 11 แสดงปริมาณซัลเฟตในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อน้ำบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 2 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 4 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.693 - 0.854 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ตัวแปร สังกะสี (0.854) ตัวแปรเหล็ก (0.829) ตัวแปรโคบอล (0.740) และ ตะกั่ว (0.693) ตัวประกอบที่ 2 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 2.725 คิดเป็นร้อยละ 10.479 ของความแปรปรวนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าตัวแปรส่วนใหญ่เป็นการอธิบายถึงการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากแร่ที่เป็นองค์ประกอบของหิน Galena(PbS), Sphalerite(ZnS), Arsenopyrite (FeAsS , FeS₂ , FeAs) , (Kesse, 1985, Knight and Scott, 2002) ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4- 5 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 2

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	สังกะสี	0.854
2	เหล็ก	0.829
3	โคบอล	0.740
4	ตะกั่ว	0.693

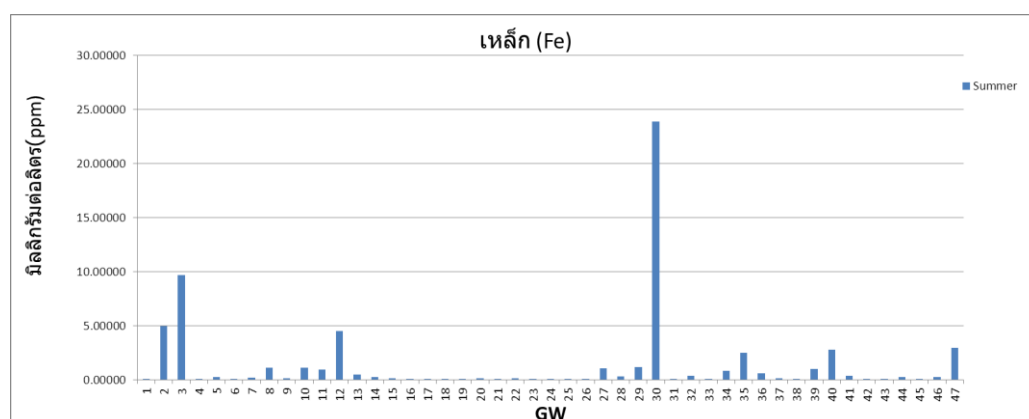
ปริมาณสังกะสีที่พบในพื้นที่ มีปริมาณไม่สูงมากและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ปริมาณสังกะสีที่พบในต้นน้ำบาดาล ทั้ง 2 จุด พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐาน ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0784 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.6708 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด ไม่สามารถตรวจพบได้ ดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4- 12 แสดงปริมาณสังกะสีในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

โดยปริมาณของสังกะสีที่พบมากในพื้นที่นี้ มาจากการสลายตัวของแร่ Sphalerite คุณสมบัติทางเคมี สูตรเคมี ZnS มี Zn 67.0% แต่มักจะมีเหล็ก Fe ปนอยู่ด้วยเกือบ 20% ละลาย ในกรดเกลือ HCl เผาได้กลิ่นกำมะถัน ผงที่เหลือ เมื่อร้อนจะสีเหลือง ถ้าเย็นสีขาว แร่ที่บริสุทธิ์ จะไม่หลอมตัว หรือหลอมยากมากเกิดเป็นสายแร่ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินภูเขาไฟแบบกลุ่มของแร่ดำที่เป็นแร่ซัลไฟด์หลายชนิดอยู่รวมกัน (Massive sulfide) หรือ "Kuroko" ในภาษาญี่ปุ่น แร่ดำเหล่านี้มักประกอบด้วย แร่ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก ทองคำ เงิน (Au & Ag) และแคดเมียม เป็นแร่สำคัญที่สุดที่พบในแหล่งแร่ที่เกิดจากน้ำร้อนอุณหภูมิต่ำในหินพื้นที่ที่เป็นหินปูนแบบ Mississippi Valley type deposits (MVT) หรือเกิดในรอยสัมผัสของหินอัคนีกับหินพื้นที่โดยเข้าไปแทนที่ไรหินปูน

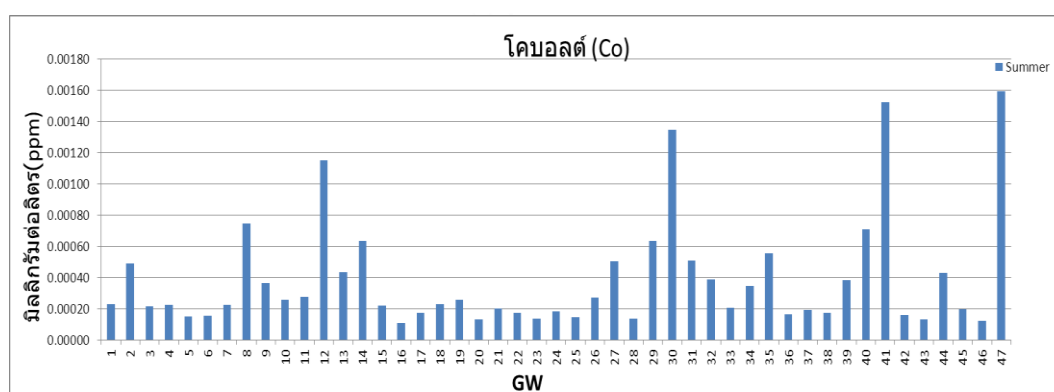
ปริมาณเหล็ก มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีเหล็กได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมต้องไม่พบเลยและเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 23.86 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 0.0481 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณเหล็กในครั้งที่ 1 จะเกินเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม แต่ยังไม่เกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุด ดังรูปที่4-13



รูปที่ 4- 13 แสดงปริมาณเหล็กในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

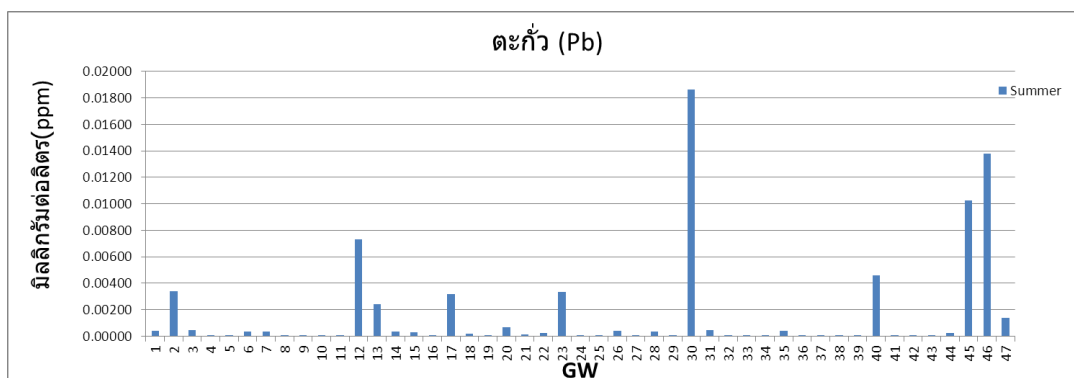
จากการวัดค่า มีปริมาณ เหล็กที่สูงเนื่องมาจาก โดยในพื้นที่นี้ แร่องค์ประกอบหินที่มีคือ hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), pyrite (FeS_2) Andarsenopyrite ($\text{FeS}_2\cdot\text{FeAs}$) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสายแร่ทองคำ (Kesse, G.O. 1985, Knight and Scott, 2002).

ปริมาณโคบอลต์ในพื้นที่ ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0004 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0016 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.0001 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งกระจายอยู่รอบทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า แร่โคบอลต์ เป็นส่วนหนึ่งในแร่องค์ประกอบของสายแร่ทองคำและสายแร่เงินในพื้นที่สอดคล้องกับผลการศึกษาทางสถิติที่ว่า แร่ เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี และโคบอลต์ ก็เป็นแร่ที่เป็นองค์ประกอบของสายแร่ทองคำ และมีค่ามากเช่นกัน ซึ่งแร่เหล่านี้ทั้งหมด ล้วนแล้วแต่เป็นแร่ องค์ประกอบของพื้นที่ทั้งสิ้นดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4- 14 แสดงปริมาณโคบอลต์ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

สำหรับตะกั่ว (Lead, Pb) มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีตะกั่วได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมต้องไม่พบเลย และเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0186 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด ไม่สามารถตรวจพบได้ดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4- 15 แสดงปริมาณตะกั่วในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

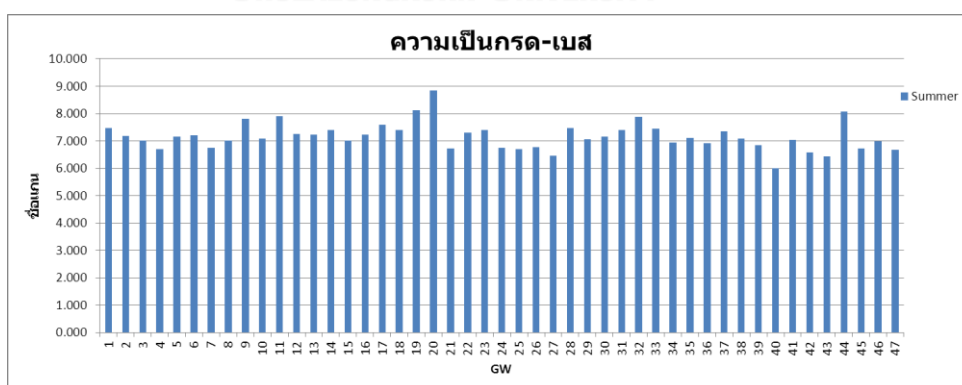
โดยปริมาณของตะกั่วที่ตัวพบในพื้นที่ ส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของประมาณตะกั่วอยู่ในช่วงตอนล่างของเหมือง ซึ่งบริเวณนั้น ส่วนใหญ่เป็นสายแร่ทองคำ โดยตะกั่วเป็นส่วนหนึ่งของสายแร่ทองคำ โดยจะอยู่ในรูปของแร่ กาลีนา (Galena) สูตรเคมี PbS มีตะกั่ว Pb 86.6% S 13.4% มักจะมีสังกะสี เงิน และกำมะถันปนเป็นมลทิน สลายในกรดเกลือได้ตะกอนขาว $PbCl_2$ และสลายในกรดดินประสิว กำมะถัน กับ $PbSO_4$ จะแยกออกไปเกิดเนื่องมาจากหินหนืดนำขึ้นมาแทรกแทนที่หินท้องถิ่นแบบเป็นสายแร่ ร่วมกับแบไรต์และฟลูออไรต์ด้วย มักพบเกิดเป็นทางแร่ในหินปูน หินโดโลไมต์ หรือบางแหล่งในหินทรายในประเทศไทย พบที่ จ.เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน ตาก กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุทัยธานี เลย อุดรธานี อุบลราชธานี กาญจนบุรี เพชรบุรี ชุมพร นครศรีธรรมราช ยะลา และสงขลา ต่างประเทศ

ตัวประกอบที่ 3 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 1 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.841 ความเป็นกรด-เบส (0.841) ตัวประกอบที่ 3 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 2.004 คิดเป็นร้อยละ 7.707 ของความแปรปรวน ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4- 6 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 3

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ความเป็นกรดเบส-	0.841

ค่าความเป็นกรด- เบสอยู่ที่ 7.16 -7.18 ค่าความเป็นกรด – เบส ของทุกบ่อมีค่าและแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.16 ค่าสูงสุด 8.85 ต่ำสุด 6.00 ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4- 16 แสดงปริมาณความเป็นกรด – เบส ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ ตัวประกอบที่ 4 บรรยายได้ด้วยตัวแปรน้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.539 - 0.712 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ความเป็น ORP (0.712) แมงกานีส (-0.669) อุณหภูมิ (0.631) โซเดียม (0.539) ตัวประกอบที่ 4 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.961 คิดเป็นร้อยละ 7.541 ของความแปรปรวนทั้งหมด

ปริมาณโซเดียมที่มีมากในพื้นที่เกิดมาจากการสลายตัวของแร่เฟลสปาร์ (Edmunds et al., 2003; Aiuppa et al., 2003; Valdes et al., 2007; Brenot et al., 2008) โดยแร่เฟลสปาร์เป็นแร่องค์ประกอบหลักของพื้นที่ และแมงกานีส เป็นหนึ่งในแร่ที่อยู่ในแร่ประกอบหินที่อยู่ในสายแร่ทองคำ จึงถือว่าตัวประกอบนี้มาจากปัจจัยที่มาจากธรรมชาติ ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4- 7 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 4

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ORP	0.712
2	แมงกานีส	-0.669
3	อุณหภูมิ	0.631
4	โซเดียม	0.539

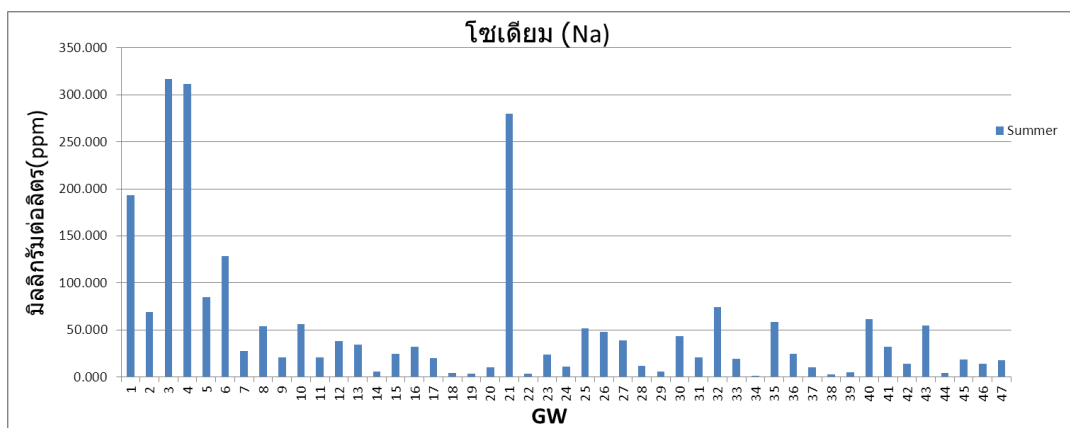
อุณหภูมิเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ฤดู ฤดูร้อนและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน โดย ค่าพิสัยอยู่ที่ 27 - 40 องศาเซลเซียส ตามรูปที่ 4.11 ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.14 องศาเซลเซียสค่าสูงสุด 38 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 27.7 องศาเซลเซียส

ค่า Reduction - Oxidation Potential มีการแปรปรวน ตั้งแต่ค่า ค่า 231mV ถึง ค่า - 104.60 mV ค่าบวกและมีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างสูงของในช่วงฤดูร้อน และมีค่าลบค่อนข้างมากกว่าในช่วงฤดูฝนอันเนื่องมาจากในฤดูฝนมีการเติมน้ำจากภายนอกเข้าสู่บ่อบาดาล ค่าสูงสุด 177.30 mV ค่าต่ำสุด - 176.40 mV

บ่อที่ 8, 27, 31, 34, 41, 42, 45, 46, 47 ของทั้ง 2 ฤดูแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในฤดูร้อนมีอยู่ในทิศทาง ลบ แต่ฤดูฝนมีค่าไปในทิศทางบวก ที่เป็นเช่นนี้เพราะพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่เพิ่มเติม น้ำ ทำให้น้ำฝนที่เพิ่มเติมเข้ามาเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำสูงขึ้น

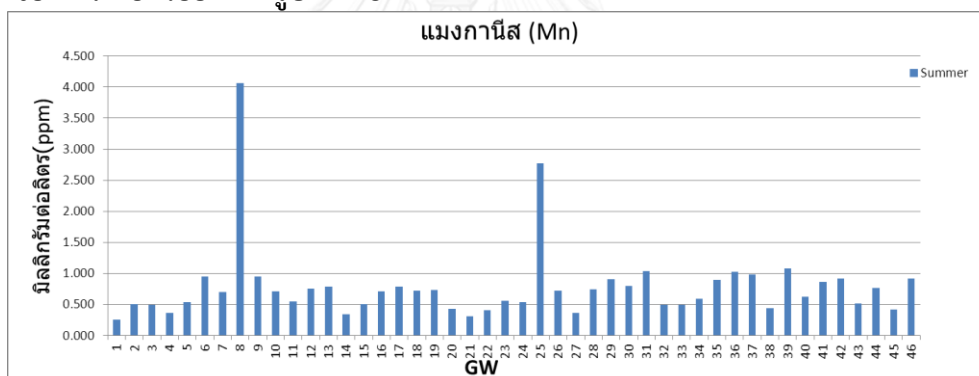
บ่อที่ 12, 28, 29 และ 39 ของทั้ง 2 ฤดูมีค่าเป็นลบทั้ง 2 ฤดู ที่เป็นเช่นนี้เพราะพื้นที่บริเวณนี้เป็นแนวของพื้นที่รับน้ำ ดังภาพตัดขวางที่ 4-4

ปริมาณ โซเดียม ในช่วงฤดูร้อนยังมีค่าไม่สูงมาก ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 51.22 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 316.90 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 1.07 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เป็นเช่นนี้เพราะ เกิดการชะล้าง ชะลายในพื้นที่ โดย โซเดียมเฟลสปาร์ (Sodium feldspar) (Edmunds et al., 2003; Aiuppa et al., 2003; Valdes et al., 2007; Brenot et al., 2008) ตามรูปที่ 4-17 และพบว่า การชะละลายจะเกิดมากในบริเวณชั้นหินที่เกิดการพุทัง ตั้งแต่บ่อที่ 7 ถึง บ่อที่ 41 เนื่องจากเป็นบริเวณที่น้ำสามารถแทรกซึมและทำให้เกิดการชะละลายได้ง่าย



รูปที่ 4- 17 แสดงปริมาณโซเดียมในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

สำหรับแมงกานีส (Manganese, Mn) มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม /ลิตร สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมที่ 0.3 มิลลิกรัม /ลิตร และเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.5 มิลลิกรัม /ลิตร พบว่าผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลครั้งที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 77.0 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 4.06 มิลลิกรัม /ลิตรต่ำสุด 0.25 มิลลิกรัม /ลิตรคุณภาพน้ำบาดาลมีการปนเปื้อนของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานเกือบทุกสถานีและทั้ง 2 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่4-18



รูปที่ 4- 18 แสดงปริมาณแมงกานีสในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

คุณภาพน้ำบาดาลมีการปนเปื้อนของแมงกานีสเกินค่ามาตรฐานเกือบทุกบ่อ บ่อที่ตรวจวัดค่าแมงกานีสสูงสุดคือบ่อ 8 มีค่า 4.06 มิลลิกรัม /ลิตร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554) ที่พบว่า ปริมาณแมงกานีสในพื้นที่ที่มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานอยู่ทั้งหมด 3 จุด ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการตรวจวิเคราะห์ผลจากรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า ค่าจากการตรวจวัดในการศึกษา ไม่ได้สูงเกินกว่าค่าเดิมก่อนที่จะเปิดเหมือง

แมงกานีสเป็นหนึ่งในธาตุที่เป็นองค์ประกอบในการเกิดสายแร่ทองคำ (กรมทรัพยากรธรณี ,2544) แร่ไพโรลูไซต์ (Pyrolusite) สูตรเคมี MnO_2 มี Mn 63.2% , O 36.8% มักมีน้ำปนอยู่ด้วยเล็กน้อย การกำเนิด เป็นแร่ทุติยภูมิ แมงกานีสละลายออกจากหินซึ่งมักมีปนอยู่เล็กน้อยเสมอ แล้วมาตกสะสมใหม่ ในรูปแร่ชนิดอื่น แต่ส่วนมากเป็นไพโรลูไซต์ คราบบางๆ ของไพโรลูไซต์รูปกิ่งไม้ (dendrite) มักพบเห็นตามผิวยรอยแตก และผิวก้อนกรวดเสมอ แหล่งสะสมไพโรลูไซต์ที่เป็นก้อนมักพบที่ก้นทะเล ชั้นสินแร่แมงกานีสจะพบปนอยู่กับภาคดิน ซึ่งได้จากการผุสลายของหินปูนที่มี

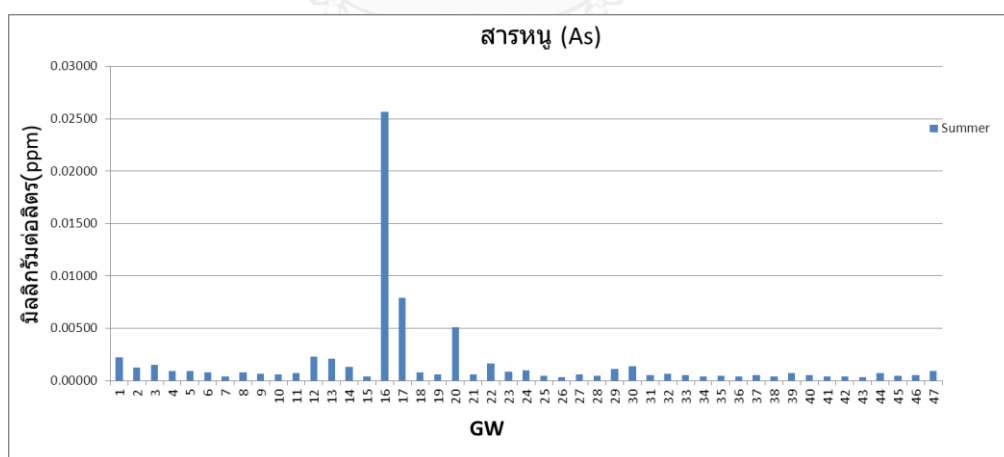
แมงกานีส สันนิษฐานว่าแมงกานี้ออกไซด์เกิดเป็นรูปเม็ด (collid) แล้วต่อมาตกสะสมในลักษณะรูปผลึก นอกจากนี้ยังพบเกิดเป็นชนิดสายแร่ร่วมกับควอตซ์และกับแร่โลหะอื่น

ตัวประกอบที่ 5 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.669 - 0.874 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ไฮยาไนท์ (0.874) สารหนู (0.669) ตัวประกอบที่ 6 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ คิดเป็นร้อยละ 1.769 ของความแปรปรวนทั้งหมด 6.806 การปนเปื้อนของ สารหนู และไฮยาไนท์ มาจากกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4- 8 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่5

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ไฮยาไนท์	0.874
2	สารหนู	0.669

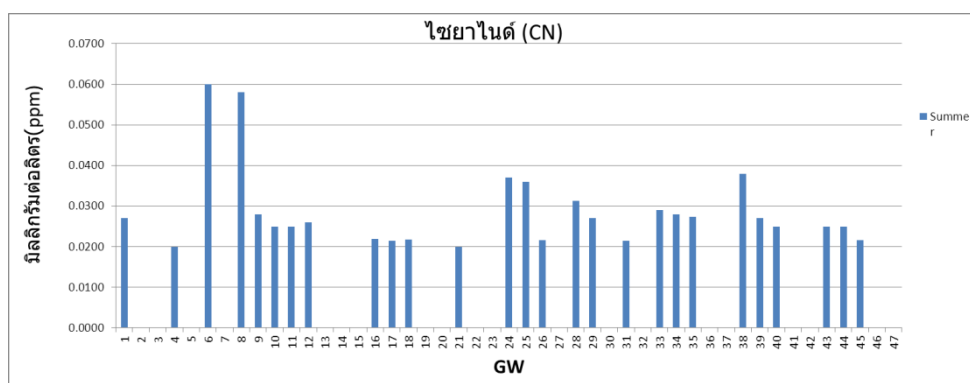
ปริมาณสารหนูที่พบในตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 2 จุด กำหนดให้มีปริมาณสารหนู (Arsenic; As) ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตรสำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้การบริโภคกำหนดให้เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลครั้งที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0016 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.02567 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.0003 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเกินมาตรฐาน ดังรูปที่ 4-19



รูปที่ 4- 19 แสดงปริมาณสารหนูในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ไฮยาไนต์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีปริมาณสารไฮยาไนต์ (Cyanide; CN) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตรและกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคได้

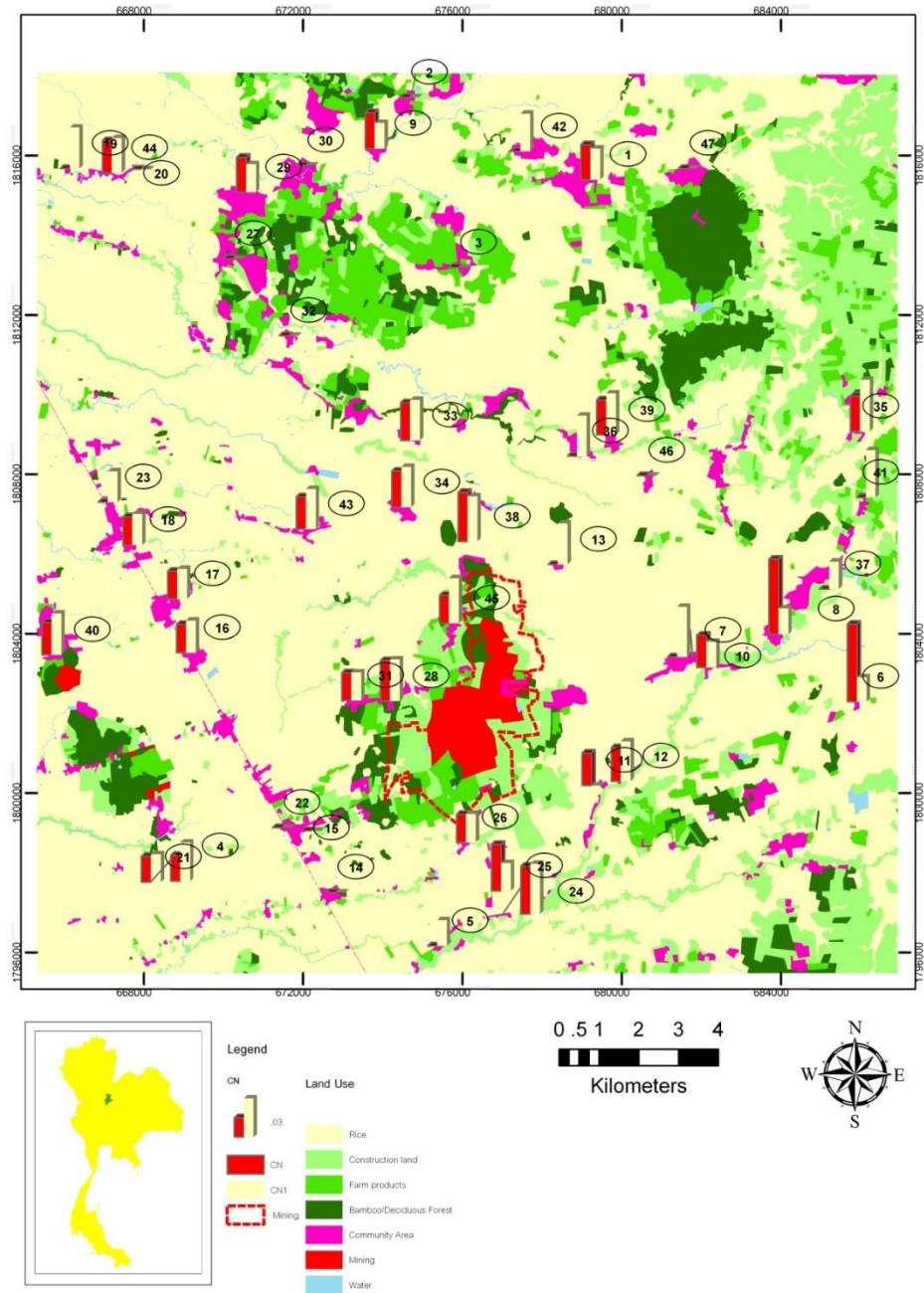
กำหนดเกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0008 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0019 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.0005 มิลลิกรัม/ลิตร ดังรูปที่ 4 -20



รูปที่ 4- 20 แสดงปริมาณไนยาไนต์ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณไนยาไนต์ในพื้นที่พบว่า มีค่าสูงสุดในการตรวจวัดครั้งที่ 1 (พฤศจิกายน 2553) ครั้งที่ 2 (กุมภาพันธ์ 2554) และ ครั้งที่ 3 (พฤษภาคม 2554) เท่ากับ 0.006, 0.006 และ 0.013 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001, 0.001 และ 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ผลจากรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.012 และ 0.006 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกัน พบว่า ค่าจากการตรวจวัดในการศึกษา ครั้งนี้ไม่ได้สูงเกินกว่าค่าเดิม จึงสามารถประเมินได้ว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารประกอบไนยาไนต์ในน้ำบาดาล

ปริมาณของไนยาไนท์ที่พบนี้ เป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์โดยมาจากสารเคมีทางการเกษตร ทั้งยาฆ่าแมลง และ ยาฆ่าหญ้า เพราะจะพบว่า ปริมาณของไนยาไนท์ ได้มีการกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในพื้นที่เกษตรกรรม เป็นเช่นนี้ ทั้ง 2 ฤดู ทั้ง ฤดูร้อนและฤดูฝน ดังรูปที่ 4-21



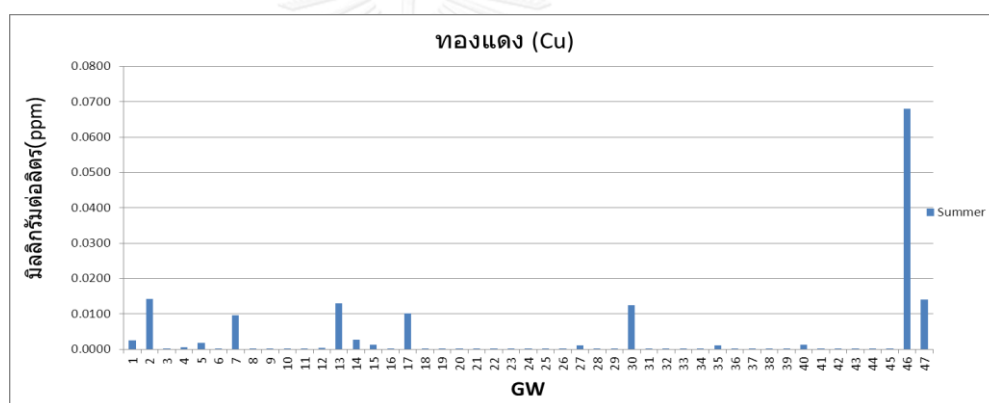
รูปที่ 4- 21 แผนที่แสดงการกระจายตัวของไซยาไนท์

ตัวประกอบที่ 6 บรรยายได้ด้วยทองแดงโดยมี น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.903 โดยทองแดงเป็นองค์ประกอบของแร่ในพื้นที่ คาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) สูตรเคมี CuFeS_2 มี Cu 34.5 % Fe 30.5 % S 35.0% ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4- 9 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 6

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ทองแดง	0.903

ปริมาณทองแดงที่พบในตัวน้ำบาดาล พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐาน ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0033 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0679 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 0 มิลลิกรัม/ลิตร ดังรูปที่ 4-22 ซึ่งถือว่าค่อนข้างน้อย แต่ในพื้นที่นี้มีแร่ chalcopyrite ซึ่งเป็นแร่ที่ถูกกำเนิดมาพร้อมกับสายแร่ทองคำ และองค์ประกอบของธาตุ ทองแดงอยู่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)



รูปที่ 4- 22 แสดงปริมาณทองแดงในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

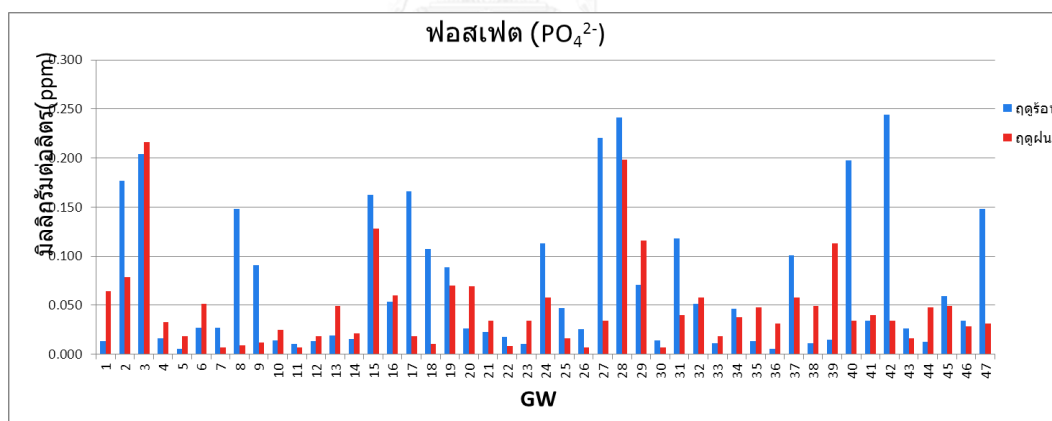
คาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) สูตรเคมี CuFeS_2 มี Cu 34.5 % Fe 30.5 % S 35.0% ละลายในกรดดินประสิว HNO_3 ได้ สารละลายสีเขียวและตะกอนกำมะถัน ถ้าใส่ NH_4OH ลงไปจะได้ตะกอนสีน้ำตาลแดงหรือสีสนิมลอยในสารละลายสีน้ำเงิน เกิดในสายแร่ร่วมกับไพไรต์ กาลีนา สฟาเลอไรต์ และบอร์ไนต์ นอกจากนี้ยังพบเป็นแร่แปรสมัผัสอยู่ร่วมกันแร่แมกเนไทท์ เฮมาไทต์ในประเทศไทย

ตัวประกอบที่ 7 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.449- 0.822 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ คลอไรด์ 0.822 (Stallard and Edmond, 1983; Bohlke and Horan, 2000; Petelet-Giraud et al., 2003; Negrel and Pauwels, 2003; Edmunds et al., 2003; Widory et al., 2004; Valdes et al., 2007) อะลูมิเนียม (0.449) ฟอสเฟส (0.526) มาจากการเกษตรกรรม เนื่องจากพื้นที่นี้มีพื้นที่นาข้าวเป็นส่วนมาก (Subbarao et al., 1996) ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4- 10 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 7

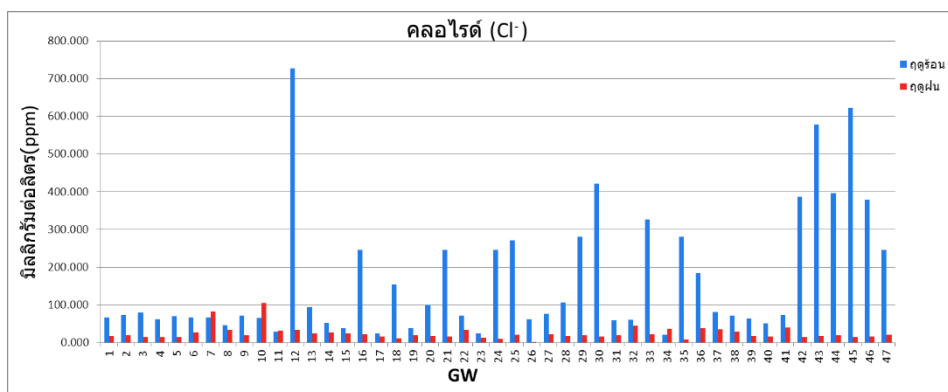
ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	คลอไรด์	0.822
2	อะลูมิเนียม	0.449
3	ฟอสเฟส	0.526

ปริมาณฟอสเฟตในพื้นที่ ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.24 มิลลิกรัม/ลิตรต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟตในช่วงฤดูร้อนที่มีค่าสูงมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ที่เป็นเขตเมือง และพื้นที่ที่ทำเกษตรกรรมเกี่ยวกับนาข้าวโดยปริมาณฟอสเฟตที่มากนี้น่าจะเกิดมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบ้านเรือน ประกอบกับปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไปในพื้นที่ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติก็พบว่า ปริมาณฟอสเฟตและปริมาณไนเตรตในฤดูฝนมีผลสอดคล้องกันไป ในทิศทางเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้ สาเหตุน่าจะมาจากการใช้ปุ๋ยเพื่อทำการเกษตรกรรม โดยพื้นที่เกษตรกรรมตรงนี้ส่วนใหญ่คือนาข้าวและข้าวโพด ดังรูปที่ 4-23



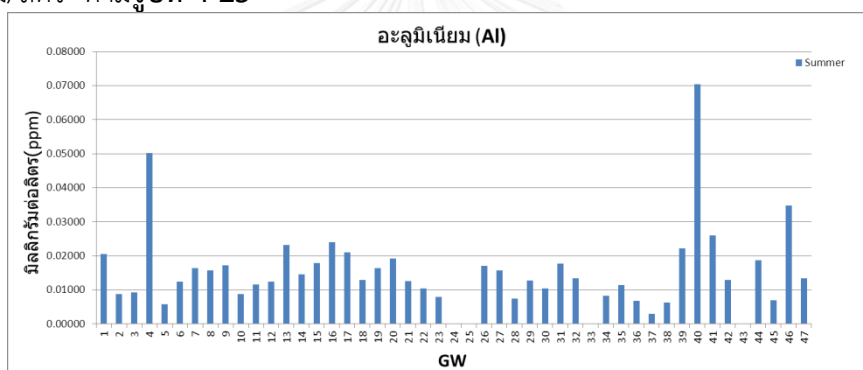
รูปที่ 4- 23 แสดงปริมาณฟอสเฟตในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณคลอไรด์ ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลแต่มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกำหนดให้มีคลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตรและเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 167.34 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 727.77 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 21.49 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณของคลอไรด์ในฤดูร้อนมีค่าสูง ดังรูปที่ 4-24



รูปที่ 4- 24 แสดงปริมาณคลอไรด์ในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณที่สูงในช่วงฤดูร้อนนี้ เป็นไปตามกฎของ (Chebotarev,1955) ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ปริมาณอะลูมิเนียม ของทั้งฤดูฝนและฤดูร้อนค่อนข้างมีค่าแตกต่างกันมาก โดยค่า ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0149 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.070 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0 มิลลิกรัม/ลิตร ตามรูปที่ 4-25



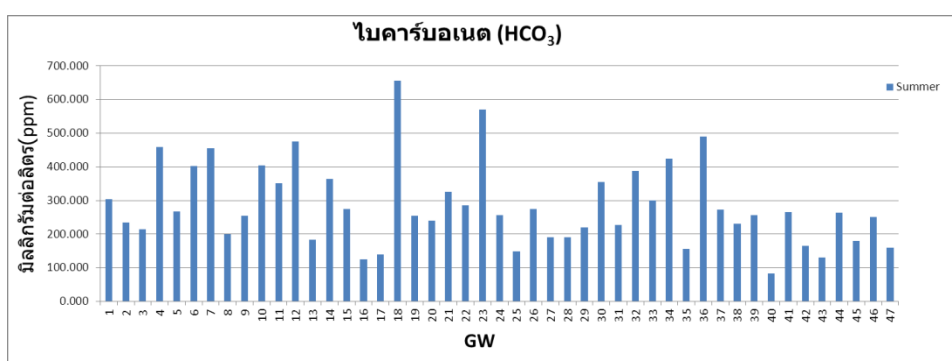
รูปที่ 4- 25 แสดงปริมาณอะลูมิเนียมในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 8 บรรยายได้ด้วยตัวแปร ไบคาร์บอเนต ซึ่งมีน้ำหนักตัวประกอบ 0.746 จาก ลักษณะหินทางอุทกธรณีวิทยาซึ่งพื้นที่ตรงนี้ส่วนใหญ่เป็นหินปูนยุคเปอร์เมียน และเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ยุคเซียงราย ลักษณะเช่นนี้ ทำให้มีค่าของ ไบคาร์บอเนตสูง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเกิดมาจากลักษณะ ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ (Karanth, 1997; Ai uppa et al., 2003; Negrel and Petelet-Giraud, 2005; Brenot et al., 2008) ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4- 11 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 8

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ไบคาร์บอเนต	0.746

ปริมาณไบคาร์บอเนต ของทั้ง 2 ฤดูไม่ได้มีความแตกต่างกันมากพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 283.42 มิลลิกรัม/ลิตรค่าสูงสุด 656 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 83 มิลลิกรัม/ลิตร **ดังรูปที่ 4-26**



รูปที่ 4- 26 แสดงปริมาณไบคาร์บอเนตในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

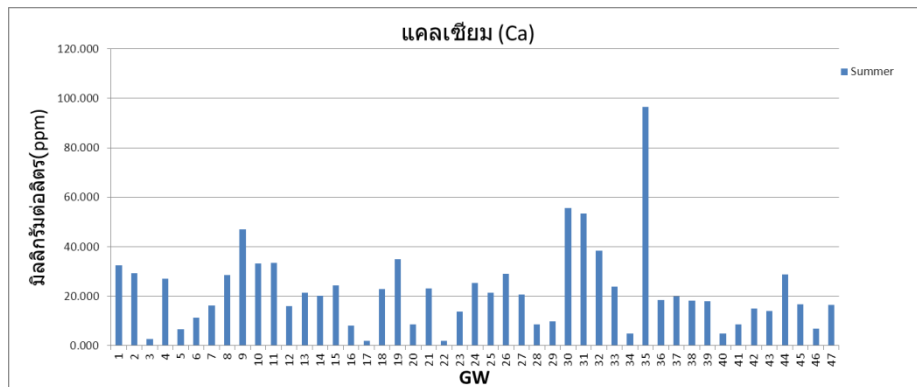
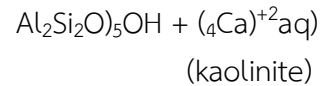
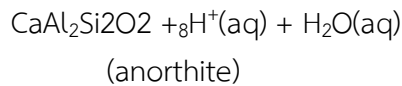
ตัวประกอบที่ 9 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.894 - 0.459 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ตัวแปรแคลเซียม 0.894 โพแทสเซียม 0.459 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ แร่แคลเซียมและแร่โพแทสเซียม ทั้ง 2 แร่ล้วนแล้วแต่เป็นแร่องค์ประกอบของแร่เฟลสปาร์ (Bohlke and Horan, 2000; Petelet-Giraud et al., 2003; Negrel and Pauwels, 2003; Edmunds et al., 2003; Widory et al., 2004; Valdes et al., 2007) เป็นการอธิบายถึงการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ **ดังตารางที่ 4-12**

ตารางที่ 4- 12 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 9

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	แคลเซียม	0.894
2	โพแทสเซียม	0.459

ปริมาณแคลเซียมในพื้นที่ ปริมาณแคลเซียมของฤดูร้อนจะมีค่าน้อยและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นสถานีที่ 42 ที่มีปริมาณแคลเซียมสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน โดยเกณฑ์อนุโลมอยู่ที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22.06 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 96.52 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 1.91 มิลลิกรัม/ลิตร **ดังรูปที่ 4-27** ที่มีปริมาณแคลเซียมสูงเกิดจาก

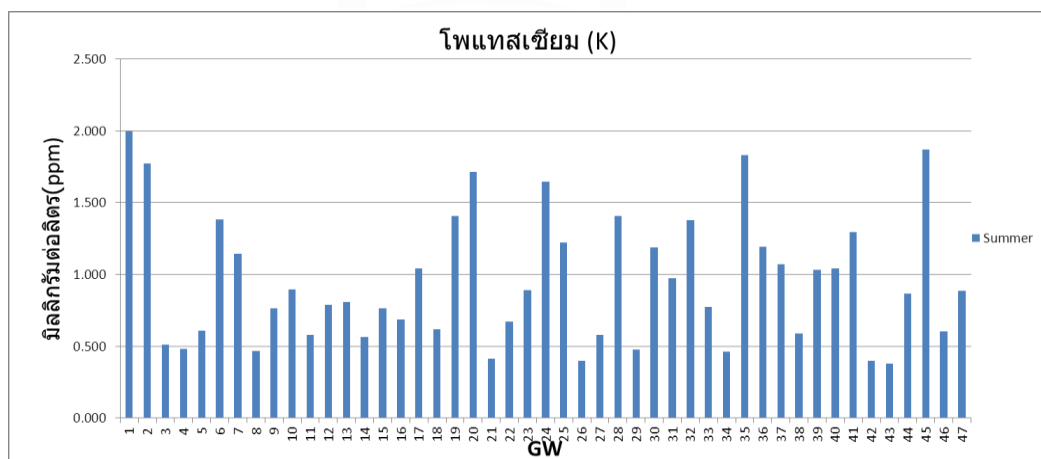
ปฏิกิริยาของแร่ แคลเซียม- เฟลด์สปาร์ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Elango et al. 2003 ; Deutsch, 1997, Jalali, 2005, 2006, 2007; Jalali et al. ,2008).



รูปที่ 4- 27 แสดงปริมาณแคลเซียมในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณโพแทสเซียมของในฤดูร้อนมีค่าน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน ครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.94 มิลลิกรัม/ลิตรค่าสูงสุด 1.99 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.37 มิลลิกรัม/ลิตร

รูปที่ 4-28 การชะละลายจะเกิดมากในชั้นหินปูนและชั้นหินแข็ง ชั้นหินที่มีการสะสมตัวของแร่จำพวก เฟลสปาร์สูง เนื่องจากตระกูลแร่เฟลสปาร์เป็นแร่องค์ประกอบของหินในพื้นที่



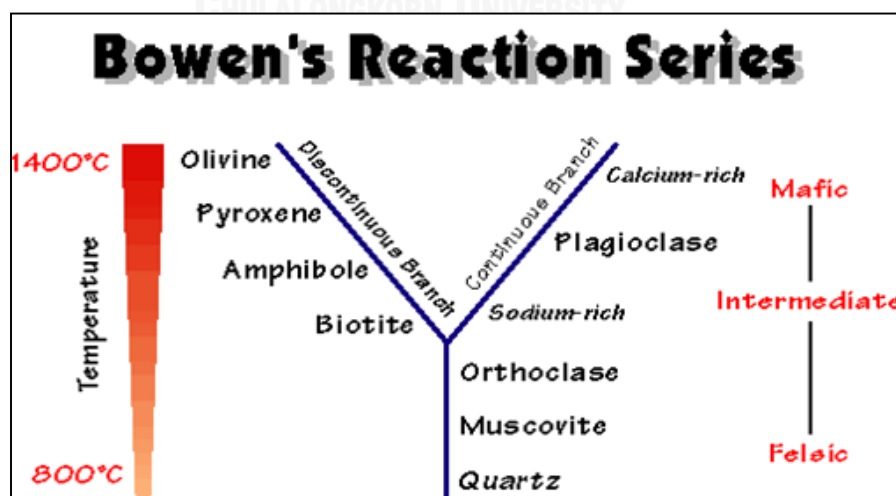
รูปที่ 4- 28 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ชุดการทำปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นโดย Bowen (Bowen) ในปี ค.ศ. 1928 เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกันระหว่างผลึก กับหินหนืด กลุ่มแร่เฟโรแมกนีเซียมเป็นชุดแร่ที่เกิดในชุดปฏิกิริยาแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous reaction series) โดยเริ่มจากแร่โอลิวีน และสิ้นสุดลงด้วยแร่ไบโอไทท์ แร่โอลิวีน ตกผลึกออกมาก่อนจากหินหนืดที่มีธาตุแมกนีเซียม และเหล็กมาก ในขณะที่หินหนืดที่เหลืออยู่เย็นตัว

ลง ของเหลวจะทำปฏิกิริยากับผลึกแร่โอลิวีน ทำให้เกิดแร่ในกลุ่มไพรอกซีน (Pyroxene) ชนิดออไจท์ (Augite) จากนั้นหินหนืดที่เหลือจะทำปฏิกิริยากับไพรอกซีน ได้แร่กลุ่มแอมฟีโบล (Amphibole) จากนั้นหินหนืดที่เหลือจะทำปฏิกิริยากับแอมฟีโบลได้แร่ไบโอไทท์ ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จะพบชิ้นส่วนของแร่โอลิวีน หรือไพรอกซีน หรือแอมฟีโบลอยู่ในใจกลางของผลึกที่เกิดขึ้นหลังสุด แร่แพลจีโอเคลสก่อตัวขึ้นในชุดปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง (Continuous reaction series) เริ่มจากแร่อะนอร์ไทท์ (Anorthite) ซึ่งมีธาตุแคลเซียมสูงไปเป็นแร่แอลไบท์ (Albite) ซึ่งมีธาตุโซเดียมสูง การเปลี่ยนแปลงในอนุกรมแร่แพลจีโอเคลสจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ จะทำให้มีลักษณะที่เรียกว่าแถบ (Zone) ในผลึกแร่แพลจีโอเคลส กล่าวคือ ผลึกหนึ่งๆ อาจมีแร่แพลจีโอเคลสชนิดแอนดีซีน (Andesine) อยู่ด้านในสุด และล้อมรอบตามขอบด้วยแร่แพลจีโอเคลสชนิด โอลิโกเคลส (Oligoclase)

แร่ต่างๆ ที่อยู่ตรงข้ามซึ่งกันและกัน ในชุดปฏิกิริยาทั้งสอง มีแนวโน้มที่ตกผลึกในช่วงเวลาใกล้เคียงกันได้ เช่น การเกิดร่วมกันระหว่างแร่ไพรอกซีน กับลาบราดอไรท์ (Labradorite) ในหินบะซอลท์ หรือแร่แอมฟีโบลกับแอนดีซีนในหินแอนดีไซต์ และแร่ไบโอไทท์ กับโอลิโกเคลสหรือแอลไบท์ ในปี ค.ศ. 1962 ที่ บาร์ท (T. Barth) นักศิลาวิทยาผู้มีชื่อเสียงชาวนอร์เวย์ ได้เพิ่มชุดปฏิกิริยาที่ 3 เข้าไว้ด้วยโดยเป็นชุดปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง ซึ่งรวมเอาชุดแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (Potassium Feldspar) และชุดแร่แพลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์เข้าไว้ในชุดเดียวกันดังรูปที่ 4-29

เมื่อการตกผลึกใกล้เสร็จสิ้นลง แร่ควอตซ์อาจจะตกผลึกออกมา สิ่งที่ยังค้างอยู่ในช่วงสุดท้ายของปฏิกิริยา คือ สารละลายน้ำร้อน หรือไอน้ำ ซึ่งอาจเข้าทำปฏิกิริยาต่อไปเรื่อยๆ กับแร่ต่างๆ จนได้แร่อื่นๆ เกิดขึ้น เช่น แร่คลอไรท์ (Chlorite) มัสโคไวท์ (Muscovite) เซอร์เพนทีน (Serpentine) และซีโอไลท์ (Zeolite) สารละลายนี้อาจเข้าไปแทนที่ในหินที่มีอยู่เดิม หรือแทรกเข้าไปตามรอยแตก และทำให้เกิดพนักหินเพกมาไทท์ (Pegmatite dike) สายแร่ควอตซ์ (Quartz vein) และแหล่งสินแร่ (Ore deposit) เป็นต้น



รูปที่ 4- 29 แสดงปฏิกิริยาโบเวน

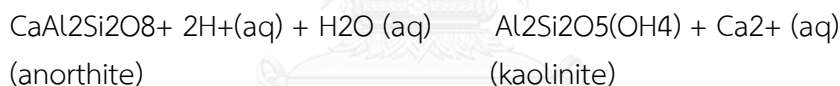
แร่ที่อยู่ในปฏิกิริยาโบเวน ที่มี อะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบ



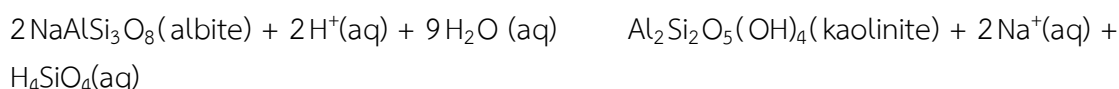
แร่เฟลด์สปาร์ พบอยู่ในหินอัคนีเกือบทุกชนิด และพบในหินชั้นและหินแปรด้วย แต่แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เป็นอุตสาหกรรมนั้น ได้มาจากสายแร่เพกมาไทต์ (Pegmatite) หรือสายแร่ทองคำซึ่งจะมีแร่เฟลด์สปาร์เกิดร่วมกับควอตซ์ ไมกา การเนต ทัวร์มาลีน เป็นต้น สายแร่เพกมาไทต์ ที่ตัดเข้าไปในหินแกรนิต มักให้แร่เฟลด์สปาร์พวกโซเดียมและโปแตสเซียม ซึ่งปริมาณของทั้งสองตัวนี้ก็แตกต่างกันไม่แน่นอน บางแหล่งจะมีโปแตสเซียมเฟลด์สปาร์มาก บางแหล่งก็มีโซเดียมเฟลด์สปาร์มาก เฟลด์สปาร์ที่ซื้อขายกันในประเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. โปแตสเซียม เฟลด์สปาร์ มีปริมาณ K_2O อยู่ไม่น้อยกว่า 8 %
2. โซเดียม เฟลด์สปาร์ มีปริมาณ Na_2O ไม่น้อยกว่า 7 %
3. เฟลด์สปาร์ผสม มีปริมาณ $\text{K}_2\text{O} < 8 \%$, $\text{Na}_2\text{O} < 7 \%$

โดยทั่วไป โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ จะมีความต้องการในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มากกว่าโซเดียมเฟลด์สปาร์ ทั้งนี้เพราะ โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์เมื่อหลอมแล้วได้ความหนืดสูงกว่าและเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงเป็นผลให้รูปทรงของชิ้นงานอยู่ตัวไม่บิดเบี้ยวในช่วงการเผา โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ลูกถ้วยไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์เกรดสูง เพราะต้องการคุณสมบัติความเป็นฉนวนไฟฟ้า โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ มีความนำไฟฟ้าต่ำตามสมการ



Sodium feldspar ($\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{Si}_2\text{O}_2$) หรือ Albite พบเป็นแร่ประกอบหินในหินอัคนี หินแปร และหินชั้นร่วมกับ ออร์โทเคลส และไมโครไคลนในหินแกรนิต ไชยไนท์ไรโอไลท์ และทราไคท์ การแบ่งชนิดของหินอัคนีส่วนใหญ่ ใช้ดูปริมาณของเฟลด์สปาร์เป็นหลัก คือถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาในหินมากขึ้นเท่าไร หินนั้นก็จะมีสีอ่อน (color index) และถ้ามีโปตัสเฟลด์สปาร์มาก หินนั้น ก็จะมีแร่พลจิวโอเคลสจำพวกโซเดียมมากขึ้นเท่านั้นดังสมการการสลายตัวของ Sodium feldspar



Ca- $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Calcium Feldspar - Anorthite)

ประกอบการอธิบายของแผนภาพก็จะพบว่า ในพื้นที่นี้มีความสัมพันธ์กัน โดยความสัมพันธ์ขอปริมาณไอออนบวกกับค่า ของแข็งละลายน้ำ สามารถนำมาอธิบายสาเหตุการปนเปื้อนได้ด้วยกราฟของ gibbs (1970)

สาเหตุของการปนเปื้อนสาเหตุหลักๆมาจาก

1. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ
2. การชะละลายของหินในพื้นที่
3. กระบวนการคายระเหยและการตกผลึก

สามารถทำการประเมินได้ด้วยมุมแหลมมุมเมแรง โดยการใช้อัตราส่วนระหว่าง

Gibbs Ratio I (สำหรับพารามิเตอร์ลบ) = $Cl/(Cl+HCO_3)$

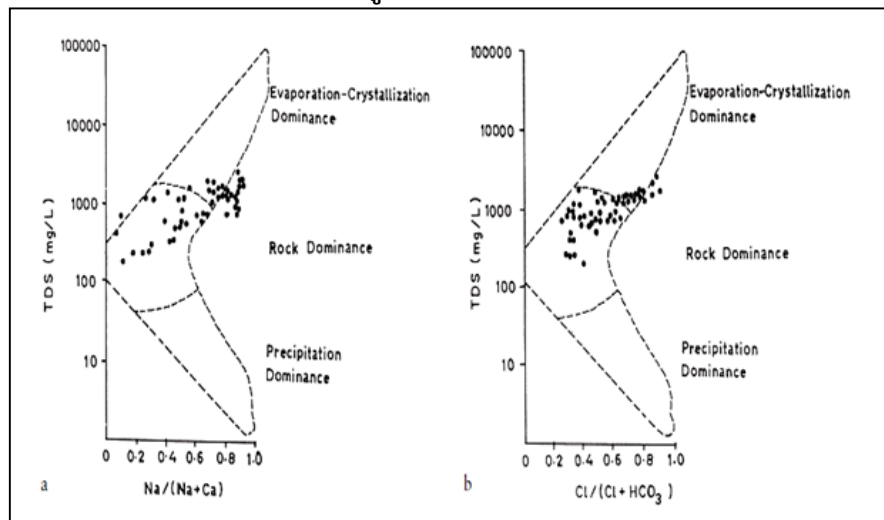
Gibbs Ratio II (สำหรับพารามิเตอร์บวก) = $Na+K/(Na+K+Ca)$

และทำการพลอตกราฟ ถ้ากราฟมีค่า

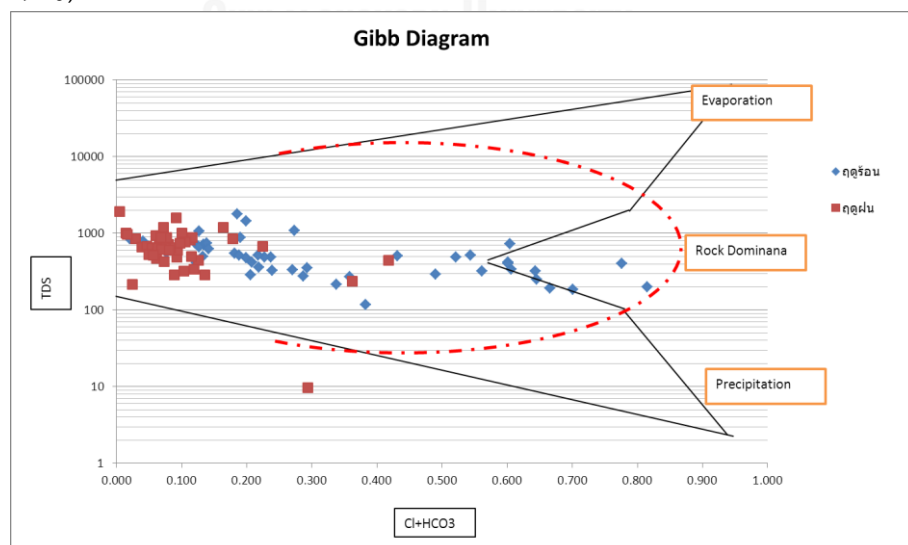
1. ปริมาณของแข็งละลายน้ำน้อย แต่ปริมาณ คอโรไลต์และปริมาณโซเดียมสูง แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ

2. ปริมาณของแข็งละลายน้ำปานกลาง แต่ปริมาณ แคลเซียมและปริมาณไบคาร์บอเนตสูง แสดงว่า การชะละลายของหินในพื้นที่

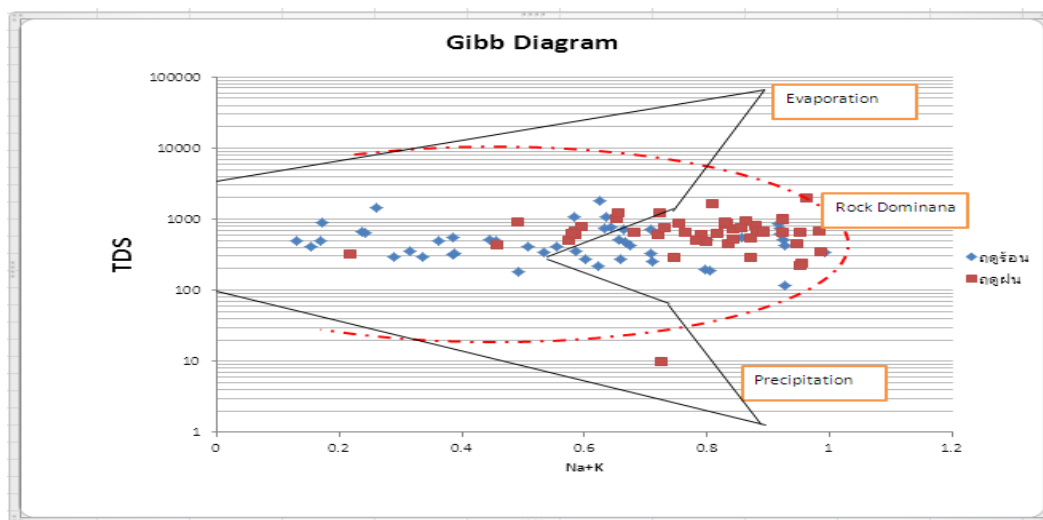
3. ปริมาณของแข็งละลายน้ำสูง แต่ปริมาณ คอโรไลต์และปริมาณโซเดียมสูง แสดงว่ากระบวนการคายระเหยและการตกผลึก ดังรูปที่ 4-30 ถึง 4-32



รูปที่ 4- 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II (Gibbs, 1970)

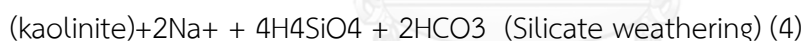
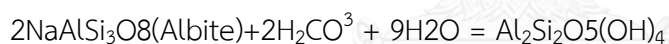
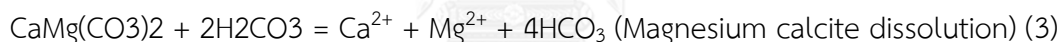


รูปที่ 4- 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II (Gibbs, 1970)



รูปที่ 4- 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตามสมการของ Gibbs Ratio I และ Gibbs Ratio II

จากแผนภาพทั้งสอง สามารถอธิบายได้ว่า พื้นที่นี้ มีการสลายตัวของหินต้นกำเนิด ทำให้คุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ มีค่า ของ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และ อะลูมิเนียมค่อนข้างสูง (Datta and Tyagi,1996) และสามารถสรุปได้ดังสมการ



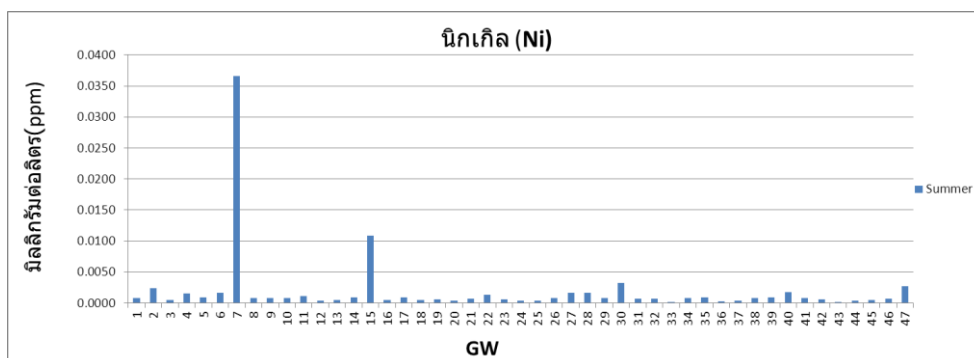
ตัวประกอบที่ 10 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 1 ตัวแปร นิกเกิล น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.757 เป็นการอธิบายถึงการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4- 13 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่10

ลำดับ พารามิเตอร์ น้ำหนักที่ได้

1	นิกเกิล	0.757
---	---------	-------

ปริมาณนิกเกิลในพื้นที่ กำหนดให้มีนิกเกิลได้ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร โดย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.089 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณนิกเกิลเกินค่ามาตรฐานหลายสถานี ดังรูปที่ 4-33 ปริมาณของนิกเกิลในสถานีที่ 7, 15 และ 47 ในสถานีอื่นมีการกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ที่เป็นเช่นนี้ น่าจะเกิดมาจากองค์ประกอบทางธรณีวิทยาของพื้นที่ แร่แอนนาเบอร์ไกต์ [$\text{Ni}_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$]



รูปที่ 4- 33 แสดงปริมาณนิเกิลในฤดูร้อน(เดือนพฤษภาคม) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

4.3.2 ผลการวิเคราะห์สถิติของคุณภาพน้ำบาดาลจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ในช่วงฤดูฝน ทำการศึกษาด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลดังจากตารางที่ 4-14 แสดงค่าไอแกน ร้อยละ 75.731 และร้อยละของความแปรปรวนของตัวประกอบหลังการสกัดตัวประกอบด้วยวิธีตัวประกอบหลัก หมุนแกนแบบอโรโกนด้วยวิธีแวนแมกซ์ ได้ตัวประกอบจำนวน 4 ตัวประกอบที่มีค่าไอแกนมากกว่า 1 และมีตัวแปรที่สามารถอธิบายองค์ประกอบนั้นตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแต่ละตัวแปรต้องมีน้ำหนักประกอบ (Factor loading) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยเรียงลำดับตามค่าไอแกน และร้อยละของความแปรปรวนจากมากไปน้อย

ตารางที่ 4- 14 แสดงค่าไอแกนและร้อยละความแปรปรวนของตัวประกอบทั้งหมด

ตัวประกอบ	ค่าไอแกน	ร้อยละความแปรปรวน	ร้อยละความแปรปรวนสะสม
1	3.893	14.973	14.973
2	3.141	12.081	27.054
3	2.358	9.070	36.124
4	1.943	7.473	43.597
5	1.941	7.465	51.062
6	1.681	6.465	57.526
7	1.645	6.327	63.853
8	1.552	5.971	69.824
9	1.536	5.907	75.731

ตัวประกอบที่ 1 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.955- 0.965 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ความเค็ม (0.955) ของแข็งละลายน้ำ (0.965) การนำไฟฟ้า (0.964) เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 3.893 คิดเป็นร้อยละ 14.973 ของความแปรปรวนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นค่าทั่วไป ค่าพื้นฐาน ดังตารางที่ 4-15

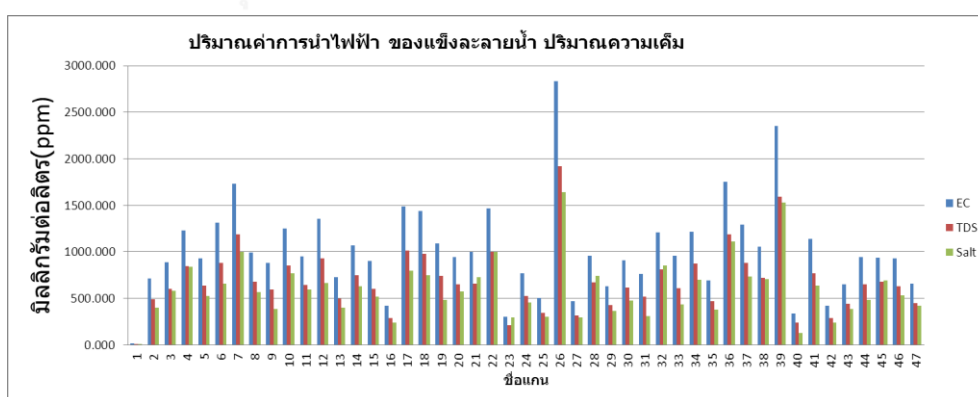
ตารางที่ 4- 15 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่1

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ของแข็งละลายน้ำ	0.965
2	การนำไฟฟ้า	0.964
3	ความเค็ม	0.955

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่าในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าการกระจายตัวของทั้ง 2 ฤดูค่อนข้างสูง ทั้งนี้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นในฤดูฝนเนื่องจากการชะละลายของแร่ในชั้นน้ำบาดาล และอาจจะมีการชะละลายจากพื้นผิวดินลงสู่น้ำบาดาลได้ นอกจากนี้พบว่าบ่อที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดพบที่บ่อที่ 26 มีค่าสูงถึง 2,830 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกำหนดให้มีของแข็งละลายทั้งหมดไม่เกิน 600 มิลลิกรัม/ลิตร และเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร สารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids, TDS) ครั้งที่ 2 ในเดือนพฤศจิกายน 2556 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 689.22 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 1,922.36 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุด 9.70 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้ค่าสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงขึ้นในฤดูฝนเนื่องจากการชะละลายของแร่ในชั้นน้ำบาดาล และอาจจะมีการชะละลายจากพื้นผิวดินลงสู่น้ำบาดาลได้ เช่นเดียวกับค่าการนำไฟฟ้าพบว่าบ่อที่มีค่าสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้พบที่บ่อที่ 26 มีค่าสูงถึง 2,830 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ปริมาณความเค็มการตรวจวัดความเค็ม เป็นการตรวจวัดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำที่พบในน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย โดยมีหน่วยเป็นส่วนในหนึ่งพันส่วน (ppt) ย่อมาจาก part per thousand) ความเค็มของน้ำทะเลของโลกมีค่าเฉลี่ย 35 ppt น้ำจืดมีค่าไม่เกิน 0.5 ppt น้ำกร่อยมีค่า 0.5 - 25 ppt ครั้งที่ 2 ในเดือนพฤศจิกายน 2556 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 595.55 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 639.22 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุด 10.87 มิลลิกรัม/ลิตร ตามรูปที่4-34



รูปที่ 4- 34 แสดงปริมาณค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ และปริมาณความเค็ม ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของค่า การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และปริมาณความเค็มของ บ่อที่ 4 และ 6 ที่อยู่ในชั้นน้ำ ตะกอนตะกอนน้ำที่เป็นชั้นบนสุด เป็นหน่วยหินร่วน (Unconsolidated) ที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (Alluvium deposits) และบ่อที่ 26, 36 และ 39 ที่อยู่

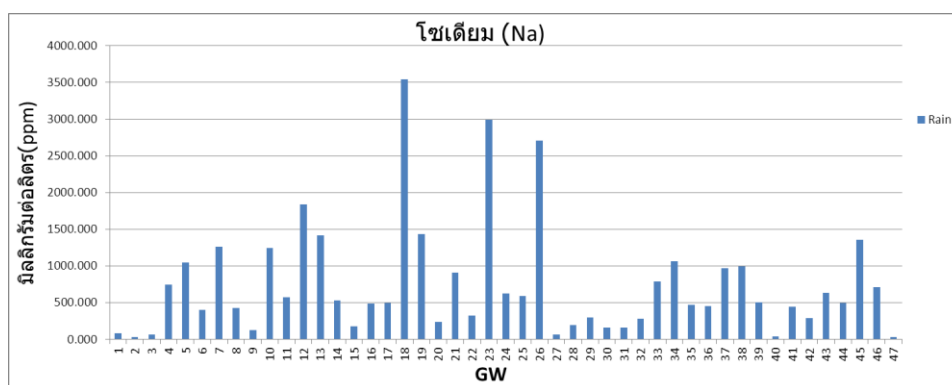
ในชั้นน้ำซึ่งเป็นชั้นหินที่เกิดจากการผุพังของหินฐาน (Basement rock) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟที่เกิดการผุพัง และจากบ่อที่ 44, 45 และ 46 ที่อยู่ในชั้นน้ำที่เป็นหน่วยหินแข็งชั้นหินที่บ้น้ำ มีความคล้ายคลึงกันและสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน และจากผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า 3 พารามิเตอร์ มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ทั้ง 2 ฤดูกาล

ตัวประกอบที่ 2 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 5 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.429- 0.936 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ แคลเซียม (0.936) โคบอล (0.919) ไบคาร์บอเนต (0.622) คลอไรด์ (0.591) โซเดียม (0.429) ตัวประกอบที่ 5 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 3.141 คิดเป็นร้อยละ 12.081ของความแปรปรวนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าตัวแปรส่วนใหญ่เป็นการอธิบายถึงการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากแร่ประกอบหินที่อยู่ในพื้นที่ ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4- 16 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 2

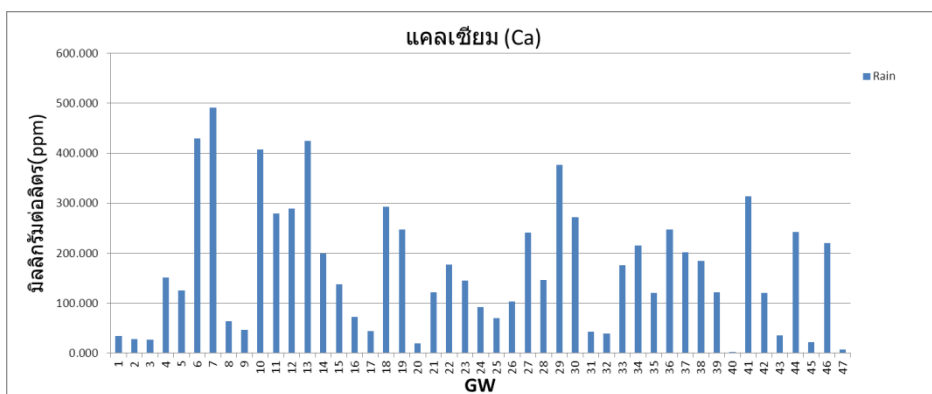
ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	แคลเซียม	0.936
2	โคบอล	0.919
3	ไบคาร์บอเนต	0.622
4	คลอไรด์	0.591
5	โซเดียม	0.429

ปริมาณโซเดียม ในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 738.63 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 3,541.18 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุด 3.12 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าค่อนข้างมาก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเกิดการชะละลายในพื้นที่ โดยในช่วงฤดูฝนมีฝนตกลงมาเป็นจำนวนมากทำให้เกิดการชะละลายแร่ธาตุต่างๆ และไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาล รวมถึงการชะละลายของหินในชั้นน้ำที่มี โซเดียมเฟลสปาร์ (Sodium feldspar) (Edmunds et al., 2003; Aiuppa et al.,2003; Valdes et al., 2007; Brenot et al., 2008) และพบว่า การชะละลายจะเกิดมากในบริเวณชั้นหินที่เกิดการผุพัง ตั้งแต่บ่อที่ 7 ถึง บ่อที่ 41 เนื่องจากเป็นบริเวณที่น้ำสามารถแทรกซึมและทำให้เกิดการชะละลายได้ง่าย ดังรูปที่ 4-35



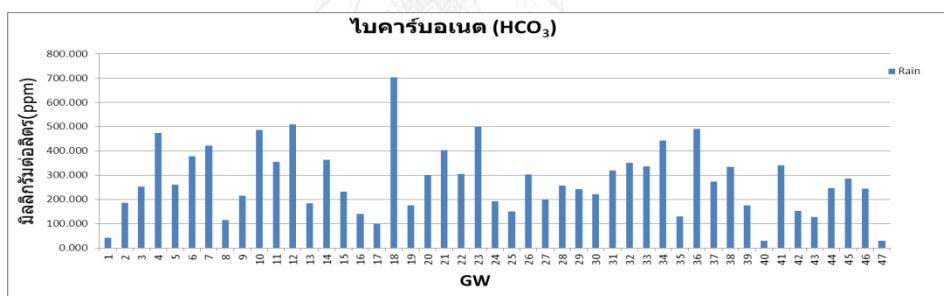
รูปที่ 4- 35 แสดงปริมาณโซเดียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณแคลเซียม ของฤดูฝนค่อนข้างสูงในทุกบ่อ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เกิดการชะละลายของแร่ในพื้นที่ค่อนข้างสูง และ ในบริเวณที่เป็นหินผุ จะมีการชะละลายออกมาค่อนข้างมากที่**ตั้งรูปที่ 4-36** ทั้งนี้ปริมาณแคลเซียมที่สูงขึ้นน่าจะเกิดจากการชะละลายของแร่ แคลเซียม เฟลด์สปาร์ - $(CaAl_2Si_2O_8)$ (Elango et al. 2003 ; Deutsch, 1997, Jalali,2005,2006,2007;Jalali et al. ,2008).



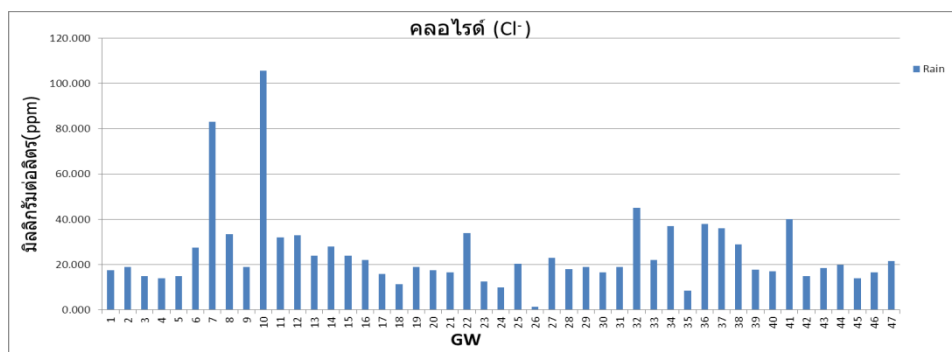
รูปที่ 4- 36 แสดงปริมาณแคลเซียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณไบคาร์บอเนต โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 276.57 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 704 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 30 มิลลิกรัม/ลิตร **ตั้งรูปที่ 4-37**



รูปที่ 4- 37 แสดงปริมาณไบคาร์บอเนตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณคลอไรด์ ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างต่ำกว่าในฤดูร้อนที่เป็นเช่นนี้เพราะเหตุผลเรื่องอายุของน้ำบาดาล ที่อ้างไปข้างต้น และพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.71 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 105.46 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 1.49 มิลลิกรัม/ลิตร **ตั้งรูปที่ 4-38**



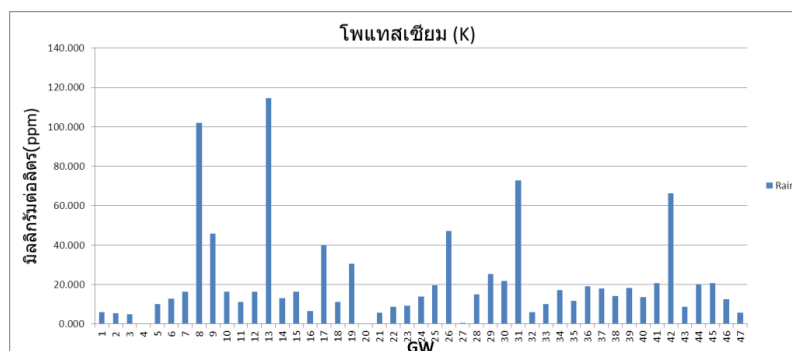
รูปที่ 4- 38 แสดงปริมาณคลอไรด์ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 3 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.659- 0.871 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ตัวแปรเหล็ก (0.871) โพแทสเซียม(0.870) สังกะสี (0.659) ตัวประกอบที่ 3 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 2.358 คิดเป็นร้อยละ 9.070 ของความแปรปรวนทั้งหมด เกิดจากการสลายตัวของแร่ องค์ประกอบหินในพื้นที่ ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4- 17 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 3

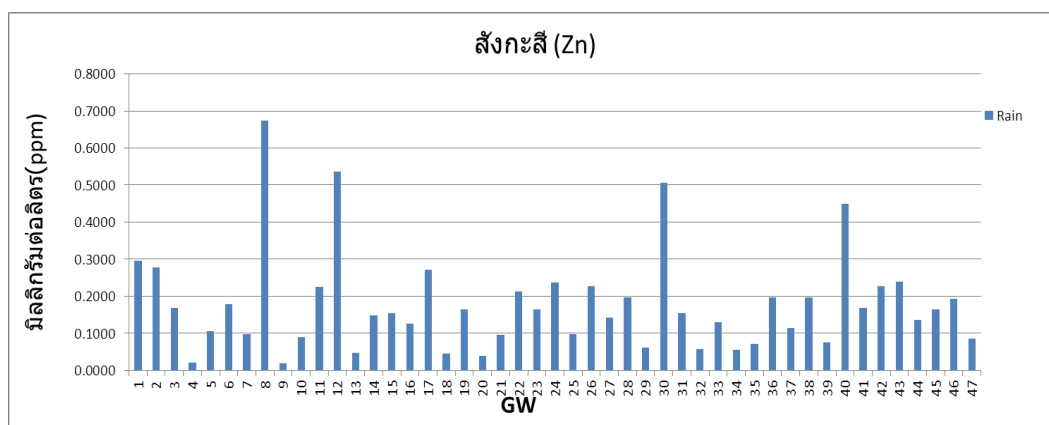
ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	เหล็ก	0.871
2	โพแทสเซียม	0.870
3	สังกะสี	0.659

ปริมาณโพแทสเซียมครั้งที่ 2 (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25.34 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 211.75 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 1.49 มิลลิกรัม/ลิตร โพแทสเซียมในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีค่าสูงขึ้นกว่าการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ทุกสถานี การชะละลายจะเกิดมากในชั้นหินปูและชั้นหินแข็ง ชั้นหินที่มีการสะสมตัวของแร่จำพวกเฟลสปาร์สูง เนื่องจากตระกูลแร่เฟลสปาร์เป็นแร่ องค์ประกอบของหินในพื้นที่ ตามรูปที่ 4-39



รูปที่ 4- 39 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

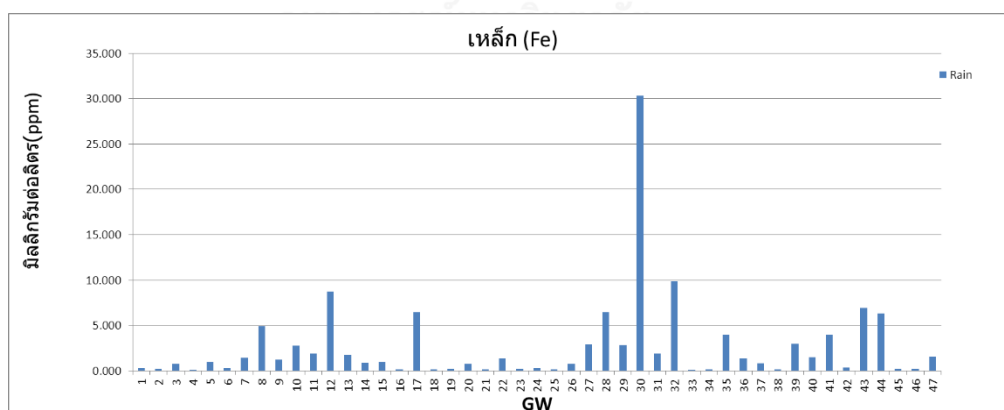
ปริมาณสังกะสีที่พบในพื้นที่ มีปริมาณไม่สูงมากและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ปริมาณสังกะสีที่พบในตัวอย่างบาดาล ครั้งที่ 2 พฤศจิกายน 2556 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.178 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.673 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุด 0.019 มิลลิกรัม/ลิตร **ดังรูปที่4-40**



รูปที่ 4- 40 แสดงปริมาณสังกะสีในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

แร่ Sphalerite คุณสมบัติทางเคมี สูตรเคมี ZnS มี Zn 67.0% แต่มักจะมีเหล็ก Fe ปนอยู่ด้วยเกือบ 20%

ปริมาณเหล็ก มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีเหล็กได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมต้องไม่พบเลยและเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการศึกษาครั้งที่ 2 พบว่า ปริมาณเหล็กมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่มิลลิกรัม 2.60/ลิตร ค่าสูงสุด 30.314 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร **ดังรูปที่4-41**



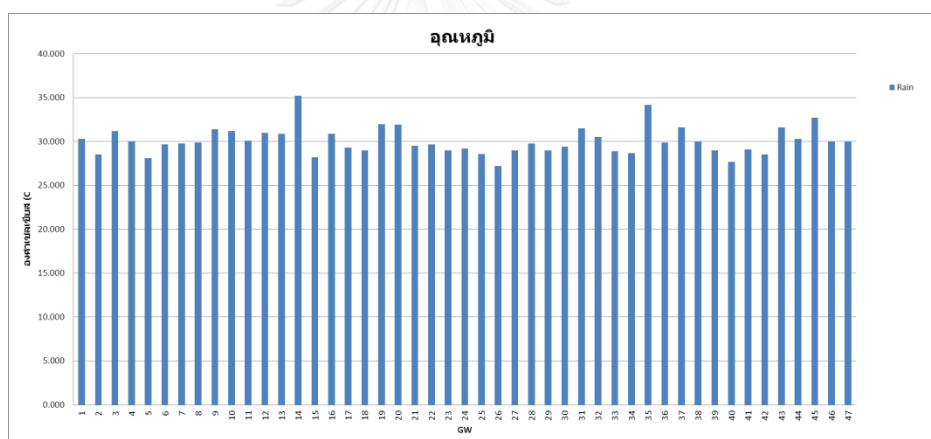
รูปที่ 4- 41 แสดงปริมาณเหล็กในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

จากการวัดค่า มีปริมาณ เหล็กที่สูงเนื่องมาจาก โดยในพื้นที่นี้ แร่องค์ประกอบหินที่มีคือ hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), pyrite (FeS_2) Andarsenopyrite ($FeS_2 \cdot FeAs$) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสายแร่ทองคำ (Kesse, 1985; Knight and Scott, 2002).

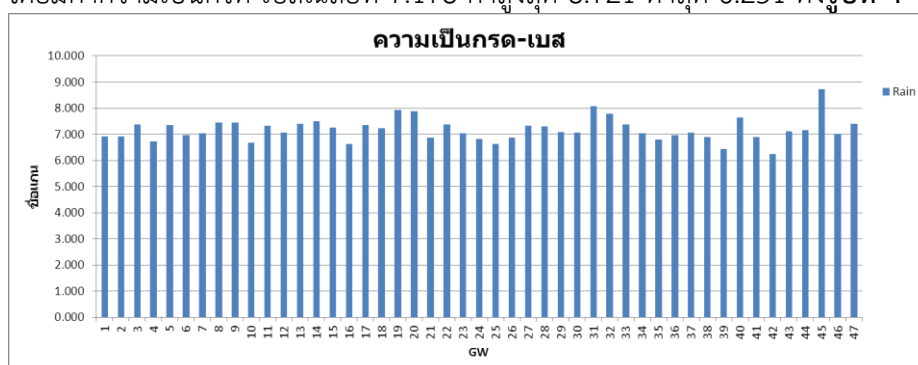
ตัวประกอบที่ 4 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.659- 0.758 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ความเป็นกรด-เบส (0.758) อุณหภูมิ (0.724) ตัวประกอบที่ 3 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.943 คิดเป็นร้อยละ 7.473 ของความแปรปรวนทั้งหมด ดังตารางที่ 4-18 ตารางที่ 4- 18แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่4

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ความเป็นกรด-เบส	0.758
2	อุณหภูมิ	0.724

อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 30.07 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุด 35.20 องศาเซลเซียส ค่าต่ำสุด 27.20 องศาเซลเซียส ดังรูปที่4-42



รูปที่ 4- 42 แสดงปริมาณอุณหภูมิในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ โดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยที่ 7.178 ค่าสูงสุด 8.721 ต่ำสุด 6.251 ดังรูปที่ 4-43



รูปที่ 4- 43 แสดงปริมาณความเป็นกรด -เบส ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 5 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.512 - 0.736 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ตัวแปร ตะกั่ว (0.736) ตัวแปรอะลูมิเนียม (0.743) ตัวแปรแมงกานีส (0.512) ตัวประกอบที่ 3 เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.941 คิดเป็นร้อยละ 7.465 ของความแปรปรวนทั้งหมด โดยแน่แท้ทั้งหมดคือ เกิดจากการสลายตัวของแร่องค์ประกอบหินในพื้นที่ เป็นปัจจัยทางด้านธรณีวิทยา ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4- 19 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 5

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ตะกั่ว	0.736
2	อะลูมิเนียม	0.743
3	แมงกานีส	0.512

ปริมาณอะลูมิเนียม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.063 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.177 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร

สำหรับแมงกานีส (Manganese, Mn) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.09 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 4.69 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร

สำหรับตะกั่ว (Lead; Pb) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0037 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0365 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าการปนเปื้อนของตะกั่ว สูงมาก ดังรูปที่ 4-44



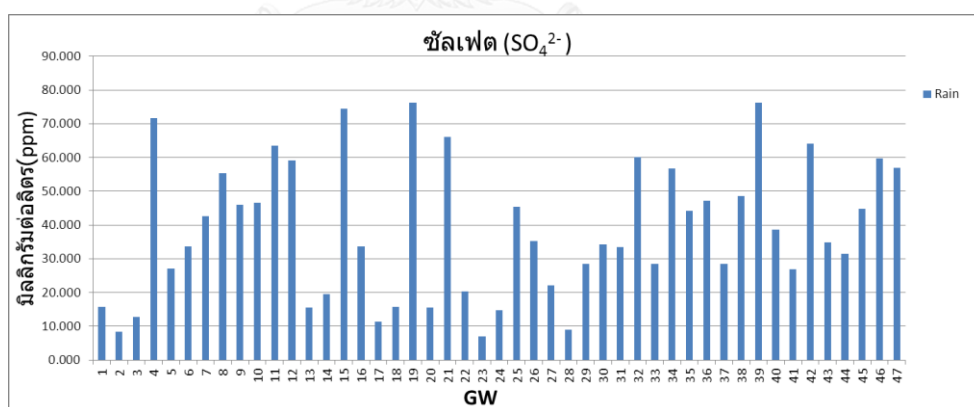
รูปที่ 4- 44 แสดงปริมาณตะกั่ว อะลูมิเนียม และ แมงกานีสในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 6 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 4 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ -0.696 - 0.684 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ซัลเฟต (-0.696) โคบอล (0.684) นิกเกิล (0.488) สารหนู (0.452) เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.681 คิดเป็นร้อยละ 6.465 ของความแปรปรวนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าตัวแปรส่วนใหญ่เป็นการอธิบายถึงการปนเปื้อนตามลักษณะทางธรณีวิทยา ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4- 20 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่6

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ซัลเฟต	-0.696
2	โคบอล	0.684
3	นิกเกิล	0.488
4	สารหนู	0.452

ซัลเฟต (Sulfate; SO_4^{2-}) ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลแต่มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคนกเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกำหนดให้มีซัลเฟตไม่เกิน 200 มิลลิกรัม/ลิตร และเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 250 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าปริมาณซัลเฟตในพื้นที่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดเอาไว้โดยครั้งที่ 2 (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 38.47 มิลลิกรัม/ลิตรค่าสูงสุด 76.23 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 6.93 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณซัลเฟตที่มีมากในฤดูฝน เกิดมาจากการชะละลายของธาตุในพื้นที่ซึ่งคือธาตุแร่ไพไรต์ สูตรเคมี FeS_2 ที่เป็นแร่องค์ประกอบของสายแร่ทองคำและการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พารามิเตอร์ซัลเฟตมีความสัมพันธ์กันกับ ทองแดง นิกเกิล และ สารหนู ซึ่งแร่ทั้ง 3 ชนิดนี้ล้วนเป็นแร่ประกอบหินทั้งสิ้น และ แร่ไพไรต์ (FeS_2) ที่เป็นแร่องค์ประกอบของสายแร่ทองคำ แร่เหล่านี้ สามารถตรวจพบได้ในสายแร่ทองคำ (Sabbarao, 1996; Edmunds et al., 2003; Negrel and Petelet-Giraud, 2005; Valdes et al., 2007) ดังรูปที่4-45



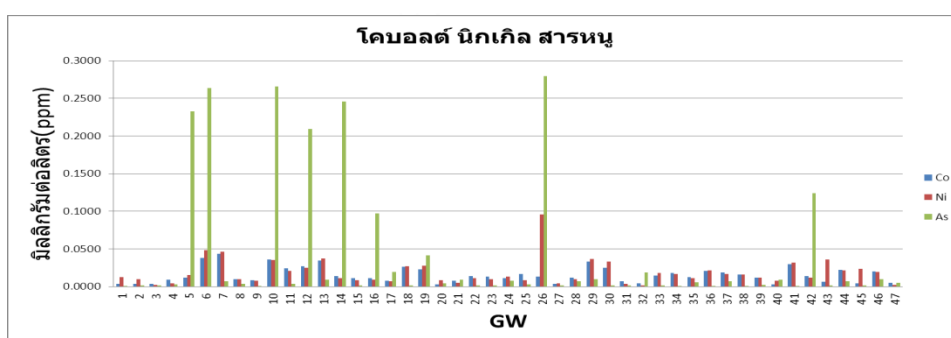
รูปที่ 4- 45 แสดงปริมาณซัลเฟตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณโคบอลในพื้นที่ ครั้งที่ 2 (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0155 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0433 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.0027 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งกระจายอยู่รอบทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า แร่โคบอล เป็นส่วนหนึ่งในแร่องค์ประกอบของสายแร่ทองคำและสายแร่เงินในพื้นที่และจากผลวิเคราะห์ทางสถิตินั้นพบว่า ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 แร่โคบอล อยู่ในปัจจัยที่ 2 อยู่ในกลุ่มเดียวกับแร่ เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียม ส่วนการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่าแร่

โคบอลต์อยู่ในกลุ่มปัจจัยที่ 2 อยู่ในกลุ่มเดียวกับแร่ แคลเซียม คลอไรด์และไบคาร์บอเนต ซึ่งแร่เหล่านี้ทั้งหมด ล้วนแล้วแต่เป็นแร่องค์ประกอบของพื้นที่ทั้งสิ้น **ดังรูปที่ 4-46**

ปริมาณนิกเกิลในพื้นที่ กำหนดให้มีนิกเกิลได้ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ครั้งที่ 2 (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0185 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 0.0958 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.0017 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณนิกเกิลเกินค่ามาตรฐานหลายสถานี ปริมาณของนิกเกิลในสถานีที่ 7, 15 และ 47 ที่มีปริมาณใกล้เคียงกันของทั้ง 2 ฤดูกาล และในสถานีอื่นมีการกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกิดมาจากองค์ประกอบทางธรณีวิทยาของพื้นที่ **ดังรูปที่ 4-46**

ปริมาณสารหนูที่พบในตัวอย่างน้ำบาดาล กำหนดให้มีปริมาณสารหนู (Arsenic; As) ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลครั้งที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0411 ค่าสูงสุด 0.279 ต่ำสุด 0.0006 มีค่าเกินมาตรฐาน **ดังรูปที่ 4-46**



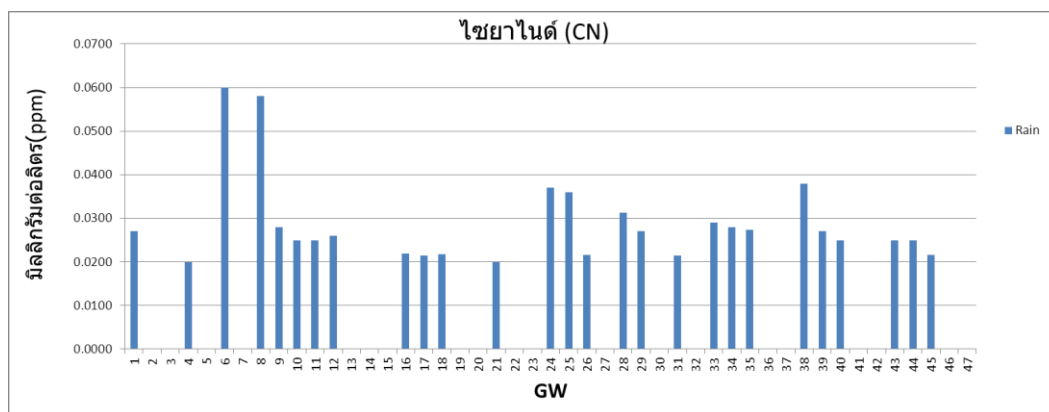
รูปที่ 4- 46 แสดงปริมาณโคบอลต์ นิกเกิล และสารหนู ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 7 บรรยายได้ด้วยตัวแปร ไฮยาไนท์ 0.894 ค่าความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.552 คิดเป็นร้อยละ 5.971 ของความแปรปรวนทั้งหมด **ดังตารางที่ 4-21**

ตารางที่ 4- 21 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 7

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ไฮยาไนท์	0.894

ปริมาณ ไฮยาไนท์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลกำหนดให้มีปริมาณสารไฮยาไนด์ (Cyanide; CN) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร และกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคได้ กำหนดเกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร **ดังรูปที่ 4-47**



รูปที่ 4- 47 แสดงปริมาณไนเตรตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อน้ำบาดาล 47 บ่อ

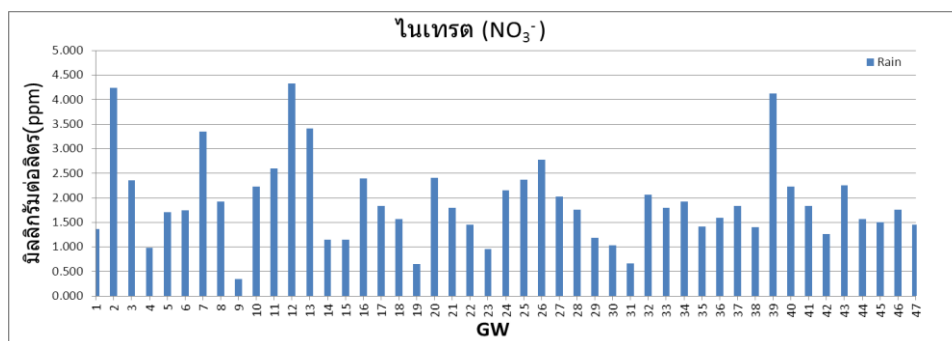
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล(2554) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณไนเตรตในพื้นที่พบว่า มีค่าสูงสุดในการตรวจวัดครั้งที่ 1 (พฤศจิกายน 2553) ครั้งที่ 2 (กุมภาพันธ์ 2554) และ ครั้งที่ 3 (พฤษภาคม 2554) เท่ากับ 0.006, 0.006 และ 0.013 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001, 0.001 และ 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ผลจากรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.012 และ 0.006 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ พบว่า ค่าจากการตรวจวัดในการศึกษา ครั้งนี้ไม่ได้สูงเกินกว่าค่าเดิม จึงสามารถประเมินได้ว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารประกอบไนเตรตในน้ำบาดาล

ตัวประกอบที่ 8 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ -0.754 -0.418 ประกอบด้วยตัวแปรที่เรียงตามลำดับน้ำหนักตัวประกอบที่มากที่สุดถึงน้อยที่สุด คือ ตัวแปร ฟอสเฟต (-0.754) ตัวแปร ORP (0.680) ไนเตรต (-0.418) เป็นแหล่งของความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.645 คิดเป็นร้อยละ 6.327 ของความแปรปรวนทั้งหมด ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4- 22 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 8

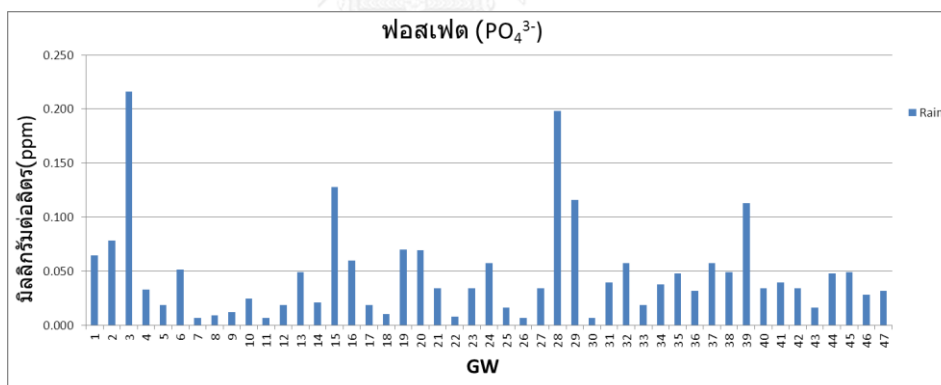
ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	ฟอสเฟต	-0.754
2	ORP	0.680
3	ไนเตรต	-0.418

ไนเตรต (Nitrate, NO_3^-) ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในค่ามาตรฐานน้ำบาดาลแต่มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคกำหนดให้มีปริมาณไนเตรตไม่เกิน 45 มิลลิกรัม/ลิตร และอนูโลมที่ 45 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.91 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 4.33 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าต่ำสุด 0.34 มิลลิกรัม/ลิตร ในบ่อที่ 2, 7, 12, 13 และ 39 มีค่าเท่ากับ 4.244, 3.353, 4.332, 3.406 และ 4.120 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ตั้งอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมประเภทนาข้าวและพื้นที่ชุมชนเช่นกัน ดังรูปที่ 4-48



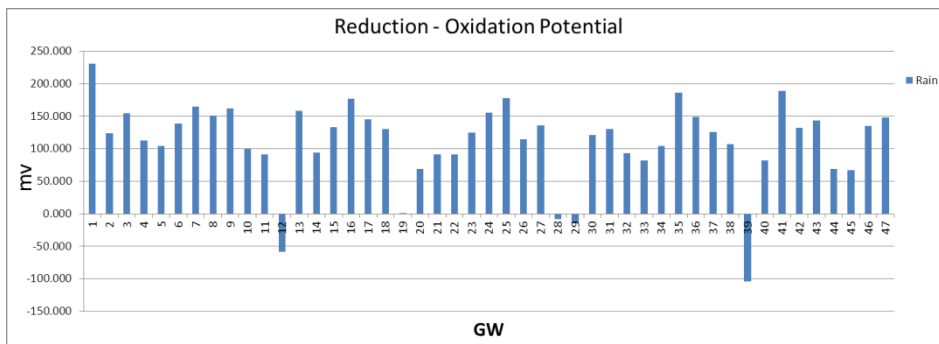
รูปที่ 4- 48 แสดงปริมาณไนเตรทในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ปริมาณฟอสเฟตในพื้นที่ ครั้งที่ 2 (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟตในช่วงฤดูร้อนที่มีค่าสูงมากส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ที่เป็นเขตเมือง และพื้นที่ที่ทำเกษตรกรรมเกี่ยวกับนาข้าวโดยปริมาณฟอสเฟตที่มากนี้น่าจะเกิดมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบ้านเรือน ประกอบกับปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไปในพื้นที่ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติก็พบว่า ปริมาณฟอสเฟตและปริมาณไนเตรตในฤดูฝนมีผลสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้ สาเหตุน่าจะมาจากการใช้ปุ๋ยเพื่อทำการเกษตรกรรม โดยพื้นที่ เกษตรกรรมตรงนี้ส่วนใหญ่คือนาข้าวและข้าวโพด ดังรูปที่ 4-49



รูปที่ 4- 49 แสดงปริมาณฟอสเฟตในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

Reduction - Oxidation Potential ค่า 231 mV ถึง ค่า -104.60 mV ค่าบวกและมีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างสูงของในช่วงฤดูร้อน และมีค่าลบค่อนข้างมากกว่าในช่วงฤดูฝนอันเนื่องมาจากในฤดูฝนมีการเติมน้ำจากภายนอกเข้าสู่บ่อบาดาล ดังรูปที่ 4-50



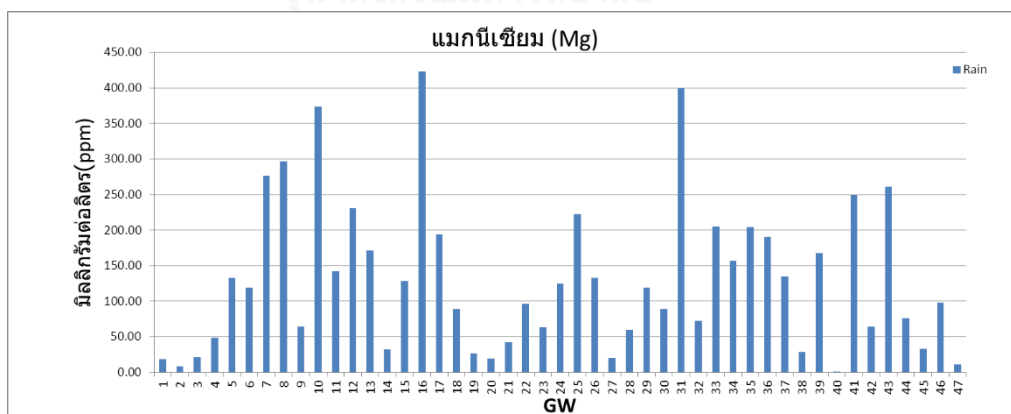
รูปที่ 4- 50แสดงปริมาณ Reduction - Oxidation Potential ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

ตัวประกอบที่ 9 บรรยายได้ด้วยตัวแปร 1 ตัวแปร น้ำหนักตัวประกอบตั้งแต่ 0.818 คือ แมกนีเซียม ค่าความแปรปรวนรวมของตัวประกอบ 1.536 คิดเป็นร้อยละ 5.907 ของความแปรปรวนทั้งหมด ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4- 23 แสดงตัวประกอบและค่าน้ำหนักของตัวประกอบที่ 9

ลำดับ	พารามิเตอร์	น้ำหนักที่ได้
1	แมกนีเซียม	0.818

โดยปริมาณแมกนีเซียมในพื้นที่ ฤดูฝน (พฤศจิกายน 2556) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 143.53 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุด 722.97 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 0.80 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแมกนีเซียมในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีค่าเกินค่ามาตรฐาน เกือบทุกสถานี ดังรูปที่ 4-51



รูปที่ 4- 51แสดงปริมาณแมกนีเซียม ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) ของบ่อบาดาล 47 บ่อ

โดยค่าปริมาณแมกนีเซียมที่เกิดขึ้นในพื้นที่มาจากหินต้นกำเนิดในพื้นที่ โดยในพื้นที่นี้ มีแร่ โดโลไมต์ (CaMg(CO₃)₂) (Aiuppa et al., 2003; Negrel and Petelet-Giraud, 2005; Brenot et al., 2008).

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่

สามารถสรุปหน่วยหินหลักๆ ในพื้นที่ได้ทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ ชั้นน้ำตะกอนร่วน ที่เกิดจากตะกอนน้ำพา ประกอบด้วยดินเหนียวเป็นหลักและมีตะกอนขนาดทรายและทรายแป้งเป็นองค์ประกอบรอง ชั้นน้ำที่เกิดจากการผุพังของหินฐาน (Vw) ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟเป็นหลักในบางบริเวณเกิดจากการผุพังของหินตะกอนกึ่งแปรมักพบปะปนกับตะกอนยุคควอเทอร์นารี และหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีซิติกทัฟฟ์ (Andesitic tuff) และชั้นที่บ่อน้ำหินแข็ง (Vm) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ (Rhyolite) และแอนดีไซต์ (Andesite) เป็นหลักในบางบริเวณพบหินแกรนิต (Granite) และแกรโนไดโอไรต์ (Granodiorite) เป็นหินแข็งในพื้นที่ ส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟ

5.2 ชนิดของน้ำบาดาลในพื้นที่

การศึกษาการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบว่า น้ำบาดาลมีทั้งหมด 6 ชนิดเรียงจากมากไปน้อย แบ่งเป็นสัดส่วนดังนี้ ได้แก่ Ca-Mg-HCO₃ (31.91%) Ca-Mg-ClSO₄ (25.53%) Ca-Mg (17.02%) Na-K-HCO₃ (12.77%) Na-K-ClSO₄ (8.51%) HCO₃-CO₂ (4.26%)

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่า น้ำบาดาลมีทั้งหมด 7 ชนิดเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ Na-K-HCO₃ (44.68%) Ca-Mg-HCO₃ (31.91%) Na-K (8.51%) HCO₃-CO₂ (6.38%) Na-K-ClSO₄ (4.26%) Ca-Mg-ClSO₄ และ Ca-Mg มีอัตราส่วนที่เท่ากันคือ (2.13%)

5.3 การวิเคราะห์ทางอุทกธรณีเคมี

ไอออนลบ

จากการศึกษา พบว่า ไอออนลบได้แก่ ไนเตรต ฟอสเฟต 2 พารามิเตอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปใน ทั้ง 2 ฤดูกาล ทั้งกิจกรรมทางการเกษตรในพื้นที่คือ การปลูกข้าว ทำไร่ข้าวโพด และไร่แบบผสมผสาน รวมทั้งกิจกรรมที่มาจากบ้านเรือน การปล่อยน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

พารามิเตอร์ซัลเฟต มาจากการสลายตัวของแร่ไฟไรต์

พารามิเตอร์คลอไรด์ มาอายุของน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลง

พารามิเตอร์โซเดียมไนท์ มาจากยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช

ไอออนบวก

จากการศึกษาพบว่า พารามิเตอร์ แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และอะลูมิเนียม 5 พารามิเตอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปใน ทั้ง 2 ฤดูกาล เนื่องมาจากปัจจัยที่มาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ โดย แร่เหล่านี้เป็นแร่ในองค์ประกอบหินจำพวกเฟลด์สปาร์

โปแตสเซียม เฟลด์สปาร์ KAl Si₃O₈ (Potash Feldspar-Orthoclase-Microcline)

โซเดียม เฟลด์สปาร์ $\text{Na AlSi}_3\text{O}_8$ (Sodium Feldspar - Albite)

แคลเซียม เฟลด์สปาร์ $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2\text{O}_8$ (Calcium Feldspar - Anorthite)

โลหะหนัก

พารามิเตอร์โลหะหนักส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของสายแร่ทองคำในพื้นที่ ได้แก่ Galena(PbS), Sphalerite(ZnS), Arsenopyrite) FeAsS , FeS_2 , FeAs), Pyrolusite(MnO_2) และแร่ Hematite (Fe_2O_3)

5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการทำการศึกษาของทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่า สามารถแบ่ง องค์ประกอบทางปัจจัยออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ไนเตรท ฟอสเฟต และโซเดียมไนท์

กลุ่มที่ 2 มาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ได้แก่ ซัลเฟต โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม

โพแทสเซียม อะลูมิเนียม เหล็ก สังกะสี โคบอล คลอไรด์ ตะกั่ว ทองแดง และแมงกานีส

กลุ่มที่ 3 มาจากกิจกรรมของมนุษย์และมาจากลักษณะทางธรณีวิทยา ได้แก่ สารหนู

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- Ahiarakwem, C. A., 2012, Hydro-Chemical Investigation of Rainwater Samples Collected in Parts of Owerri Metropolis and Environs, Imo State, Southeastern Nigeria ISESCO JOURNAL of Science and Technology, v. 8, p. 48 - 57.
- Aiuppa, A., Bellomo, S., Brusca, L., Alessandrob, W.D., Federico, C., 2003, Natural and anthropogenic factors affecting groundwater quality of an active volcano (Mt. Etna, Italy): Applied Geochemistry v. 18, p. 863–882.
- Aravena, R., Aue, M., Bucich, N., 1999, Evaluation of the origin of groundwater nitrate in the city La Plata—Argentina, using isotope techniques: Hydrogeology and Land Use Management, p. 323-327.
- Artimes Ghassemi Dehnavi, R. S., D. Nagaraju, 2011, Hydro geochemical and rock water interaction studies in East of Kurdistan, N-W of Iran: International Journal of Environmental Sciences and Research, v. 1, p. 16-22.
- Barbieri, P., Adamia, G., Favretto, A., Lutman, A., Avoscan, W., Reisenhofer, E., 2001, Robust cluster analysis for detecting physico-chemical typologies of freshwater from wells of the plain of Friuli (northeastern Italy): Analytica Chimica Acta v. 440, p. 161–170.
- Bruce, S. L., Noller, S.L., Grigg, B.N., Mullen, A.H., Mulligan, B.F., Ritchie, D.R., Currey, P.J., Ng, J.C., 2003, A field study conducted at Kidston Gold Mine, to evaluate the impact of arsenic and zinc from mine tailing to grazing cattle. : Toxicology Letters p. 23-34.
- Chan, H. J., 2001, Effect of land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea: Journal of Hydrology v. 253, p. 194–210.
- Compton, J. E., Boone R.D., 2000, Long-term impacts of agriculture on soil carbon and nitrogen in New England: Forests Ecology v. 8, p. 2314–2330.
- Conesa, H. M., Garcia G, Faz A, Arnaldos R 2007, Dynamics of metal tolerant plant communities' development in mine tailings from the ena-La Union Mining District (SE Spain) and their interest for further revegetation purposes: Chemosphere, v. 68, p. 1180–1185.
- Dolgo, A., 1996, Physical geology. D. C. Heath and Company, Toronto, 628 p.:
- Gibbs, R. J., 1970, Mechanisms controlling world water chemistry: Science, v. 170, p. 1088–1090.
- Graham R. Thompson, a. J. T., 1991., Modern Physical geology, Saunders College Publishing. USA. , 608 p.:
- Guler, C., Kurt, M., Alpaslan, M., Akbulut, C., 2012, Assessment of the impact of anthropogenic activities on the groundwater hydrology and chemistry in

- Tarsus coastal plain (Mersin, SE Turkey) using fuzzy clustering, multivariate statistics and GIS techniques: *Journal of Hydrology* v. 414–415 p. 435–451.
- Halima, M. A., Majumder, R.K., Nessaa, S.A., Hiroshiro, Y., M.J. Uddin, M.J., Shimadab, J., Jinno, K., 2009, Hydrogeochemistry and arsenic contamination of groundwater in the Ganges Delta Plain, Bangladesh.: *Journal of Hazardous Materials* p. 1335–1345.
- Helena, B., Pardo, R., Vega, M., Barrado, E., Fernandez, J.M., Fernandez, L., 2001, Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis: *Water Research* v. 34 p. 807–816.
- Jamshidzadeh, Z., Mirbagheri, S.A., 2011, Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran.: *Desalination* v. 270, p. 23–30.
- Jiang, J., Wu, Y., Groves, C., Yuan, D., Kambesis, P., 2009, Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in the Nandong karst underground river system in Yunan, China: *Journal of Contaminant Hydrology* v. 109, p. 49–61.
- Jiang, Y., Yuan, D., Zhang, C., Zhang, G., He, R., 2008, Impact of land use change on groundwater quality in a typical karst watershed of southwest China: *Hydrogeology Journal*, v. 16 (4) p. 727–735.
- K.Srinivasamoorthy, M. V., S.Chidambaram, P.Anandhan, R.Manivannan, R.Rajivgandhi, 2012, Hydrochemistry of groundwater from Sarabanga Minor Basin, Tamilnadu, India: *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, p. 193-203.
- Kim, J., Kim, R., Lee, J., Cheong, T., Yum, B., Chang, H., 2005, Multivariate statistical analysis to identify the major factors governing groundwater quality in the coastal area of Kimje, South Korea.: *Hydrological Processes*, v. 19, p. 1261–1276.
- Kima, M., Nriagu, J., Haack, S., 2002, Arsenic species and chemistry in groundwater of southeast Michigan. : *Environmental Pollution* p. 379–390.
- Kumar, P. J. S., 2013, Interpretation of groundwater chemistry using piper and chadha's diagrams: a comparative study from perambalur taluk: *Elixir Geoscience*, p. 12208-12211.
- Liu, C. W., Lin, K.H., Kuo, Y.M., 2003, Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. : *The Science of the Total Environment*, v. 313, p. 77–89.

- Love, D., Hallbauer, D., Amos, A., Hranova, R., 2004, Factor analysis as a tool in groundwater quality management: two southern African case studies. : *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 29, p. 1135–1143.
- Luu, T. T. G., Sthiannopkao, S., Kim, K.W., 2009, Arsenic and other trace elements contamination in groundwater and a risk assessment study for the residents in the Kandal Province of Cambodia.: *Environment International* p. 455–460.
- M. R. G. Sayyed, G. S. W., A. Supekar, 2013, Assessment of impact on the groundwater quality due to urbanization by hydrogeochemical facies analysis in SE part of Pune city, India: *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, p. 148-159.
- Munˆoz-Carpena, R., Ritter, A., Li, Y.C., 2005, Dynamic factor analysis of groundwater quality trends in an agricultural area adjacent to Everglades National Park. : *Journal of Contaminant Hydrology* p. 49– 70.
- Nguyen, V., Bang, S., Viet, P., Kim, K., 2008, Contamination of groundwater and risk assessment for arsenic exposure in Ha Nam province Vietnam. : *Environment International* p. 466–472.
- Omo-Irabor, O. O., Olobaniyi, S.B., Oduyemi, K., Akunna, J., 2008, Surface and groundwater water quality assessment using multivariate analytical methods: A case study of the Western Niger Delta, Nigeria.: *Physics and Chemistry of the Earth* v. 33, p. 666–673.
- Pearl, R. M., 1966, A Division of Harper & Row, New York, 262 p.:
- Rubina Sahin, K., 2014, Hydrochemistry and Groundwater Quality Assessment of Dantewada District, Chhattisgarh, India: *Journal of Environment and Earth Science*, v. 4, no. 16.
- Ruiz, F., Gomis, V., Blasco, P., 1990, Application of factor analysis to the hydrogeochemical study of a coastal aquifer.: *Journal of Hydrology* v. 119, p. 169–177.
- Subbarao C, S. N., Chandu SN, 1996, Characterization of groundwater contamination using factor analysis: *Environmental Geology*, v. 28, p. 175-180.
- Wonga, H. K. T., Gauthier, Nriaguc, J.O., 1999, Dispersion and toxicity of metals from abandoned goldmine tailings at Goldenville, Nova Scotia, Canada. : *The Science of the Total Environment* v. 228, p. 35-47.
- กรมทรัพยากรธรณี., 2544, การเกิดแร่ทองคำ., กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพมหานคร.
-, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย., กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพมหานคร.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554, โครงการศึกษาการปนเปื้อนและการวางเครือข่ายเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอทับคล้ออำเภอวังทรายพูนจังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่งจังหวัดเพชรบูรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน., 2550, แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินประเทศไทย.: กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร.

กองน้ำบาดาล., 2552, ฐานข้อมูลพสุธารา[ข้อมูลดิจิทัล]: กองน้ำบาดาลกรมทรัพยากรธรณี.

ชาญกุล, จ., 2551, โลหะหนักและศักยภาพในการทำให้เกิดน้ำทิ้งสภาวะกรดจากของทิ้งจากเหมืองบริเวณพื้นที่เหมืองทองคำอัครา จังหวัดพิจิตร [ดุชฎีบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

ชูประภาวรรณ., จ., 2537, ปัญหาพิษสารหนูที่อำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช, สถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย.

ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, ส., 2540, เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์., กรุงเทพ, เลียงเชียง.

โยเหลา, ด., 2541, วิชา วป 712 สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางพฤติกรรมศาสตร์ IV .(เอกสารประกอบคำสอน). สถาบันพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

รอดมณี, ส. ป. และ., 2527, เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วานิชย์บัญชา, ก., 2546, การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล, สำนักงานพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก ก
ข้อมูลหลุมเจาะในพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข้อมูลหลุมเจาะในพื้นที่

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
667348	1812466		61.8404	0 1 6 19 20	1 6 19 20 25	sol alv cla olt osp	top soil alluvium clay (for regional) laterite saprolite
668780	1812300		66.1986	0 5 10 12 15	5 10 12 15 16	sol alv cla olt osp	top soil alluvium clay (for regional) laterite saprolite
670550	1812500		68.2651	0 3 8	3 8 9	fdu osp trh	ferricrete saprolite rhyolite tuff
672228	1812536		79.0445	0 4 6 9	4 6 9 11	olt cla osp and	laterite clay (for regional) saprolite andesite
673671	1812500		88.7376	0 5 10 20	5 10 20 30	olt cla osp trh	laterite clay (for regional) saprolite rhyolitic tuff
674600	1812608		74.0864	0 1 2 9	1 2 9 12	sol olt osp and	top soil laterite saprolite andesite

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
675844	1812417		78.6588	0 3 11	3 11 12	olt osp dio	laterite saprolite diorite
677485	1812500		81.2894	0 1 10	1 10 12	sol osp dio	top soil saprolite diorite
677906	1812412		85.687	0 1 3 4 7	1 3 4 7 8	sol fdu usp cla and	top soil ferricrete serpentinite clay (for regional) andesite
678795	1812500		86.2769	0 1 2 3 7	1 2 3 7 8	sol olt cla osp dio	top soil laterite clay (for regional) saprolite diorite
680661	1812425		93.1873	0 1 7	1 7 8	col cla rhy	colluvium clay (for regional) rhyolite
681694	1812521		114.455	0 4 8 9	4 8 9 10	fdu usp osp rhy	ferricrete serpentinite saprolite rhyolite
682461	1812487		116.581	0 3 13	3 13 18	olt osp tan	laterite saprolite andesitic tuff
683601	1812369		106.518	0 1 2 6	1 2 6 7	fdu usp lsp tan	ferricrete serpentinite lower saprolite andesitic tuff

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
684839	1812696		109.424	0 2 6 7	2 6 7 9	olt osp tsm tan	laterite saprolite tuffaceous siltstone andesitic tuff
685454	1812691		132.531	0 1 3 17 19	1 3 17 19 20	sol olt osp gdu tlp	top soil laterite saprolite undifferentiated dyke (weathered only) lapilli tuff (accretionary)
686522	1812384		121.326	0 1 2 6	1 2 6 7	sol olt osp tlp	top soil laterite saprolite lapilli tuff (accretionary)
671171	1807229		70.5775	0 3 14 18 26	3 14 17 25 27	sol alv olt osp flb	top soil alluvium laterite saprolite lithic-rich fiamme breccia
671738	1807128		71.2837	0 3 14 15 23	3 14 15 23 25	sol alv olt osp flb	top soil alluvium laterite saprolite lithic-rich fiamme breccia
675979	1807107		79.1507	0 3 11 18	3 11 18 19	sol alv osp flb	top soil alluvium saprolite lithic-rich fiamme breccia

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
680564	1806290		90.3797	0 1 6 7 8 11	1 6 7 8 11 12	sol alv usp lsp tlp tan	top soil alluvium serpentinite lower saprolite lapilli tuff (accretionary) andesitic tuff
681791	1806211		93.1297	0 1 2 5 8 12	1 2 5 8 12 13	sol fdu cla osp tlp vcb	top soil ferricrete clay (for regional) saprolite lapilli tuff (accretionary) massive carbonate vein
676020	1806907		78.9892	0 6 10 15	6 10 15 18	cla alv osp tlp	clay (for regional) alluvium saprolite lapilli tuff
662652	1802537		56.0693	0 3 15 18 24 27 34 35	3 15 18 24 27 34 35 36	sol cla dur cla alv cla alv cla	top soil clay (for regional) duricrust clay (for regional) alluvium clay (for regional) alluvium clay (for regional) alluvium clay (for regional)

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
663908	1802314		59.8516	0 3 6 13 19	3 6 13 19 20	sol cla alv cla alv	top soil clay (for regional) alluvium clay (for regional) alluvium
664655	1802311		59.4179	0 3 5 18 27 34	3 5 18 27 34 36	sol dur cla usp lsp hnf	top soil duricrust clay (for regional) serpentinite lower saprolite hornfels
669728	1802436		68.8151	0 3 12 18 21	3 12 18 21 27	sol alv osp tsm tan	top soil alluvium saprolite tuffaceous siltstone andesitic tuff
670885	1802300		67.871	0 9 11 12 22	9 11 12 22 24	sol alv cla osp ssn	top soil alluvium clay (for regional) saprolite sandstone
674690	1802511		76.8063	0 1 2 8	1 2 8 9	sol fdu cla apb	top soil ferricrete clay (for regional) polymictic andesitic breccia

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
677476	1802601		90.6583	0 3 5 22 27 29	3 5 22 27 29 30	fdu cla usp lsp tan flb	ferricrete clay (for regional) serpentinite lower saprolite andesitic tuff lithic-rich fiamme breccia
678397	1802297		87.5726	0 1 3 5 8 12 14	1 3 5 8 12 14 15	sol fdu cla usp lsp tlp flb	top soil ferricrete clay (for regional) serpentinite lower saprolite lapilli tuff (accretionary) lithic-rich fiamme breccia
679290	1802752		86.5822	0 1 5 7 11	1 5 7 11 13	sol fdu cla osp tan	top soil ferricrete clay (for regional) saprolite andesitic tuff
680660	1802828		93.3785	0 2 5 10 13 14	2 5 10 13 14 18	sol fdu alv osp lsp dio	top soil ferricrete alluvium saprolite lower saprolite diorite
681688	1802524		91.1253	0 3 7 12 14	3 7 12 14 15	sol alv osp lsp tan	top soil alluvium saprolite lower saprolite andesitic tuff

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
682928	1802581		93.9752	0 2 3 6 10 12	2 3 6 9 12 14	sol fdu cla osp tan vqc	top soil ferricrete clay (for regional) saprolite andesitic tuff massive quartz- carbonate vein
684851	1802485		104.252	0 1 2 3 7 8	1 2 3 7 8 11	sol fdu vqz osp lsp dio	top soil ferricrete massive quartz vein saprolite lower saprolite diorite
685794	1802479		102.009	0 2 3 4 6 8 11	2 3 4 6 8 11 12	sol fdu cla usp lsp tan and	top soil ferricrete clay (for regional) serpentinite lower saprolite andesitic tuff andesite
681791	1806211		93.1297	0 1 2 5 8 12	1 2 5 8 12 13	sol fdu cla osp tlp vcb	top soil ferricrete clay (for regional) saprolite lapilli tuff (accretionary) massive carbonate vein

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
667100	1812610		62.1243	0 1 4 6 10 18 20 23	1 4 6 10 18 20 23 29	sol alv cla alv cla olt osp and	top soil alluvium clay (for regional) alluvium clay (for regional) laterite saprolite andesite
666809	1811274		63.9261	0 4 6 9 18 21 27 27	4 6 9 18 21 27 28	sol cla alv cla olt osp tsc	top soil clay (for regional) alluvium clay (for regional) laterite saprolite tuffaceous sandstone
667081	1810989		64.8881	0 5 9 12 14 17 18 29	5 9 12 14 17 18 29 30	sol alv cla alv cla olt osp tsc	top soil alluvium clay (for regional) alluvium clay (for regional) laterite saprolite tuffaceous sandstone
675987	1814100		77.0698	0 2 9	2 9 10	olt osp dio	laterite saprolite diorite

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
675971	1813231		87.0402	0 2 6 11 17 18	2 6 11 17 18 19	fdu cla usp osp lsp dio	ferricrete clay (for regional) serpentinite saprolite lower saprolite diorite
675844	1812417		78.6588	0 3 11	3 11 12	olt osp dio	laterite saprolite diorite
675870	1811078		76.6211	0 3 5 7 13	3 5 7 13 16	sol olt cla osp fqb	top soil laterite clay (for regional) saprolite quartz-rich fiamme breccia
676038	1809827		77.1613	0 3 5 6 8 16	3 5 6 8 16 17	sol alv olt cla osp dio	top soil alluvium laterite clay (for regional) saprolite diorite

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
675993	1808616		78.1103	0 4 6 9 10 13 14 17	4 6 9 10 13 14 17 18	sol cla alv cla alv cla osp dio	top soil clay (for regional) alluvium clay (for regional) alluvium clay (for regional) saprolite diorite
676000	1807655		79.1819	0 3 9 18	3 9 18 21	sol alv osp flb	top soil alluvium saprolite lithic-rich fiamme breccia
676020	1806907		78.9892	0 6 10 15	6 10 15 18	cla alv osp tlp	clay (for regional) alluvium saprolite lapilli tuff (accretionary)
675995	1805938		79.1578	0 2 4	2 4 11	sol cla alv	top soil clay (for regional) alluvium
675951	1805134		81.7171	0 1 3 12 13	1 3 12 13 14	osu fdu usp cla flb	residual soil with fragments ferricrete serpentinite clay (for regional) lithic-rich fiamme breccia

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
676021	1803997		102.438	0 2 6 7 16 17 23	2 6 7 16 17 23 24	sol fdu cla usp lsp tlp flb	top soil ferricrete clay (for regional) serpentinite lower saprolite lapilli tuff (accretionary) lithic-rich fiamme breccia
676020	1803186		98.5338	0 4 7	4 7 12	fdu usp cla	ferricrete serpentinite clay (for regional)
675986	1800435		81.6254	0 1 4 7 10	1 4 7 10 11	sol fdu usp cla ssn	top soil ferricrete serpentinite clay (for regional) sandstone
676000	1799200		73.8353	0 3 6 11	3 6 11 12	sol alv osp dio	top soil alluvium saprolite diorite
676050	1798550		73.5343	0 4 6 10	4 6 10 11	sol alv osp dio	top soil alluvium saprolite diorite

พิกัด ออก- ตก	พิกัด เหนือ-ใต้		ระดับ ความสูง (เมตร)	ชั้นบน (เมตร)	ชั้นล่าง (เมตร)	สัญลักษณ์	ชื่อหิน
676000	1797700		72.8151	0 5 7	5 7 14	sol col osp	top soil colluvium saprolite
685454	1812691		132.531	0 1 3 17 19	1 3 17 19 20	sol olt osp gdu tlp	top soil laterite saprolite undifferentiate d dyke (weathered only) lapilli tuff (accretionary)
685537	1812022		111.553	0 1 4	1 4 6	sol osp tlp	top soil saprolite lapilli tuff (accretionary)
685624	1810175		120.934	0 3 14	3 14 15	sol usp tan	top soil serpentinite andesitic tuff
685794	1802479		102.009	0 2 3 4 6 8 11	2 3 4 6 8 11 12	sol fdu cla usp lsp tan and	top soil ferricret e clay (for regional) serpenti nite lower saprolite andesiti c tuff andesite

ภาคผนวก ข
ภาพย่อบาดาล



สถานีที่ 1 โรงเรียนบ้านวังโพรง



รูปที่ ภาคผนวก ข - 1 บ่อบาดาลสถานีที่ 1

สถานีที่ 2 โรงเรียนบ้านโคกวังสาร



รูปที่ ภาคผนวก ข - 2 บ่อบาดาลสถานีที่ 2

สถานีที่ 3 วัดป่าน้ำทรัพย์



รูปที่ ภาคผนวก ข - 3 บ่อบาดาลสถานีที่ 3

สถานีที่ 4 กลางทุ่งนา



รูปที่ ภาคผนวก ข - 4 บ่อบาดาลสถานีที่ 4

สถานีที่ 5 ปะปาบ้านลำประดา



รูปที่ ภาคผนวก ข - 5 บ่อบาดาลสถานีที่ 21

สถานีที่ 6 ปะปาหมู่บ้านวังศาล



รูปที่ ภาคผนวก ข - 6 บ่อบาดาลสถานีที่ 6

สถานีที่ 7 วัดผดุงราษฎร์



รูปที่ ภาคผนวก ข - 7 บ่อบาดาลสถานีที่ 7

สถานีที่ 8 วัดศรีเจริญ



รูปที่ ภาคผนวก ข - 8 บ่อบาดาลสถานีที่ 8

สถานีที่ 9 วัดป่าคาย



รูปที่ ภาคผนวก ข - 9 บ่อบาดาลสถานีที่ 9

สถานีที่ 10 บ้านร่องตะแบก



รูปที่ ภาคผนวก ข - 10 บ่อบาดาลสถานีที่ 10

สถานีที่ 11 บ้านทุ่งนางาม



รูปที่ ภาคผนวก ข - 11 บ่อบาดาลสถานีที่ 11

สถานีที่ 12 วัดวาไร่ราราม



รูปที่ ภาคผนวก ข - 12 บ่อบาดาลสถานีที่ 12

สถานีที่ 13 บ้านนายสมคิด จุลนวล



รูปที่ ภาคผนวก ข - 13 บ่อบาดาลสถานีที่ 13

สถานีที่ 14 ปะปาหมู่ 4 เขาเจ็ดลูก



รูปที่ ภาคผนวก ข - 14 บ่อบาดาลสถานีที่ 14

สถานีที่ 15 วัดนิยมาราษฎร์บำรุง



รูปที่ ภาคผนวก ข - 15 บ่อบาดาลสถานีที่ 15

สถานีที่ 16 วัดไผ่จำรุง



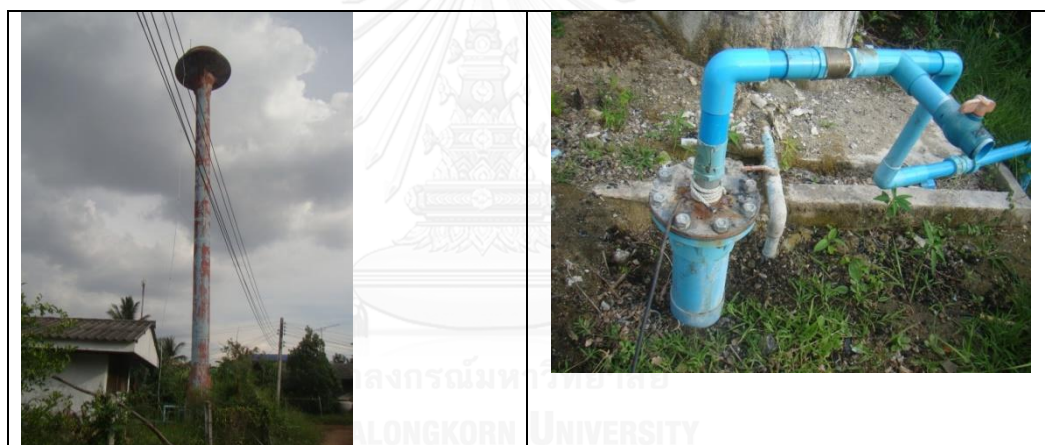
รูปที่ ภาคผนวก ข - 16 บ่อบาดาลสถานีที่ 16

สถานีที่ 17 วัดศรีสัทธาธรรม



รูปที่ ภาคผนวก ข - 17 บ่อบาดาลสถานีที่ 17

สถานีที่ 18 บ้านยางสามต้น



รูปที่ ภาคผนวก ข - 18 บ่อบาดาลสถานีที่ 18

สถานีที่ 19 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านบุงมะกรูด



รูปที่ ภาคผนวก ข - 19 บ่อบาดาลสถานีที่ 19

สถานีที่ 20 คุ่ม 1 รุ่งอรุณ



รูปที่ ภาคผนวก ข -20 บ่อบาดาลสถานีที่ 20

สถานีที่ 21 กลางทุ่งนา



รูปที่ ภาคผนวก ข -21 บ่อบาดาลสถานีที่ 21

สถานีที่ 22 อนามัยเขาเจ็ดลูก



รูปที่ ภาคผนวก ข - 22 บ่อบาดาลสถานีที่ 22

สถานีที่ 23 โรงเรียนบ้านยางสามต้น



รูปที่ ภาคผนวก ข - 23 บ่อบาดาลสถานีที่ 23

สถานีที่ 24 ปะปาหมู่ 3 บ้านลำปะดา



รูปที่ ภาคผนวก ข - 24 บ่อบาดาลสถานีที่ 24

สถานีที่ 25 กลางทุ่งนา



รูปที่ ภาคผนวก ข - 25 บ่อบาดาลสถานีที่ 25

สถานีที่ 26 วัดจิปาถะวราราม



รูปที่ ภาคผนวก ข - 26 บ่อบาดาลสถานีที่ 26

สถานีที่ 27 สี่แยกเขาน้อย ประปาหมู่บ้านวังทรายพูน



รูปที่ ภาคผนวก ข - 27 บ่อบาดาลสถานีที่ 27

สถานีที่ 28 สถานีเพาะพันธุ์กล้าไม้



รูปที่ ภาคผนวก ข - 28 บ่อบาดาลสถานีที่ 28

สถานีที่ 29 ประปา อบต.วังทรายพูน



รูปที่ ภาคผนวก ข - 29 บ่อบาดาลสถานีที่ 29

สถานีที่ 30 วัดไทรย้อย



รูปที่ ภาคผนวก ข - 30 บ่อบาดาลสถานีที่ 30

สถานีที่ 31 ปะปาหมู่บ้านเขาดิน



รูปที่ ภาคผนวก ข - 31 บ่อบาดาลสถานีที่ 31

สถานีที่ 32 ปะปาหมู่บ้าน



รูปที่ ภาคผนวก ข - -2 บ่อบาดาลสถานีที่ 32

สถานีที่ 33 บ้านคลองตาลัด



รูปที่ ภาคผนวก ข - 33 บ่อบาดาลสถานีที่ 33

สถานีที่ 34 วัดทุ่งยาว



รูปที่ ภาคผนวก ข - 34 บ่อบาดาลสถานีที่ 34

สถานีที่ 35 วัดอรัญญาจิตรสว่าง



รูปที่ ภาคผนวก ข -35 บ่อบาดาลสถานีที่ 35

สถานีที่ 36 วัดสว่างสันตีสวรรณ



รูปที่ ภาคผนวก ข - 36 บ่อบาดาลสถานีที่ 36

สถานีที่ 37 โรงเรียนบ้านวังกระดาศเงิน



รูปที่ ภาคผนวก ข - 37 บ่อบาดาลสถานีที่ 37

สถานีที่ 38 บ้านเขาหม้อ



รูปที่ ภาคผนวก ข - 38 บ่อบาดาลสถานีที่ 38

สถานีที่ 39 บ้านวังพลับ



รูปที่ ภาคผนวก ข - 39 บ่อบาดาลสถานีที่ 39

สถานีที่ 40 โรงเรียนเขาหม้อ



รูปที่ ภาคผนวก ข - 40 บ่อบาดาลสถานีที่ 40

สถานีที่ 41 ประปา อบต.ท้ายดง



รูปที่ ภาคผนวก ข - 41 บ่อบาดาลสถานีที่ 41

สถานีที่ 43 2ประปา อบต.วังโพรง



รูปที่ ภาคผนวก ข - 42 บ่อบาดาลสถานีที่ 42

สถานีที่ 43 โรงเรียนบ้านดงคันแหว



รูปที่ ภาคผนวก ข - 43 บ่อบาดาลสถานีที่ 43

สถานีที่ 44 บ้านบึงมะกรูด



รูปที่ ภาคผนวก ข - 44 บ่อบาดาลสถานีที่ 44

สถานีที่ 45 โรงเรียนบ้านดงคันทวาร



รูปที่ ภาคผนวก ข - 45 บ่อบาดาลสถานีที่ 45

สถานีที่ 46 วัดศรีกุ่มารทอง



รูปที่ ภาคผนวก ข - 46 บ่อบาดาลสถานีที่ 46

สถานีที่ 47 ปะปาหมู่บ้าน เขาเขียว



รูปที่ ภาคผนวก ข -47 บ่อบาดาลสถานีที่ 47



ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 พารามิเตอร์ทั่วไป

GW-NO	X	Y	Z	อุณหภูมิ		ความเป็นกรด-เบส		Reduction - Oxidation Potential		ค่าการนำไฟฟ้า		ปริมาณของแข็งละลายน้ำ		ค่าความเค็ม Salt	คาร์บอเนต CO ₃ ²⁻	คาร์บอเนต HCO ₃ ⁻
				T	pH	ORP	EC	TDS								
1	679216	1815398	67	37.500	7.480	177.300	8.130	546.000	4.080	0.000	303.000					
2	674666	1817458	59	30.000	7.190	113.700	487.000	326.000	244.000	0.000	235.000					
3	675901	1813194	70	33.600	7.010	140.400	503.000	336.000	251.000	0.000	215.000					
4	668187	1797786	48	29.700	6.710	118.700	1117.000	747.000	558.000	0.000	459.000					
5	675364	1796163	60	29.500	7.150	124.300	628.000	420.000	314.000	0.000	267.000					
6	685906	1802290	85	30.900	7.200	-100.800	930.000	623.000	465.000	0.000	403.000					
7	681777	1803413	86	31.000	6.760	84.500	1581.000	1059.000	790.000	0.000	456.000					
8	683938	1803989	87	29.100	7.010	-174.900	775.000	518.000	387.000	0.000	200.000					
9	673800	1816170	56	28.700	7.810	38.800	538.000	360.000	269.000	0.000	255.000					
10	682127	1803150	88	29.800	7.090	28.000	1123.000	750.000	562.000	0.000	404.000					
11	679580	1800189	75	31.600	7.910	78.000	834.000	558.000	417.000	0.000	352.000					
12	679977	1800294	73	30.200	7.260	-101.700	1090.000	729.000	544.000	0.000	476.000					
13	678393	1805734	78	31.200	7.230	93.300	468.000	216.000	235.000	0.000	184.000					
14	672819	1797504	69	37.900	7.400	125.700	997.000	667.000	498.000	0.000	364.000					
15	671963	1799053	49	33.700	7.020	1.200	617.000	413.000	308.000	0.000	274.000					
16	669061	1803521	53	30.200	7.230	172.700	286.000	192.000	143.000	0.000	124.000					
17	668841	1804870	62	30.200	7.580	146.600	1271.000	852.000	636.000	0.000	140.000					
18	667715	1806228	61	29.300	7.390	163.700	1321.000	885.000	660.000	0.000	656.000					
19	666139	1815675	46	30.000	8.120	0.600	739.000	495.000	369.000	22.000	255.000					
20	667682	1815659	55	36.300	8.850	29.000	529.000	355.000	264.000	15.000	240.000					
21	668182	1797762	41	30.200	6.730	48.900	752.000	504.000	376.000	0.000	325.000					
22	671470	1799131	55	38.000	7.300	65.600	718.000	481.000	359.000	0.000	286.000					

GW-NO	X	Y	Z	อุณหภูมิ	ความเป็นกรด-ด่าง	Reduction - Oxidation	ค่าการนำไฟฟ้า	ปริมาณของแข็ง	ค่าความเค็ม	คาร์บอนเนต	ไนโตรคาร์บอนเนต
23	667095	1807299	55	30.600	7.400	55.200	116.000	781.000	583.000	0.000	570.000
24	677014	1796959	73	29.900	6.760	-38.300	436.000	295.000	218.000	0.000	257.000
25	676971	1797543	87	29.500	6.700	47.000	375.000	251.000	187.000	0.000	149.000
26	676090	1798763	78	35.700	6.780	92.700	2700.000	1800.000	1350.000	0.000	275.000
27	670242	1813416	50	30.000	6.450	-20.500	410.000	274.000	204.000	0.000	190.000
28	674182	1802308	84	29.600	7.480	-59.600	407.000	272.000	203.000	0.000	190.000
29	670571	1815079	51	29.000	7.050	-37.200	484.000	324.000	242.000	0.000	220.000
30	672068	1815753	56	36.500	7.150	123.000	780.000	522.000	390.000	0.000	354.000
31	673213	1802321	99	29.700	7.390	-100.900	433.000	289.000	216.000	0.000	227.000
32	671640	1811482	49	31.200	7.870	114.600	1075.000	720.000	537.000	0.000	388.000
33	674688	1808852	69	35.300	7.440	91.800	7.350	492.000	368.000	0.000	300.000
34	674468	1807172	71	29.600	6.940	-16.600	972.000	649.000	484.000	0.000	424.000
35	685984	1809078	106	27.700	7.100	119.800	477.000	320.000	239.000	0.000	156.000
36	679005	1808460	78	29.500	6.910	1.200	1621.000	1089.000	813.000	0.000	490.000
37	685204	1805119	85	30.700	7.340	85.500	729.000	488.000	364.000	0.000	273.000
38	676132	1806312	70	29.700	7.090	62.700	730.000	489.000	365.000	0.000	230.000
39	679611	1808991	70	32.600	6.840	-176.400	2150.000	1440.000	1080.000	0.000	257.000
40	665682	1803469	53	29.500	6.000	93.500	175.300	117.500	87.700	0.000	83.000
41	686128	1807416	95	29.000	7.030	-101.100	766.000	513.000	383.000	0.000	265.000
42	677457	1816107	72	29.200	6.580	-47.900	277.000	184.000	139.000	0.000	165.000
43	672074	1806623	75	30.600	6.440	-1.700	297.000	199.000	149.000	0.000	131.000
44	667202	1815564	58	29.500	8.070	98.500	602.000	404.000	301.000	15.000	263.000
45	675665	1804261	71	32.500	6.730	-146.800	603.000	404.000	301.000	0.000	180.000
46	680626	1807966	83	29.100	6.980	-37.700	632.000	423.000	316.000	0.000	251.000
47	681665	1815676	89	28.700	6.670	-69.300	503.000	338.000	252.000	0.000	160.000
Mean				31.138	7.162	32.023	746.166	534.245	392.017	1.106	283.426

GW- NO	X	Y	Z	จุดหนี	ความ เป็นกรด-	Reduction - Oxidation	ค่าการนำ ไฟฟ้า	ปริมาณ ของแข็ง	ค่าความเค็ม	คาร์บอนเนต	ไม่ คาร์บอนเนต
Min				27.700	6.000	-176.400	7.350	117.500	4.080	0.000	83.000
Max				38.000	8.850	177.300	2700.000	1800.000	1350.000	22.000	656.000
SD				2.670	0.498	93.883	513.051	323.546	247.875	4.365	121.735
CV				11.663	14.390	0.341	1.454	1.651	1.582	0.253	2.328



ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 พารามิเตอร์อนุลบวก

GW- NO	X	Y	Z	โซเดียม	แคลเซียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
				Na	Ca	K	Mg
1	679216	1815398	67	192.900	32.330	1.995	31.623
2	674666	1817458	59	69.350	29.330	1.771	10.561
3	675901	1813194	70	316.900	2.510	0.509	56.599
4	668187	1797786	48	311.200	26.920	0.484	23.767
5	675364	1796163	60	85.050	6.691	0.608	14.078
6	685906	1802290	85	128.400	11.270	1.382	10.781
7	681777	1803413	86	27.200	16.300	1.142	38.454
8	683938	1803989	87	53.890	28.420	0.464	24.588
9	673800	1816170	56	20.830	46.886	0.763	10.605
10	682127	1803150	88	56.350	33.090	0.897	24.104
11	679580	1800189	75	20.420	33.560	0.578	23.914
12	679977	1800294	73	38.040	16.020	0.789	36.167
13	678393	1805734	78	34.370	21.420	0.807	18.608
14	672819	1797504	69	5.737	20.240	0.564	32.708
15	671963	1799053	49	24.260	24.240	0.764	12.964
16	669061	1803521	53	32.140	7.938	0.688	7.658
17	668841	1804870	62	19.900	1.913	1.043	21.979
18	667715	1806228	61	4.073	22.820	0.620	24.045
19	666139	1815675	46	3.799	34.800	1.406	18.871
20	667682	1815659	55	10.310	8.537	1.714	15.661
21	668182	1797762	41	280.100	23.050	0.414	6.032
22	671470	1799131	55	3.261	1.970	0.670	6.457
23	667095	1807299	55	24.000	13.760	0.893	12.671
24	677014	1796959	73	11.170	25.290	1.646	11.147
25	676971	1797543	87	51.320	21.310	1.220	17.508
26	676090	1798763	78	48.000	29.030	0.397	68.897
27	670242	1813416	50	39.220	20.580	0.580	25.042
28	674182	1802308	84	11.430	8.500	1.405	6.911
29	670571	1815079	51	5.820	9.893	0.476	9.842
30	672068	1815753	56	43.720	55.700	1.189	7.512

GW- NO	X	Y	Z	โซเดียม	แคลเซียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
				Na	Ca	K	Mg
31	673213	1802321	99	20.620	53.410	0.972	12.510
32	671640	1811482	49	74.220	38.330	1.377	52.085
33	674688	1808852	69	19.370	23.940	0.776	14.313
34	674468	1807172	71	1.070	4.821	0.461	33.177
35	685984	1809078	106	58.410	96.520	1.834	16.336
36	679005	1808460	78	24.690	18.500	1.194	96.922
37	685204	1805119	85	10.120	19.770	1.070	23.488
38	676132	1806312	70	3.090	18.140	0.588	25.335
39	679611	1808991	70	5.337	18.000	1.031	76.416
40	665682	1803469	53	61.640	4.891	1.044	11.689
41	686128	1807416	95	32.320	8.437	1.296	20.689
42	677457	1816107	72	14.160	15.010	0.398	17.699
43	672074	1806623	75	54.660	13.930	0.380	3.994
44	667202	1815564	58	4.397	28.850	0.868	38.351
45	675665	1804261	71	18.880	16.700	1.870	12.100
46	680626	1807966	83	13.640	6.913	0.603	19.399
47	681665	1815676	89	17.880	16.360	0.887	26.127
Mean				51.227	22.060	0.947	24.051
Min				1.070	1.913	0.380	3.994
MaX				316.900	96.520	1.995	96.922
SD				75.075	16.766	0.447	19.027
CV				0.682	1.316	2.121	1.264

ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 พารามิเตอร์อนมูลล

GW- NO	X	Y	Z	ไนเตรต	ซัลเฟต	ฟอสเฟต	คลอไรด์
				(NO ₃ -)	(SO ₄ ²⁻)	(PO ₄ ²⁻)	Cl
1	679216	1815398	67	2.177	33.569	0.013	66.979
2	674666	1817458	59	0.990	7.251	0.177	73.977
3	675901	1813194	70	2.336	55.843	0.204	79.475
4	668187	1797786	48	2.173	44.272	0.016	62.980
5	675364	1796163	60	1.498	23.348	0.005	69.978
6	685906	1802290	85	1.087	13.788	0.027	66.479
7	681777	1803413	86	1.742	50.518	0.027	66.479
8	683938	1803989	87	3.995	15.660	0.148	46.486
9	673800	1816170	56	1.791	11.801	0.091	71.478
10	682127	1803150	88	8.832	40.889	0.014	64.980
11	679580	1800189	75	1.689	27.223	0.010	29.491
12	679977	1800294	73	0.284	41.449	0.013	727.774
13	678393	1805734	78	0.263	42.047	0.019	93.971
14	672819	1797504	69	0.114	19.581	0.015	52.984
15	671963	1799053	49	0.226	21.714	0.162	38.488
16	669061	1803521	53	0.502	15.668	0.054	246.424
17	668841	1804870	62	1.251	16.550	0.166	23.993
18	667715	1806228	61	1.161	20.118	0.107	153.952
19	666139	1815675	46	0.318	25.880	0.088	38.988
20	667682	1815659	55	0.204	18.829	0.026	99.469
21	668182	1797762	41	0.419	25.566	0.022	246.424
22	671470	1799131	55	2.742	4.120	0.018	70.978
23	667095	1807299	55	0.682	5.785	0.010	24.492
24	677014	1796959	73	2.319	47.618	0.113	246.424
25	676971	1797543	87	1.148	22.842	0.047	271.416
26	676090	1798763	78	2.441	77.666	0.025	62.481
27	670242	1813416	50	2.415	29.180	0.221	76.476
28	674182	1802308	84	0.732	3.767	0.241	105.967
29	670571	1815079	51	0.898	11.456	0.071	281.413
30	672068	1815753	56	1.763	16.052	0.014	421.369

GW- NO	X	Y	Z	ไนเตรด	ซัลเฟต	ฟอสเฟต	คลอไรด์
				(NO ₃ -)	(SO ₄ ²⁻)	(PO ₄ ²⁻)	Cl
31	673213	1802321	99	1.045	15.737	0.118	58.982
32	671640	1811482	49	1.267	63.708	0.051	59.981
33	674688	1808852	69	2.588	15.959	0.011	326.399
34	674468	1807172	71	1.674	14.571	0.046	21.493
35	685984	1809078	106	1.358	20.709	0.014	281.413
36	679005	1808460	78	1.687	77.224	0.006	183.943
37	685204	1805119	85	1.247	30.822	0.101	80.475
38	676132	1806312	70	0.356	36.738	0.011	71.478
39	679611	1808991	70	3.335	77.577	0.014	63.980
40	665682	1803469	53	2.893	24.377	0.197	51.484
41	686128	1807416	95	0.641	46.666	0.034	73.477
42	677457	1816107	72	0.449	20.563	0.244	386.380
43	672074	1806623	75	1.905	8.141	0.026	578.821
44	667202	1815564	58	1.596	15.553	0.013	396.377
45	675665	1804261	71	1.637	13.688	0.059	623.307
46	680626	1807966	83	2.227	42.607	0.034	378.383
47	681665	1815676	89	4.038	48.531	0.148	246.424
Mean				1.662	29.005	0.070	167.342
Min				0.114	3.767	0.005	21.493
MaX				8.832	77.666	0.244	727.774
SD				1.444	19.346	0.072	170.200
CV				1.151	1.499	0.975	0.983

ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 พารามิเตอร์โลหะหนัก

GW-NO	X	Y	Z	อะลูมิเนียม		แมงกานีส		โครเมียม		เหล็ก		โคบอลต์		นิกเกิล		ทองแดง		สังกะสี		สารหนู		แคดเมียม		ตะกั่ว		ไซยาไนด์
				Al	Mn	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	CN											
1	679216	1815398	67	0.0206	0.2500	ND	0.0934	0.0002	0.0008	0.0026	0.0318	0.0022	ND	0.0004	0.0270											
2	674666	1817458	59	0.0088	0.5000	ND	4.9650	0.0005	0.0024	0.0143	0.2576	0.0013	ND	0.0034	ND											
3	675901	1813194	70	0.0092	0.4900	ND	9.6420	0.0002	0.0005	0.0001	0.0362	0.0015	ND	0.0004	ND											
4	668187	1797786	48	0.0502	0.3580	ND	0.0656	0.0002	0.0016	0.0006	0.0158	0.0009	ND	ND	0.0200											
5	675364	1796163	60	0.0057	0.5330	ND	0.2260	0.0002	0.0009	0.0018	0.0341	0.0009	ND	ND	ND											
6	685906	1802290	85	0.0125	0.9490	ND	0.0709	0.0002	0.0017	0.0000	0.0278	0.0008	ND	0.0003	0.0600											
7	681777	1803413	86	0.0164	0.6990	ND	0.2020	0.0002	0.3655	0.0097	0.0267	0.0004	ND	0.0003	ND											
8	683938	1803989	87	0.0157	4.0600	ND	1.0880	0.0007	0.0008	0.0000	0.0185	0.0008	ND	0.0000	0.0580											
9	673800	1816170	56	0.0172	0.9450	ND	0.1247	0.0004	0.0008	0.0000	0.0235	0.0007	ND	0.0000	0.0280											
10	682127	1803150	88	0.0088	0.7090	ND	1.1070	0.0003	0.0008	0.0002	0.0272	0.0006	ND	0.0000	0.0250											
11	679580	1800189	75	0.0116	0.5490	ND	0.9105	0.0003	0.0011	ND	0.0217	0.0007	ND	0.0000	0.0250											
12	679977	1800294	73	0.0124	0.7500	ND	4.4950	0.0011	0.0004	0.0004	0.6708	0.0023	ND	0.0073	0.0260											
13	678393	1805734	78	0.0232	0.7880	ND	0.4750	0.0004	0.0005	0.0130	0.3745	0.0021	ND	0.0024	ND											
14	672819	1797504	69	0.0146	0.3420	ND	0.2244	0.0006	0.0009	0.0027	0.0404	0.0013	ND	0.0004	ND											
15	671963	1799053	49	0.0179	0.5020	ND	0.1230	0.0002	0.0109	0.0012	0.1200	0.0004	ND	0.0003	ND											
16	669061	1803521	53	0.0240	0.7130	ND	0.0774	0.0001	0.0004	0.0000	0.1048	0.0257	ND	ND59	0.0219											
17	668841	1804870	62	0.0210	0.7880	ND	0.0974	0.0002	0.0009	0.0101	0.0603	0.0079	ND	0.0032	0.0215											
18	667715	1806228	61	0.0129	0.7250	ND	0.0875	0.0002	0.0005	ND	0.0325	0.0008	ND	0.0002	0.0217											
19	666139	1815675	46	0.0163	0.7360	ND	0.0623	0.0003	0.0006	ND	0.0191	0.0006	ND	0.0000	ND											
20	667682	1815659	55	0.0192	0.4300	ND	0.1328	0.0001	0.0004	ND	0.1064	0.0051	ND	0.0007	ND											
21	668182	1797762	41	0.0126	0.3070	ND	0.0730	0.0002	0.0007	ND	0.0273	0.0006	ND	0.0001	0.0200											

GW-NO	X	Y	Z	ละอุมิเอนุม	แมงกานีส	โครเมียม	เหล็ก	โคบอลต์	นิกเกิล	ทองแดง	สังกะสี	สารหนู	แคดเมียม	ตะกั่ว	โซดาไนด์
22	671470	1799131	55	0.0105	0.4090	ND	0.1033	0.0002	0.0014	ND	0.0248	0.0017	ND	0.0002	ND
23	667095	1807299	55	0.0079	0.5620	ND	0.0698	0.0001	0.0006	ND	0.0217	0.0008	ND	0.0033	ND
24	677014	1796959	73	ND	0.5370	ND	0.0481	0.0002	0.0004	ND	0.0038	0.0010	ND	ND	0.0370
25	676971	1797543	87	ND	2.7750	ND	0.0485	0.0001	0.0004	ND	0.0000	0.0005	ND	ND	0.0360
26	676090	1798763	78	0.0170	0.7200	ND	0.0763	0.0003	0.0008	ND	0.0226	0.0003	ND	0.0004	0.0216
27	670242	1813416	50	0.0157	0.3650	ND	1.0720	0.0005	0.0016	0.0012	0.0566	0.0006	ND	ND	ND
28	674182	1802308	84	0.0074	0.7450	ND	0.3257	0.0001	0.0016	ND	0.0362	0.0005	ND	0.0003	0.0313
29	670571	1815079	51	0.0128	0.9000	ND	1.1420	0.0006	0.0008	ND	0.0304	0.0011	ND	0.0000	0.0270
30	672068	1815753	56	0.0104	0.7990	ND	23.8600	0.0013	0.0033	0.0124	0.5640	0.0014	ND	0.0186	ND
31	673213	1802321	99	0.0177	1.0400	ND	0.0935	0.0005	0.0007	ND	0.0277	0.0005	ND	0.0004	0.0215
32	671640	1811482	49	0.0135	0.4900	ND	0.3643	0.0004	0.0007	ND	0.0461	0.0006	ND	0.0000	ND
33	674688	1808852	69	ND	0.4920	ND	0.0531	0.0002	0.0002	ND	0.0000	0.0005	ND	0.0000	0.0290
34	674468	1807172	71	0.0082	0.5920	ND	0.8179	0.0003	0.0008	0.0002	0.0652	0.0004	ND	ND	0.0280
35	685984	1809078	106	0.0114	0.8930	ND	2.4690	0.0006	0.0010	0.0011	0.0401	0.0005	ND	0.0004	0.0273
36	679005	1808460	78	0.0068	1.0250	ND	0.6036	0.0002	0.0003	ND	0.0128	0.0004	ND	ND	ND
37	685204	1805119	85	0.0029	0.9810	ND	0.1156	0.0002	0.0004	ND	0.0214	0.0006	ND	ND	ND
38	676132	1806312	70	0.0062	0.4350	ND	0.0604	0.0002	0.0008	ND	0.0181	0.0004	ND	ND	0.0380
39	679611	1808991	70	0.0222	1.0830	ND	0.9924	0.0004	0.0009	ND	0.0198	0.0007	ND	ND	0.0270
40	665682	1803469	53	0.0705	0.6200	ND	2.7700	0.0007	0.0017	0.0013	0.3206	0.0005	ND	0.0046	0.0250
41	686128	1807416	95	0.0260	0.8640	ND	0.3819	0.0015	0.0008	ND	0.0411	0.0004	ND	ND	ND
42	677457	1816107	72	0.0128	0.9130	ND	0.0664	0.0002	0.0006	ND	0.0263	0.0004	ND	ND	ND
43	672074	1806623	75	ND	0.5170	ND	0.0484	0.0001	0.0002	ND	0.0000	0.0003	ND	ND	0.0250
44	667202	1815564	58	0.0187	0.7670	ND	0.2665	0.0004	0.0004	ND	0.0349	0.0007	ND	0.0002	0.0250
45	675665	1804261	71	0.0069	0.4200	ND	0.0750	0.0002	0.0005	ND	0.0415	0.0005	ND	0.0102	0.0216

GW-NO	X	Y	Z	อะลูมิเนียม	แมงกานีส	โครเมียม	เหล็ก	โคบอลต์	นิกเกิล	ทองแดง	สังกะสี	สารหนู	แคดเมียม	ตะกั่ว	โซเดียมไนเตรด
46	680626	1807966	83	0.0348	0.9170	ND	0.2435	0.0001	0.0007	0.0679	0.0888	0.0005	ND	0.0138	ND
47	681665	1815676	89	0.0133	0.4350	ND	2.9730	0.0016	0.0027	0.0140	0.0463	0.0009	ND	0.0014	ND
Mean				0.016	0.775	#DIV/0!	1.351	0.000	0.009	0.007	0.078	0.002	#DIV/0!	0.002	2.872
Min				0.003	0.250	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000000	0.000	0.060
Max				0.070	4.060	0.000	23.860	0.002	0.366	0.068	0.671	0.026	0.0000000	0.019	0.029
SD				0.012	0.618	#DIV/0!	3.767	0.000	0.053	0.014	0.138	0.004	#DIV/0!	0.004	0.020
CV				1.384	1.253	#DIV/0!	0.359	1.082	0.167	0.470	0.570	0.414	#DIV/0!	0.516	0.010



alongkornมหาวิทยาลัย
ALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 พารามิเตอร์ทั่วไป

GW-NO	X	Y	Z	อุณหภูมิ		ความเป็นกรด-เบส	Reduction - Oxidation Potential		ค่าการนำไฟฟ้า	ปริมาณของแข็งละลายน้ำ		ค่าความเค็ม	คาร์บอเนต CO ₃ ²⁻	ไนโตรคาร์บอเนต HCO ₃ ⁻
				T	pH		ORP	EC		TDS	Salt			
1	679216	1815398	67	30.300	6.906	231.000	13.860	9.710	10.870	0.000	42.000			
2	674666	1817458	59	28.500	6.906	124.000	711.000	492.717	398.000	0.000	186.000			
3	675901	1813194	70	31.200	7.370	154.000	885.000	601.851	584.000	0.000	254.000			
4	668187	1797786	48	30.000	6.734	113.000	1229.000	844.402	839.400	0.000	474.000			
5	675364	1796163	60	28.100	7.341	104.000	927.000	639.366	528.400	0.000	262.000			
6	685906	1802290	85	29.700	6.962	0.000	1314.000	882.111	657.800	0.000	378.000			
7	681777	1803413	86	29.800	7.026	165.000	1733.000	1186.581	998.670	0.000	422.000			
8	683938	1803989	87	29.900	7.455	151.000	994.000	675.854	565.900	0.000	116.000			
9	673800	1816170	56	31.400	7.457	162.000	880.000	597.456	383.980	0.000	216.000			
10	682127	1803150	88	31.200	6.688	100.000	1252.000	851.017	769.800	0.000	486.000			
11	679580	1800189	75	30.100	7.315	91.000	949.000	645.302	598.400	0.000	356.000			
12	679977	1800294	73	31.000	7.065	-59.000	1352.000	927.910	663.740	0.000	510.000			
13	678393	1805734	78	30.900	7.395	158.000	730.000	496.617	398.330	0.000	184.000			
14	672819	1797504	69	35.200	7.486	94.000	1073.000	748.489	631.900	0.000	364.000			
15	671963	1799053	49	28.200	7.265	133.000	904.000	603.750	521.400	0.000	232.000			
16	669061	1803521	53	30.900	6.627	177.000	424.000	287.865	239.560	0.000	140.000			
17	668841	1804870	62	29.300	7.347	145.000	1489.000	1010.923	798.500	0.000	100.000			
18	667715	1806228	61	29.000	7.229	130.000	1438.000	976.298	747.980	0.000	704.000			
19	666139	1815675	46	32.000	7.930	0.300	1093.000	742.068	484.220	0.000	176.000			
20	667682	1815659	55	31.900	7.891	69.000	945.000	651.586	578.000	0.000	300.000			
21	668182	1797762	41	29.500	6.881	91.000	1001.000	659.606	728.300	0.000	404.000			
22	671470	1799131	55	29.700	7.374	91.000	1470.000	998.023	998.530	0.000	306.000			

GW-NO	X	Y	Z	อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง	ความเข้มข้นของเหล็ก	Reduction - Oxidation	ค่าการนำไฟฟ้า	ปริมาณของแข็ง	ค่าความเค็ม	ค่าการนำ	ค่าการนำ
23	667095	1807299	55	29,000	7,040	155,000	302,000	215,036	294,800	0.000	500,000
24	677014	1796959	73	29,200	6,824	0.000	771,000	524,453	458,340	0.000	192,000
25	676971	1797543	87	28,600	6,628	178,000	502,000	341,822	300,740	0.000	152,000
26	676090	1798763	78	27,200	6,880	114,000	2830,000	1922,365	1639,220	0.000	304,000
27	670242	1813416	50	29,000	7,320	136,000	470,000	320,096	293,000	0.000	200,000
28	674182	1802308	84	29,800	7,308	-8,000	961,000	672,449	745,200	0.000	258,000
29	670571	1815079	51	29,000	7,075	-15,300	632,000	429,082	367,990	0.000	242,000
30	672068	1815753	56	29,400	7,056	121,000	911,000	618,503	478,440	0.000	222,000
31	673213	1802321	99	31,500	8,067	130,000	761,000	517,664	313,110	0.000	320,000
32	671640	1811482	49	30,500	7,774	93,000	1210,000	811,502	850,000	0.000	352,000
33	674688	1808852	69	28,900	7,386	82,000	960,000	611,770	434,100	0.000	336,000
34	674468	1807172	71	28,700	7,040	104,000	1216,000	875,576	698,000	0.000	444,000
35	685984	1809078	106	34,200	6,794	186,000	694,000	472,176	378,430	0.000	130,000
36	679005	1808460	78	29,900	6,967	149,000	1750,000	1188,123	1109,440	0.000	492,000
37	685204	1805119	85	31,600	7,059	126,000	1292,000	879,174	738,440	0.000	274,000
38	676132	1806312	70	30,000	6,904	107,000	1056,000	719,947	704,100	0.000	334,000
39	679611	1808991	70	29,000	6,430	-104,600	2349,000	1594,800	1532,980	0.000	175,000
40	665682	1803469	53	27,700	7,650	82,000	337,800	239,342	126,400	0.000	30,000
41	686128	1807416	95	29,100	6,889	0.000	1137,000	771,940	639,880	0.000	340,000
42	677457	1816107	72	28,500	6,251	189,000	419,000	285,471	242,440	0.000	154,000
43	672074	1806623	75	31,600	7,120	143,000	649,000	441,624	386,000	0.000	128,000
44	667202	1815564	58	30,300	7,154	69,000	947,000	652,944	485,330	0.000	248,000
45	675665	1804261	71	32,700	8,721	67,000	939,000	677,513	694,200	42,000	286,000
46	680626	1807966	83	30,000	7,006	135,000	932,000	633,760	534,880	0.000	244,000
47	681665	1815676	89	30,000	7,395	148,000	657,000	447,055	420,000	0.000	30,000
min											83,000
27,700											6,000
7,350											117,500
4,080											0.000

GW-NO	X	Y	Z	อุณหภูมิ	ความเข้ม กรด-เบส	Reduction - Oxidation	ค่าการนำ ไฟฟ้า	ปริมาณ ของแข็ง	ค่าความ เค็ม	คาร์บอน คาร์บอน	ไนโตรเจน คาร์บอน
	max			38.000	8.850	177.300	2700.000	1800.000	1350.000	22.000	656.000
	mean			31.138	7.162	32.023	746.166	534.245	392.017	1.106	283.426
	sd			2.670	0.498	93.883	513.051	323.546	247.875	4.365	121.735
	CV			11.663	14.390	0.341	1.454	1.651	1.582	0.253	2.328



ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 พารามิเตอร์อนุลบวก

GW-NO	X	Y	Z	โซเดียม	แคลเซียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
				Na	Ca	K	Mg
1	679216	1815398	67	192.900	32.330	1.995	31.623
2	674666	1817458	59	69.350	29.330	1.771	10.561
3	675901	1813194	70	316.900	2.510	0.509	56.599
4	668187	1797786	48	311.200	26.920	0.484	23.767
5	675364	1796163	60	85.050	6.691	0.608	14.078
6	685906	1802290	85	128.400	11.270	1.382	10.781
7	681777	1803413	86	27.200	16.300	1.142	38.454
8	683938	1803989	87	53.890	28.420	0.464	24.588
9	673800	1816170	56	20.830	46.886	0.763	10.605
10	682127	1803150	88	56.350	33.090	0.897	24.104
11	679580	1800189	75	20.420	33.560	0.578	23.914
12	679977	1800294	73	38.040	16.020	0.789	36.167
13	678393	1805734	78	34.370	21.420	0.807	18.608
14	672819	1797504	69	5.737	20.240	0.564	32.708
15	671963	1799053	49	24.260	24.240	0.764	12.964
16	669061	1803521	53	32.140	7.938	0.688	7.658
17	668841	1804870	62	19.900	1.913	1.043	21.979
18	667715	1806228	61	4.073	22.820	0.620	24.045
19	666139	1815675	46	3.799	34.800	1.406	18.871
20	667682	1815659	55	10.310	8.537	1.714	15.661
21	668182	1797762	41	280.100	23.050	0.414	6.032
22	671470	1799131	55	3.261	1.970	0.670	6.457
23	667095	1807299	55	24.000	13.760	0.893	12.671
24	677014	1796959	73	11.170	25.290	1.646	11.147
25	676971	1797543	87	51.320	21.310	1.220	17.508
26	676090	1798763	78	48.000	29.030	0.397	68.897
27	670242	1813416	50	39.220	20.580	0.580	25.042
28	674182	1802308	84	11.430	8.500	1.405	6.911
29	670571	1815079	51	5.820	9.893	0.476	9.842
30	672068	1815753	56	43.720	55.700	1.189	7.512
31	673213	1802321	99	20.620	53.410	0.972	12.510

GW-NO	X	Y	Z	โซเดียม	แคลเซียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
				Na	Ca	K	Mg
32	671640	1811482	49	74.220	38.330	1.377	52.085
33	674688	1808852	69	19.370	23.940	0.776	14.313
34	674468	1807172	71	1.070	4.821	0.461	33.177
35	685984	1809078	106	58.410	96.520	1.834	16.336
36	679005	1808460	78	24.690	18.500	1.194	96.922
37	685204	1805119	85	10.120	19.770	1.070	23.488
38	676132	1806312	70	3.090	18.140	0.588	25.335
39	679611	1808991	70	5.337	18.000	1.031	76.416
40	665682	1803469	53	61.640	4.891	1.044	11.689
41	686128	1807416	95	32.320	8.437	1.296	20.689
42	677457	1816107	72	14.160	15.010	0.398	17.699
43	672074	1806623	75	54.660	13.930	0.380	3.994
44	667202	1815564	58	4.397	28.850	0.868	38.351
45	675665	1804261	71	18.880	16.700	1.870	12.100
46	680626	1807966	83	13.640	6.913	0.603	19.399
47	681665	1815676	89	17.880	16.360	0.887	26.127
min				1.070	1.913	0.380	3.994
max				316.900	96.520	1.995	96.922
mean				51.227	22.060	0.947	24.051
sd				75.075	16.766	0.447	19.027
cv				0.682	1.316	2.121	1.264

ตารางที่ ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 พารามิเตอร์อนุมลล

GW- NO	X	Y	Z	ไนเตรต	ซัลเฟต	ฟอสเฟต	คลอไรด์
				(NO ₃ ⁻)	(SO ₄ ²⁻)	(PO ₄ ²⁻)	Cl
1	679216	1815398	67	2.177	33.569	0.013	66.979
2	674666	1817458	59	0.990	7.251	0.177	73.977
3	675901	1813194	70	2.336	55.843	0.204	79.475
4	668187	1797786	48	2.173	44.272	0.016	62.980
5	675364	1796163	60	1.498	23.348	0.005	69.978
6	685906	1802290	85	1.087	13.788	0.027	66.479
7	681777	1803413	86	1.742	50.518	0.027	66.479
8	683938	1803989	87	3.995	15.660	0.148	46.486
9	673800	1816170	56	1.791	11.801	0.091	71.478
10	682127	1803150	88	8.832	40.889	0.014	64.980
11	679580	1800189	75	1.689	27.223	0.010	29.491
12	679977	1800294	73	0.284	41.449	0.013	727.774
13	678393	1805734	78	0.263	42.047	0.019	93.971
14	672819	1797504	69	0.114	19.581	0.015	52.984
15	671963	1799053	49	0.226	21.714	0.162	38.488
16	669061	1803521	53	0.502	15.668	0.054	246.424
17	668841	1804870	62	1.251	16.550	0.166	23.993
18	667715	1806228	61	1.161	20.118	0.107	153.952
19	666139	1815675	46	0.318	25.880	0.088	38.988
20	667682	1815659	55	0.204	18.829	0.026	99.469
21	668182	1797762	41	0.419	25.566	0.022	246.424
22	671470	1799131	55	2.742	4.120	0.018	70.978
23	667095	1807299	55	0.682	5.785	0.010	24.492
24	677014	1796959	73	2.319	47.618	0.113	246.424
25	676971	1797543	87	1.148	22.842	0.047	271.416

GW-NO	X	Y	Z	ไนเตรต	ซัลเฟต	ฟอสเฟต	คลอไรด์
				(NO ₃ ⁻)	(SO ₄ ²⁻)	(PO ₄ ²⁻)	Cl
26	676090	1798763	78	2.441	77.666	0.025	62.481
27	670242	1813416	50	2.415	29.180	0.221	76.476
28	674182	1802308	84	0.732	3.767	0.241	105.967
29	670571	1815079	51	0.898	11.456	0.071	281.413
30	672068	1815753	56	1.763	16.052	0.014	421.369
31	673213	1802321	99	1.045	15.737	0.118	58.982
32	671640	1811482	49	1.267	63.708	0.051	59.981
33	674688	1808852	69	2.588	15.959	0.011	326.399
34	674468	1807172	71	1.674	14.571	0.046	21.493
35	685984	1809078	106	1.358	20.709	0.014	281.413
36	679005	1808460	78	1.687	77.224	0.006	183.943
37	685204	1805119	85	1.247	30.822	0.101	80.475
38	676132	1806312	70	0.356	36.738	0.011	71.478
39	679611	1808991	70	3.335	77.577	0.014	63.980
40	665682	1803469	53	2.893	24.377	0.197	51.484
41	686128	1807416	95	0.641	46.666	0.034	73.477
42	677457	1816107	72	0.449	20.563	0.244	386.380
43	672074	1806623	75	1.905	8.141	0.026	578.821
44	667202	1815564	58	1.596	15.553	0.013	396.377
45	675665	1804261	71	1.637	13.688	0.059	623.307
46	680626	1807966	83	2.227	42.607	0.034	378.383
47	681665	1815676	89	4.038	48.531	0.148	246.424
min				0.114	3.767	0.005	21.493
max				8.832	77.666	0.244	727.774
mean				1.662	29.005	0.070	167.342
sd				1.444	19.346	0.072	170.200

GW- NO	X	Y	Z	ไนเตรต	ซัลเฟต	ฟอสเฟต	คลอไรด์
				(NO ₃ ⁻)	(SO ₄ ²⁻)	(PO ₄ ²⁻)	Cl
cv				1.151	1.499	0.975	0.983



GW-NO	X	Y	Z	arsenium		manganese		chromium		nickel		cobalt		copper		zinc		lead		magnesium		cadmium		mercury		barium	
				Al	Mn	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Mg	As	Cd	Hg	CN										
1	679216	1815398	67	0.0820	0.5548	ND	0.2795	0.0039	0.0128	0.0489	0.2958	0.0011	ND	0.0132	0.0240												
2	674666	1817458	59	0.0226	1.2758	ND	0.1990	0.0037	0.0096	0.0398	0.2769	0.0013	ND	0.0056	ND												
3	675901	1813194	70	0.0604	0.7538	ND	0.7440	0.0035	0.0024	0.0144	0.1677	0.0013	ND	0.0130	ND												
4	668187	1797786	48	0.0020	0.1051	ND	0.0762	0.0089	0.0041	0.0020	0.0217	0.0028	ND	0.0000	0.0300												
5	675364	1796163	60	0.0455	0.2222	ND	0.9832	0.0120	0.0151	0.0268	0.1055	0.2325	ND	0.0000	0.0200												
6	685906	1802290	85	0.0519	1.2620	ND	0.3036	0.0380	0.0484	0.0251	0.1781	0.2637	ND	0.0007	0.0190												
7	681777	1803413	86	0.1229	1.2688	ND	1.4200	0.0433	0.0463	0.0123	0.0986	0.0073	ND	0.0006	0.0390												
8	683938	1803989	87	0.1019	4.6996	ND	4.9320	0.0101	0.0100	0.0018	0.6738	0.0039	ND	0.0159	0.0200												
9	673800	1816170	56	0.0236	1.4176	ND	1.2070	0.0086	0.0077	0.0000	0.0189	0.0007	ND	0.0093	0.0200												
10	68127	1803150	88	0.0746	1.2760	ND	2.7440	0.0362	0.0353	0.0021	0.0889	0.2656	ND	0.0000	0.0200												
11	675880	1800189	75	0.0774	0.4634	ND	1.8640	0.0241	0.0211	0.0010	0.2248	0.0037	ND	0.0000	ND												
12	679977	1800294	73	0.0980	1.8313	ND	8.7620	0.0268	0.0251	0.0019	0.5356	0.2092	ND	0.0137	0.0310												
13	678393	1805734	78	0.0770	1.2996	ND	1.7836	0.0346	0.0375	0.0197	0.0479	0.0094	ND	0.0042	0.0319												
14	672819	1797504	69	0.0874	0.2902	ND	0.8663	0.0138	0.0115	0.0087	0.1492	0.2458	ND	0.0010	ND												
15	671963	1799053	49	0.0507	0.6466	ND	0.9730	0.0110	0.0081	0.0135	0.1548	0.0018	ND	0.0009	ND												
16	669061	1803521	53	0.0705	0.3294	ND	0.1522	0.0109	0.0093	0.0000	0.1269	0.0974	ND	ND	0.0250												
17	668841	1804870	62	0.1024	1.5552	ND	6.4570	0.0080	0.0071	0.0351	0.2722	0.0197	ND	0.0140	0.0234												
18	667715	1806228	61	0.0566	0.3646	ND	0.1653	0.0266	0.0272	0.0204	0.0461	0.0015	ND	0.0008	0.0240												
19	666139	1815675	46	0.0120	0.8338	ND	0.1985	0.0227	0.0280	0.0209	0.1643	0.0412	ND	0.0006	0.0318												
20	667682	1815659	55	0.0103	0.1604	ND	0.7620	0.0033	0.0082	0.0017	0.0395	0.0046	ND	0.0010	ND												
21	668182	1797762	41	0.0320	0.3104	ND	0.1764	0.0081	0.0048	0.0003	0.0953	0.0094	ND	0.0008	0.0216												
22	671470	1799131	55	0.0723	0.6918	ND	1.3400	0.0137	0.0110	0.0084	0.2126	0.0017	ND	0.0004	ND												
23	667095	1807299	55	0.0102	0.7336	ND	0.1984	0.0133	0.0095	0.0000	0.1648	0.0017	ND	0.0094	0.0240												
24	677014	1796959	73	0.0307	1.0274	ND	0.2948	0.0115	0.0132	0.0057	0.2373	0.0077	ND	ND	0.0390												
25	676971	1797543	87	0.0431	3.3924	ND	0.1634	0.0166	0.0081	0.0000	0.0973	0.0027	ND	ND	0.0215												
26	676090	1798763	78	0.0602	0.9770	ND	0.7798	0.0130	0.0958	0.0648	0.2279	0.2796	ND	0.0008	0.0219												
27	670242	1813416	50	0.0445	0.9178	ND	2.8800	0.0033	0.0045	0.0036	0.1427	0.0019	ND	0.0001	ND												
28	674182	1802308	84	0.0897	0.2725	ND	6.4280	0.0121	0.0098	0.0059	0.1961	0.0073	ND	0.0009	0.0323												
29	670571	1815079	51	0.0090	1.0378	ND	2.8640	0.0332	0.0367	0.0001	0.0618	0.0098	ND	0.0003	0.0218												
30	670668	1815753	56	0.0263	1.4248	ND	30.3140	0.0249	0.0334	0.0013	0.5055	0.0013	ND	0.0011	ND												

31	673213	1802321	99	0.0298	1.8992	ND	1.8750	0.0070	0.0038	0.0018	0.1537	0.0017	ND	0.0013	0.0218
32	671640	1811482	49	0.1355	1.3452	ND	9.8580	0.0042	0.0017	0.0012	0.0577	0.0187	ND	0.0016	ND
33	674688	1808852	69	0.0465	0.3132	ND	0.0531	0.0149	0.0178	0.0556	0.1295	0.0018	ND	0.0027	0.0314
34	674468	1807172	71	0.1019	0.9408	ND	0.1348	0.0183	0.0170	0.0002	0.0559	0.0012	ND	0.0002	0.0313
35	685984	1809078	106	0.0339	0.9164	ND	3.9820	0.0123	0.0113	0.0011	0.0714	0.0056	ND	0.0009	0.0399
36	679005	1808460	78	0.0992	1.3510	ND	1.3290	0.0208	0.0218	0.0180	0.1960	0.0011	ND	0.0155	0.0313
37	685204	1805119	85	0.0404	0.9408	ND	0.8300	0.0189	0.0164	0.0361	0.1147	0.0068	ND	0.0001	0.0214
38	676132	1806312	70	0.0242	0.2265	ND	0.1463	0.0162	0.0161	0.0005	0.1971	0.0009	ND	0.0000	0.0350
39	679611	1808991	70	0.0987	2.9860	ND	2.9740	0.0116	0.0118	0.0196	0.0761	0.0020	ND	0.0000	0.0321
40	665682	1803469	53	0.0656	0.5708	ND	1.4819	0.0027	0.0079	0.0074	0.4503	0.0092	ND	0.0053	0.0320
41	686128	1807416	95	0.0429	1.2100	ND	3.9473	0.0300	0.0316	0.0216	0.1691	0.0011	ND	0.0003	0.0368
42	677457	1816107	72	0.1703	1.2505	ND	0.3320	0.0142	0.0119	0.0149	0.2266	0.1237	ND	ND	0.0290
43	672074	1806623	75	0.0484	0.9132	ND	6.8930	0.0063	0.0358	0.0094	0.2400	0.0019	ND	0.0043	0.0311
44	667202	1815564	58	0.0010	1.7304	ND	6.3000	0.0221	0.0215	0.0483	0.1370	0.0072	ND	0.0030	0.0270
45	675665	1804261	71	0.1771	0.6644	ND	0.1873	0.0046	0.0234	0.0060	0.1650	0.0016	ND	0.0012	0.0350
46	680626	1807966	83	0.1578	2.2506	ND	0.2063	0.0205	0.0196	0.0306	0.1925	0.0096	ND	0.0365	ND
47	681665	1815676	89	0.0417	0.4438	ND	1.5810	0.0049	0.0023	0.0016	0.0854	0.0049	ND	0.0037	ND
				0.001	0.105	0.000	0.053	0.003	0.002	0.000	0.019	0.001	0.000	0.000	0.000
				0.177	4.700	0.000	30.314	0.043	0.096	0.065	0.674	0.280	0.000	0.037	0.004
				0.063	1.093	#DIV/0!	2.605	0.016	0.019	0.014	0.178	0.041	#DIV/0!	0.004	0.001
				0.043	0.872	#DIV/0!	4.802	0.010	0.017	0.017	0.134	0.084	#DIV/0!	0.007	0.001
				1.466	1.253	#DIV/0!	0.542	1.498	1.124	0.841	1.323	0.490	#DIV/0!	0.611	1.960

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิรวรรณ อารงศรีสกุล จบการศึกษา จากภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2550 ทำการศึกษาเรื่อง “สมบัติทางกายภาพของดินตะกอนของสารพีเอเอชในน้ำและดินตะกอนบริเวณที่มีการป้องกันและไม่ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง สมุทรสาคร-สมุทรสงคราม”

ประสบการณ์การทำงานและการฝึกอบรม

2556: การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)โครงการท่าเหมืองใต้ดินประเภทแร่โปแตช อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

2554: การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว

2553-2554: การศึกษาทางธรณีสารสนเทศของการทับถมของตะกอนและการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง โดยภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชน บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสาคร - สมุทรสงคราม

2552-2553: การติดตั้งระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning) สำหรับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย-ดินถล่มในพื้นที่ลาดชันและพื้นที่เชิงเขา

