



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง
โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดย

นางสาวอัญญมุขย์ เตียวปิยกุล
เลขประจำตัวนิสิต 5732760623

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ
และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

นางสาวอัญญมุขย์ เตียวปิยกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560

Assessment of groundwater quality in Rayong groundwater basin
using WQI and GIS

MISS UNYAMOOK TIEWPIYAKUL

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2017

หัวข้อโครงการ

การประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้ดัชนี
คุณภาพน้ำและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดย

นางสาวอัญญมูขัย เตียวปิยกุล

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

รศ.ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(รศ.ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

5732760623 : ภาควิชาธรณีวิทยา

คำสำคัญ : น้ำบาดาล / ดัชนีคุณภาพน้ำ / แอ่งน้ำบาดาลระยอง / การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก/ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

อัญมูมุษย์ เตียวปิยกุล : การประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY IN RAYONG GROUNDWATER BASIN USING WQI AND GIS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์, 41 หน้า.

ในพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูง อย่างจังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ที่มีการขยายพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนเมือง ทำให้ความต้องการใช้น้ำสะอาดมีมากขึ้นตามไปด้วย ข้อมูลคุณภาพของน้ำบาดาลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้น้ำบาดาลในการบริโภค โดยงานศึกษานี้นำข้อมูลผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองทั้งหมด 69 ตัวอย่าง ที่เก็บข้อมูลจำนวน 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลที่ตรวจวัดในช่วงหน้าฝนและหน้าแล้ง จากนั้นนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลแต่ละชนิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) โดยทำการแยกชั้นน้ำออกเป็น 2 ชั้นน้ำ ได้แก่ 1) ชั้นน้ำในหินแข็ง (หินแกรนิต) และ 2) ชั้นน้ำในหินร่วน แล้นำข้อมูลมาทำการประเมินค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index) โดยใช้พารามิเตอร์ทั้งหมด 21 ชนิด ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ค่า pH แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) คลอไรด์ (Cl) ฟลูออไรด์ (F) ไบคาร์บอเนต (HCO_3) ซัลเฟต (SO_4) ไนเตรต (NO_3) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu)ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) และนำมาสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาล พบว่าน้ำบาดาลในชั้นหินร่วนมีคุณภาพต่ำกว่าน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งโดยเฉพาะในหน้าฝนที่จะมีคุณภาพน้ำบาดาลต่ำกว่าในหน้าแล้ง และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) พบว่าไอออนบางชนิด อาทิ ไอออนของแคลเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต โพแทสเซียม และแมกนีเซียม มีความสัมพันธ์ในทางส่งเสริมกันอย่างมาก และค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ที่มีความสัมพันธ์กับไอออนของโลหะหนัก โดยเฉพาะสารหนู ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำมากในหน้าฝน

ภาควิชา_____ธรณีวิทยา_____ลายมือชื่อนิสิต_____

สาขาวิชา_____ธรณีวิทยา_____ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาหลัก_____

ปีการศึกษา_____2560_____

5732760623: MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: GROUNDWATER/ WQI/ GIS/ RAYONG GROUNDWATER BASIN/ PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS/ CORRELATION ANALYSIS

UNYAMOOK TIEWPIYAKUL: ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY IN RAYONG GROUNDWATER BASIN USING WQI AND GIS. ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SRILERT CHOTPANTARAT, 41 pp.

In areas with high economic growth, Rayong has continuously expanded industrial and urban areas and demand of fresh water has been increasing. The groundwater quality is an essential information the groundwater installation to supply water, especially drinking water, to local resident. In this study, the hydrogeochemical data of groundwater analysis from 69 groundwater samples were collected to assess the groundwater quality in Rayong groundwater basin during the rainy and summer seasons. Then, the relationship between hydrogeochemical parameters was analyzed by using the correlation analysis (CA) and principle component analysis (PCA). Based on hydrogeological characteristics, the aquifers can be separated into 2 aquifers: 1) consolidated rocks (Granite) and 2) unconsolidated rocks. By calculating the WQI, the following 21 parameters have been considered: EC, pH, calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), potassium (K), iron (Fe), manganese (Mn), chloride (Cl), fluorides (F), bicarbonate (HCO_3), sulfate (SO_4), nitrate (NO_3), arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn) and then the results of analyses have been used to create the map of groundwater quality. The map revealed that groundwater quality in the unconsolidated aquifer appeared to be lower index than those in the consolidated aquifer, especially in the rainy season. Moreover, the WQI in groundwater in rainy season was greater than that in summer season. According to CA and PCA, the strong positive relationship was found between several water parameters such as Ca, Cl, SO_4^{2-} , K and Mg. Finally, the WQI value was correlated with heavy metals in both aquifers, especially As in rainy seasons.

Department _____ Geology _____ Student's Signature _____

Field of Study _____ Geology _____ Advisor's Signature _____

Academic Year _____ 2017 _____

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิจัยนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดบุคคลดังต่อไปนี้

กราบขอบพระคุณ รศ. ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำ และให้คำปรึกษาที่ดีมาตลอดระยะเวลาการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้โครงการนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ประจำภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ช่วยสั่งสอนและให้ความรู้ทางด้านธรณีวิทยา และคอยให้คำแนะนำที่ดีแก่ ผู้ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณนางสาววัลลภา วิศิษฐ์ธรรมศรี ที่ให้ความรู้และให้คำปรึกษาในเรื่องการ วิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ขอขอบพระคุณกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์อุทก ธรณีเคมีของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองข้อมูลต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว สำหรับกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ Geo'58 ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจกันตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 สมมติฐาน	9
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 ระเบียบงานวิจัย	
3.1 แผนการศึกษา	14
3.2 รวบรวมข้อมูล	14
3.3 ประมวลผลข้อมูล	14
3.4 อภิปรายและสรุปผลผลการศึกษา	17
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา	
4.1 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาล	18
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก	30
4.3 เปรียบเทียบแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับแผนที่อุทกธรณีวิทยา	36
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาล ชลบุรี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)	4
รูปที่ 1.2	แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและภาพตัดขวางของแอ่งน้ำบาดาลระยอง (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)	5
รูปที่ 1.3	แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยอง	8
รูปที่ 2.1	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ประเทศอียิปต์ตอนบน (Rabeiy, 2017)	13
รูปที่ 4.1	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินแข็งหน้าแล้ง	19
รูปที่ 4.2	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินแข็งหน้าแล้งและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน	20
รูปที่ 4.3	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินแข็งหน้าฝน	22
รูปที่ 4.4	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินแข็งหน้าฝนและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน	23
รูปที่ 4.5	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินร่วนหน้าแล้ง	25
รูปที่ 4.6	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำ หินร่วนหน้าแล้งและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน	26
รูปที่ 4.7	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้น หินร่วนหน้าฝน	28
รูปที่ 4.8	แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้น หินร่วนหน้าฝนและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน	29
รูปที่ 4.9	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลใน ชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง	31
รูปที่ 4.10	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลใน ชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน	32
รูปที่ 4.11	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลใน ชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง	34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.12	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลใน ชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน	35
รูปที่ 4.13	แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยอง	37

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงระดับคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงของค่า WQI	11
ตารางที่ 2.2	แสดงเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลกปี พ.ศ. 2560	11
ตารางที่ 2.3	แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่ม ค่าน้ำหนัก และค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ ของแต่ละพารามิเตอร์	12
ตารางที่ 3.1	แสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณและสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำ	14
ตารางที่ 3.2	แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO) และค่าถ่วงน้ำหนัก ของแต่ละพารามิเตอร์	16
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง	31
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน	33
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง	34
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

แอ่งน้ำบาดาลระยองมีความสำคัญต่อทางเศรษฐกิจและโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันนี้มีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนเมือง ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในน้ำบาดาลจึงมีมากขึ้น ซึ่งอาจมาจากน้ำเสียหรือของเสียจาก บ้านเรือน โรงงาน อุตสาหกรรม แหล่งฝังกลบขยะชุมชน ตลอดจนแร่ธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติเอง นอกจากนี้พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลระยองยังพบปัญหาการรุกคืบของน้ำเค็มบริเวณที่ราบชายฝั่งทะเล ทำให้มีน้ำเค็มแทรกอยู่ในชั้นน้ำจืด (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2558) คุณภาพของน้ำบาดาลจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำบาดาล ในการศึกษาจะใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำบาดาล โดยจะวิเคราะห์จากพารามิเตอร์ของน้ำบาดาลหลายชนิดและนำไปเทียบกับค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ (Rabeiy, 2017; Boateng et al., 2016; Akter et al., 2016) ข้อมูลที่ได้จากการประเมินนี้จึงบอกคุณภาพของน้ำบาดาลในแต่ละบริเวณว่าเหมาะสำหรับการบริโภคมากน้อยเพียงใด (Subramani et al., 2005) และหากนำมาพิจารณารวมกับปริมาณน้ำบาดาลจะสามารถสร้างแผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลที่มีเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองทั้งหมด โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 2248 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่อำเภอบ้านฉาง อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอปลวกแดง และพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยองและบริเวณขอบด้านตะวันออกของ อำเภอสรีราชา อำเภอบางละมุง อำเภอสัตหีบ และด้านใต้ของอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

1.3.1 ลักษณะภูมิประเทศ

แอ่งน้ำบาดาลระยองประกอบไปด้วยที่ราบสลับที่ตอนเป็นส่วนใหญ่ ขอบแอ่งล้อมรอบด้วยทิวเขาทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก มีลักษณะเป็นเขาเตี้ย ๆ อันได้แก่ เขาตาแบกและทิวเขาขุนอิน วางตัวอยู่ทางทิศเหนือ เขาอูร์ง เขาหน้ายักษ์ ทิวเขาวงช้าง เขาท่าฉุด และเขายายดาวยังตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก และมีเขาซากกล้วยและเขาไผ่วางตัวอยู่ทางทิศตะวันตก ส่วนทางทิศใต้เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล มีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดต่ำเอียงลงสู่อ่าวไทยและมีชายฝั่งทะเลเว้าแหว่ง มีแม่น้ำที่สำคัญหลัก ๆ สายหนึ่ง คือ แม่น้ำระยอง หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คลองใหญ่ มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดมาจากเขากองซองและเขาพนมศาสตร์ ไหลผ่านอำเภอลวกแดง อำเภอบ้านค่าย แล้วไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอมืองระยอง มีอ่างเก็บน้ำ 3 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล และอ่างเก็บน้ำดอกกราย

1.3.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศเป็นภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน มีลมทะเลพัดผ่าน ทำให้อากาศอบอุ่น ไม้ร้อนจัดจนเกินไป บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลเย็นสบาย มีฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมของทุกปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีอยู่ที่ 29.5 องศาเซลเซียส

1.3.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ในพื้นที่ศึกษาแอ่งน้ำบาดาลระยอง สามารถจำแนกหน่วยหินออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ กลุ่มหินแข็ง (consolidated rocks) และกลุ่มหินร่วนและตะกอน (unconsolidated rocks and sediments)

1) กลุ่มหินแข็ง

ส่วนมากจะพบบริเวณแนวเทือกเขาสูง ภูเขา เนินเขา และตามชายหาดบางแห่ง กลุ่มหินแข็งเหล่านี้สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 หน่วย ได้แก่

1.1) หินแปรยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (SD) ปรากฏเป็นเนินเขาเล็กๆ กระจายอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ทางตอนกลางของแอ่งน้ำบาดาลระยอง หินหน่วยนี้ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน หินฟิลไลต์เนื้อควอตซ์ และหินชีสต์

1.2) หินตะกอนและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP) หน่วยหินนี้ปรากฏเฉพาะบริเวณด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต

1.3) หินอัคนียุคไทรแอสซิก (TRgr) หน่วยหินนี้ปรากฏให้เห็นในลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแนวเขาสูง ทั้งเขาขุนอินทร์ เขางวงช้าง เขายายตา จนถึงเขาตะเภาคว่ำทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ ประกอบด้วยหินแกรนิตหลายชนิด เช่น หินไบโอไทต์แกรนิต หินทิวร์มาลีนแกรนิต หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต เนื้อผลึกปานกลางถึงหยาบ บางแห่งเป็นเนื้อดอก บางบริเวณโดยเฉพาะในแนวเขาด้านตะวันออกของแอ่งน้ำบาดาลระยอง มักพบการเรียงตัวของเม็ดแร่จากหินไนส์ซิกแกรนิต (gneissic granite) นอกจากนี้ยังมีสายเพกมาไทต์และผนังหินควอตซ์แทรกตัดเข้ามาในหลายบริเวณ

2) กลุ่มหินร่วนและตะกอน

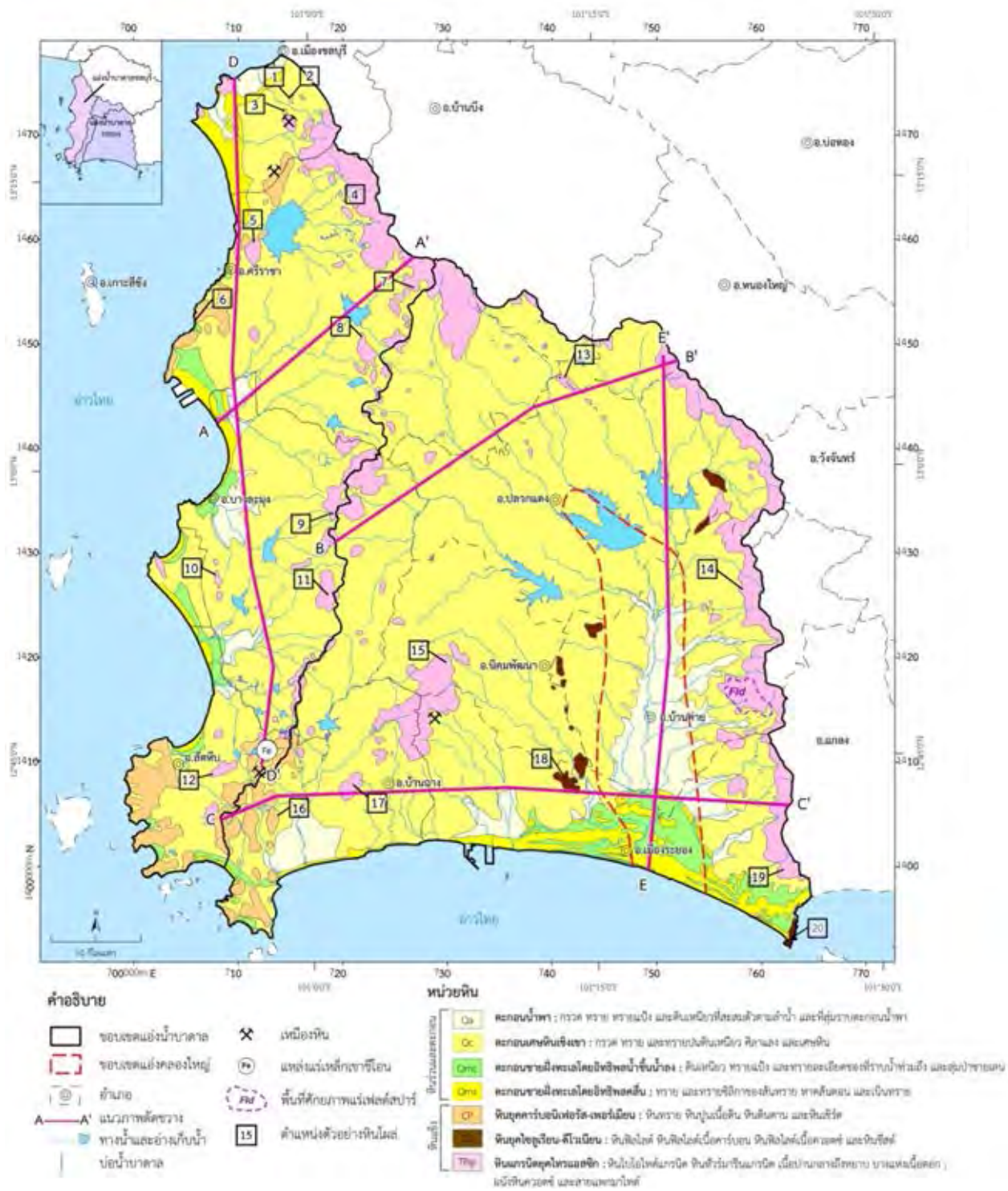
พบในภูมิฐานแบบต่างๆ ทั้งที่ลาดชันเชิงเขา ที่ราบลอนคลื่น ที่ราบทางน้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึง หาดสันดอน สันทราย เนินทราย และที่ราบน้ำขึ้นถึง ประกอบด้วย 4 หน่วย ได้แก่

2.1) ตะกอนน้ำพา (Qa) ปรากฏตามปลายสายน้ำใหญ่ที่ไหลลงที่ราบริมชายฝั่งทะเล ประกอบด้วยชั้นตะกอนกรวด ทราย สลับชั้นตะกอนทรายละเอียด หรือทรายแป้งปนดินเหนียว

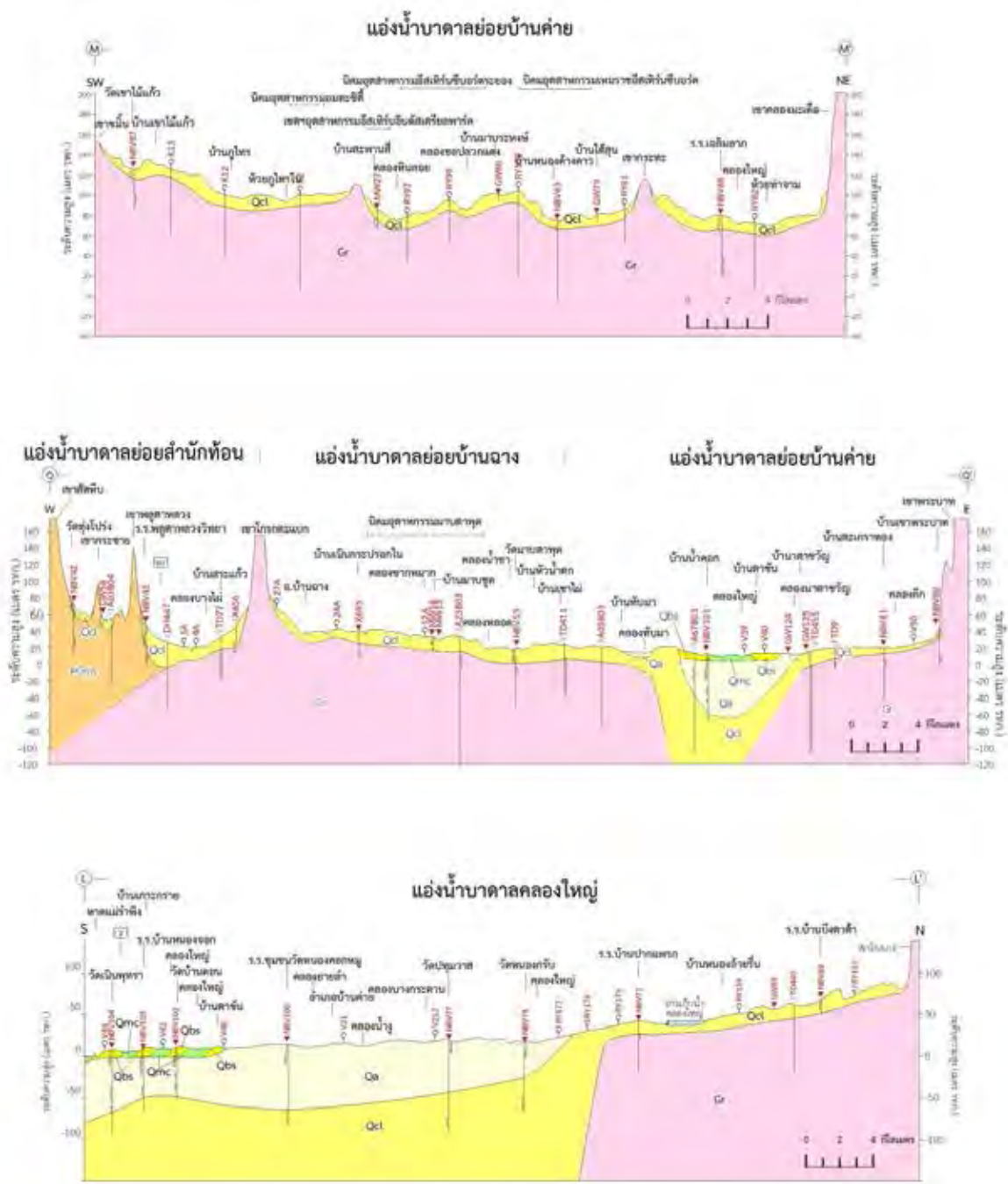
2.2) ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนผุอยู่กับที่ (Qc) ชั้นตะกอนหยาบนี้ถูกปิดทับด้วยชั้นทรายแป้งหรือทรายละเอียด บางบริเวณประกอบด้วยชั้นกรวดและทรายปนดินเหนียว วางปิดบนดานหิน กรวดและทรายนี้อาจมีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม และไม่มีการคัดขนาด และอาจมีชั้นศิลาแลงแทรกสลับ

2.3) ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (Qmc) โดยมากอยู่ตามชายฝั่งทะเลเป็นแนวแคบ ๆ ประกอบด้วย ชั้นดินเหนียวสลับทรายแป้งและทรายละเอียด

2.4) ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น (Qms) ปรากฏเป็นแนวยาว บริเวณชายฝั่งทะเล ประกอบด้วยชั้นทรายร่วน เม็ดทรายนี้อาจมีรูปร่างมนถึงเกือบมน มีการคัดขนาดดี



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและภาพตัดขวางของแอ่งน้ำบาดาลระยอง

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

1.3.4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา

ในพื้นที่ศึกษาพบชั้นน้ำ 2 ลักษณะ คือ

1) ชั้นน้ำในหินแข็ง ประกอบด้วย

1.1) ชั้นหินอุ้มน้ำหินตะกอนกึ่งหินแปรยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Permian-Carboniferous Meta-sediment Aquifer; PCms) ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูนเนื้อดิน หินดินดานกึ่งฟิลไลต์ และหินแคลก์ซิลิเกต ของยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน น้ำบาดาลอยู่ในรอยแตก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน

1.2) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรอายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Metamorphic Aquifer; SDmm) ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ หินชีสต์ และหินไนส์ ของยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ลักษณะของหินส่วนใหญ่มีการโค้งงอ มีรอยแตก แต่รอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่องเป็นแนวยาว ทำให้กักเก็บน้ำไม่ดี

1.3) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรอายุพรีแคมเบรียน (Precambrian Metamorphic Aquifer; PEmm)

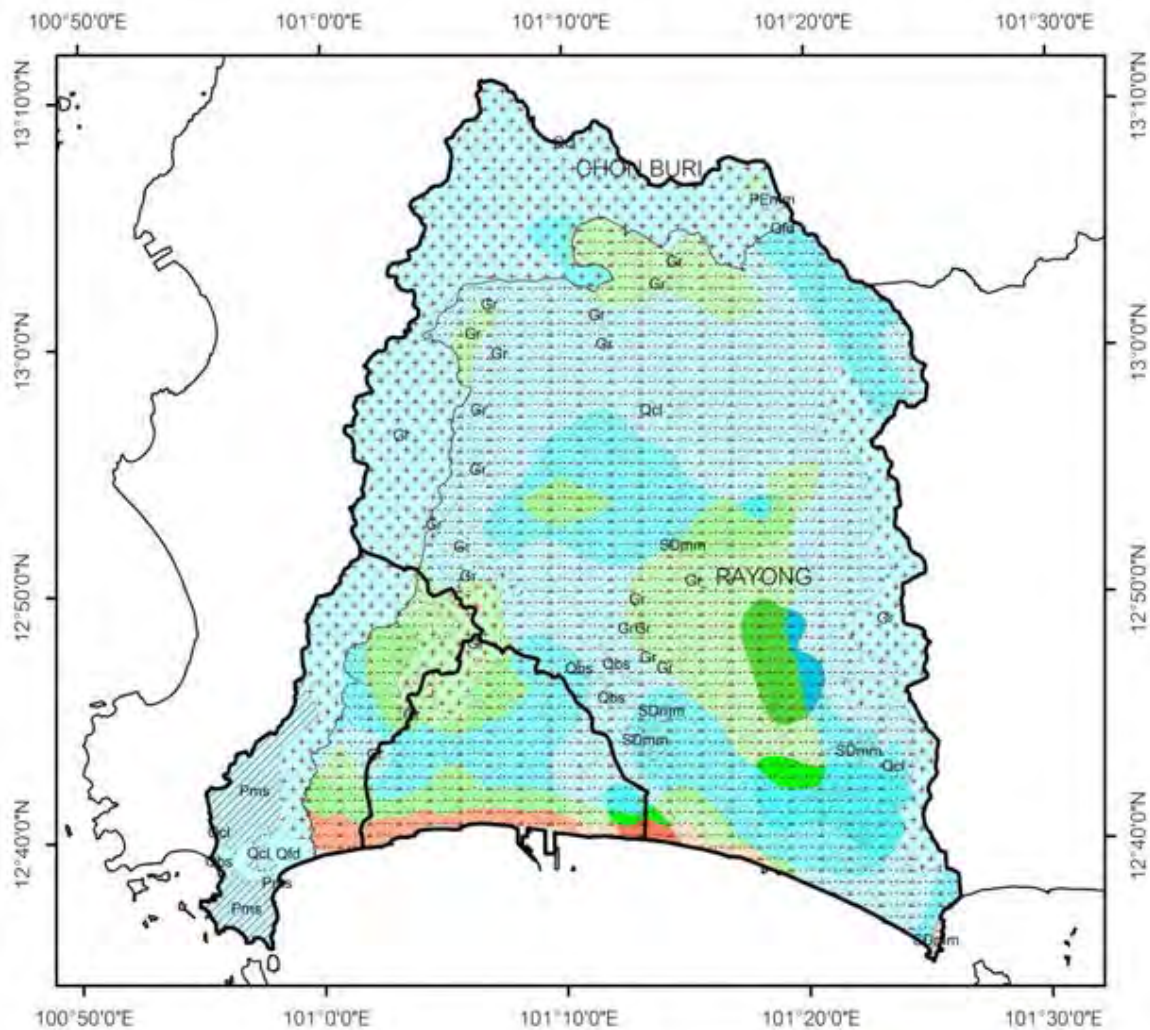
1.4) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต (Granitic Aquifer; Gr) ประกอบด้วย หินแกรนิตและหินไนส์ ซิกแกรนิต ของยุคไทรแอสซิก น้ำบาดาลอยู่ในชั้นหินผุ และรอยแตก รอยเลื่อน ส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำน้อยเพราะรอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่อง

2) ชั้นน้ำในหินร่วน ประกอบด้วย

2.1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา (Alluvial Aquifer; Qa) ประกอบด้วย ตะกอนพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่พัดพามาสะสมโดยน้ำจากแม่น้ำ ลำธาร เป็นชั้นๆ แทรกสลับ โดยมีการคัดขนาดและสัดส่วนของตะกอนขนาดต่างๆ แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของการตกตะกอน

2.2) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนทรายชายหาด (Beach Aquifer; Qbs) ประกอบด้วย ทราย เศษเปลือกหอย ที่สะสมจากกระแสน้ำตามชายหาด ทั้งที่เป็นชายหาดปัจจุบันและชายหาดยุคเก่า ส่วนบริเวณที่สะสมตามที่ราบลุ่มหลังแนวหาดจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลง มีตะกอนของทรายแป้ง และดินเหนียวเป็นหลัก

2.3) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvial Aquifer; Qcl) ประกอบด้วย กรวดทราย ดินเหนียว เศษหิน และศิลาแลง เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการกร่อน (erosion) ของหินแข็ง แล้วสะสมกองอยู่ตามหน้าตาดานหินหรือตกไปกองสะสมตามหุบเขา หรือบริเวณที่ลาดเอียงเชิงเขา มีส่วนประกอบหลักเป็นเศษหินเหลี่ยมปะปนกับดินเหนียวที่ผุพังมาจากหินเดิม จึงมีการค้ำขนาดไม่ดี มักมีความพรุนน้อยและกักเก็บน้ำบาดาลได้น้อย

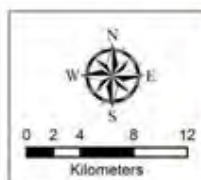


Legend

□ province □ study area

Hydrogeologic Unit

- Qfd: Floodplain Deposits Aquifer
- Qbs: Beach Sand Deposits Aquifer
- Qcl: Colluvial Deposits Aquifer
- Pms: Argillaceous limestone, dark gray with argillite and quartzite
- SDmm: Silurian-Devonian Metamorphic Aquifer
- PEmm: Precambrian Metamorphic Aquifer
- Gr: Granite Aquifer



Groundwater Quality Total Dissolved Solids (TDS) (mg/l)	Groundwater Availability Index (m ³ /hr)			
	< 2	2 - 10	10 - 20	> 20
< 500	Light Blue	Light Cyan	Medium Cyan	Dark Cyan
500 - 1,500	Light Green	Medium Green	Dark Green	Red-Orange
> 1,500	Light Orange	Orange	Dark Orange	Red

รูปที่ 1.3 แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยอง

1.3.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

บริเวณเขาต่าง ๆ เป็นพื้นที่ป่า ส่วนพื้นที่ราบกลางแอ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วยนาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชสวน พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์โรงเลี้ยงสัตว์ พืชน้ำ และพื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นชุมชนเมืองและย่านการค้า นิคมอุตสาหกรรม และสถานที่พักผ่อนหย่อนใจบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

1.4 สมมติฐาน

น้ำบาดาลในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมีคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาล (WQI) ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลระยอง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1.1 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index, WQI) เป็นตัวเลขที่บ่งบอกคุณภาพของน้ำว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการอุปโภคหรือบริโภคมากน้อยเพียงใด โดยตัวเลขที่ได้นั้นจะได้อาจมาจากสมการที่สามารถปรับแต่งขึ้นมาเองได้ ซึ่งจะคำนวณจากพารามิเตอร์ที่อยู่ในน้ำหลายชนิดนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานและนำมารวมกันในลักษณะของการถ่วงน้ำหนักให้ได้เป็นค่าเพียงค่าเดียว เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจของบุคคลทั่วไปและง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์

ดัชนีคุณภาพน้ำสามารถคำนวณได้หลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็น National Sanitation Foundation Water Quality Index, Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index, Oregon Water Quality Index แต่ในที่นี้จะใช้วิธี Weighted Arithmetic Water Quality Index Method

สูตร WQI ที่ใช้ คือ

$$WQI = \frac{\sum QiWi}{\sum Wi} \quad (\text{Tyagi et al., 2013})$$

$$Qi = 100[(Vi - Vo/Si - Vo)]$$

$$Wi = K/Si$$

$$K = \frac{1}{\sum (1/Si)}$$

โดย WQI คือ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ

Q_i คือ คะแนนคุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละพารามิเตอร์

V_i คือ ค่าความเข้มข้นในตัวอย่างไม่ที่วิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการหรือภาคสนาม

V_0 คือ ค่าความเข้มข้นของน้ำสะอาดในอุดมคติ มีค่าเท่ากับ 0 (ยกเว้น pH มีค่าเท่ากับ 7)

s_i คือ ค่ามาตรฐานของแต่ละพารามิเตอร์ โดยเทียบค่ามาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO)

i คือ พารามิเตอร์แต่ละชนิด

เมื่อกำหนดค่า WQI จะได้ออกมาเป็นตัวเลขที่สามารถบ่งบอกคุณภาพของน้ำได้ว่าเหมาะสมต่อการบริโภคมากน้อยเพียงใด โดยนำค่าที่ได้อมาเทียบหาระดับคุณภาพน้ำกับตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงของค่า WQI

ค่า WQI	ระดับคุณภาพน้ำ
0-25	คุณภาพดีมาก
26-50	คุณภาพดี
51-75	คุณภาพแย่มาก
76-100	คุณภาพแย่มาก
มากกว่า 100	ไม่เหมาะต่อการบริโภค

2.1.2 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค เป็นเกณฑ์ที่ใช้บ่งบอกปริมาณความเข้มข้นของประจุที่ละลายอยู่ในน้ำสูงที่สุดที่ยังเหมาะสมต่อการใช้ในการบริโภค หากความเข้มข้นของประจุมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อาจทำให้ร่างกายได้รับสารบางชนิดเกินความจำเป็นและเป็นอันตรายได้

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคนั้นมีอยู่หลากหลาย เพราะแต่ละประเทศหรือแต่ละหน่วยงานจะหาปริมาณความเข้มข้นของประจุที่ละลายอยู่ในน้ำที่เหมาะสมกับผู้คนในแต่ละพื้นที่ แต่เกณฑ์ที่ทั่วโลกให้การยอมรับนั้นคือ เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งมีการระบุคุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี รวมไปถึงคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา โดยตรวจวัดปริมาณของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ยอมรับได้ในการนำไปบริโภคออกมาเป็นตัวเลข แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลกปี พ.ศ. 2560

ชนิดของพารามิเตอร์	เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก
EC	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH	7-8.5
Ca	75 mg/l
Mg	30 mg/l
Na	200 mg/l
K	12 mg/l
Fe	0.5 mg/l
Cl	250 mg/l
F ⁻	1.5 mg/l
HCO ₃ ²⁻	120 mg/l

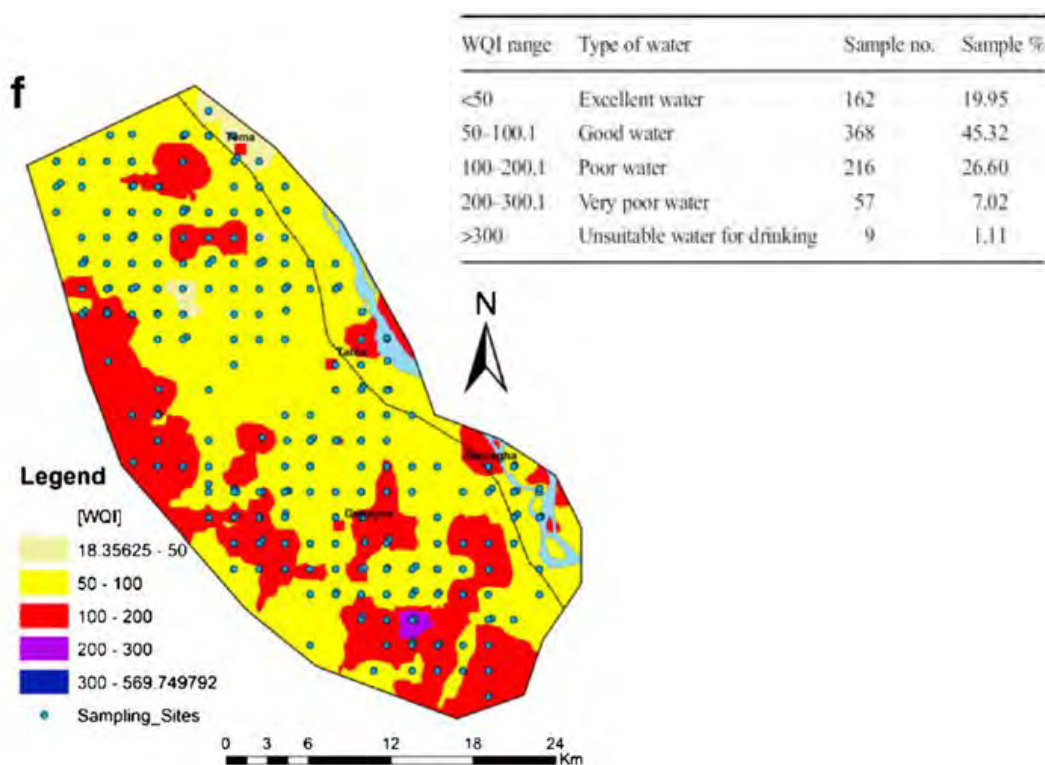
ชนิดของพารามิเตอร์	เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก
SO ₄ ²⁻	250 mg/l
NO ₃ ⁻	50 mg/l
As	0.01 mg/l
Cd	0.003 mg/l
Cr ⁶⁺	0.05 mg/l
Cu	2 mg/l
Hg	0.006 mg/l
Mn	0.4 mg/l
Ni	0.07 mg/l
Pb	0.01 mg/l
Zn	3 mg/l

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rabeiy (2017) นำข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในพื้นที่ประเทศอียิปต์ตอนบนไปวิเคราะห์มาประเมินค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) จากพารามิเตอร์ 11 ชนิด ได้แก่ โซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต, เหล็ก, แมงกานีส, คลอไรด์, ค่าความนำไฟฟ้า (EC) และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยถ่วงน้ำหนักจากค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO) ดังตารางที่ 2.3 และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแผนที่แสดงสถานภาพของคุณภาพของน้ำบาดาลในพื้นที่ (รูปที่ 2.1)

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่ม ค่าน้ำหนัก และค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ ของแต่ละพารามิเตอร์

Parameter	WHO standard	Weight	Relative weight
Na ⁺	200	3	0.0625
K ⁺	12	2	0.0625
Ca ²⁺	75	3	0.09375
Mg ²⁺	30	2	0.0625
HCO ₃ ⁻	120	2	0.0625
SO ₄ ²⁻	250	4	0.125
Fe ²⁺	0.3	4	0.125
Mn ³⁺	0.5	4	0.125
Cl ⁻	250	3	0.09375



รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ประเทศอียิปต์ตอนบน (Rabeiy, 2017)

Kim และคณะ (2017) ประเมินคุณภาพของน้ำบาดาลบริเวณที่น้ำท่วมถึงของแม่น้ำแดง ในประเทศเวียดนาม โดยมีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อหากระบวนการหลัก ๆ 3 กระบวนการที่มีผลต่ออุทกธรณีเคมีในน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ปัจจัยแรกคือ น้ำใหม่ที่ไหลไปรวมกับน้ำเก่า ปัจจัยที่ 2 คือ ปฏิกริยาระหว่างน้ำกับหิน เช่น การละลายของแร่ในหิน และสุดท้ายคือ การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันและรีดักชัน

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551) ประเมินศักยภาพและคุณภาพของน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดระยอง และจังหวัดชลบุรี มีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ จำลองการไหลและการแพร่กระจายของมลสารบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน และจัดทำแผนที่ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในพื้นที่ศึกษา

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2555) สำรวจค่าพื้นฐานโลหะหนักในน้ำบาดาล แอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี โดยทำการออกภาคสนามและนำตัวอย่าง น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำบาดาล ดิน ตะกอนท้องน้ำ หินแข็ง และตะกอนและหินในน้ำบาดาลไปวิเคราะห์ เพื่อหาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำบาดาลและประเมินคุณภาพน้ำบาดาลต่อการนำไปใช้ประโยชน์และการจัดการคุณภาพแหล่งน้ำบาดาล

บทที่ 3

ระเบียบงานวิจัย

3. ระเบียบงานวิจัย

3.1 แผนการศึกษา

ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) สูตรการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำ และการใช้โปรแกรม ArcMap ในการสร้างแผนที่การกระจายตัวของมลสาร รวมถึงข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่หรือกิจกรรมที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง เป็นต้น

3.2 รวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำและการสร้างแผนที่ด้วยโปรแกรม Arcmap

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณและสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำ

ลำดับที่	ข้อมูล	ประเภทของข้อมูล	แหล่งที่มา
1	ขอบเขตแอ่งน้ำบาดาลระยอง	shape file	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2	ข้อมูลลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา	shape file	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
3	ข้อมูลทั่วไปของบ่อบาดาลและข้อมูลอุทกธรณีเคมีของน้ำบาดาล	ตาราง Excel	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
4	เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม	ตาราง Excel	องค์การอนามัยโลก
5	นิคมอุตสาหกรรม	ตาราง Excel	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
6	สัมปทานเหมืองแร่	ตาราง Excel	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
7	แหล่งฝังกลบขยะและของเสีย	ตาราง Excel	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

3.3 ประมวลผลข้อมูล

3.3.1 นำข้อมูลผลการวิเคราะห์อุทกธรณีเคมีวิทยาจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในช่วงหน้าฝน ในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 และช่วงหน้าแล้ง ในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 มาวิเคราะห์ โดยทำการแยกข้อมูลบ่อบาดาลที่อยู่ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลระยองออกจากข้อมูลบ่อบาดาลทั้งหมด

3.3.2 แยกข้อมูลผลวิเคราะห์ธรณีเคมีออกเป็น 2 ชั้นน้ำ ได้แก่ ชั้นน้ำในตะกอนหินแข็งและชั้นน้ำในตะกอนหินร่วน โดยดูจากข้อมูลประเภทของบ่อบาดาลและระดับความลึกของบ่อบาดาล

3.3.3 ปรับแต่งสูตรการหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำให้สอดคล้องกับข้อมูลที่มี โดยพารามิเตอร์ที่จะใช้มีทั้งหมด 21 ชนิด ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า (EC), ค่า pH, แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม, โพแทสเซียม, เหล็ก, แมงกานีส, คลอไรด์, ฟลูออไรด์, โบคาบอร์เนต, ซัลเฟต, ไนเตรต, สารหนู, แคดเมียม, โครเมียม, ทองแดง, พรอท, นิกเกิล, ตะกั่ว และสังกะสี โดยจะนำมาคำนวณโดยวิธี Weighted Arithmetic Water Quality Index Method ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$WQI = \sum QiWi / \sum Wi \quad (\text{Tyagi et al., 2013})$$

$$Qi = 100[(Vi - Vo) / (Si - Vo)]$$

$$Wi = K / Si$$

$$K = \frac{1}{\sum (1/Si)}$$

โดย WQI คือ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ

Q_i คือ คะแนนคุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละพารามิเตอร์

V_i คือ ค่าความเข้มข้นในตัวอย่งน้ำที่วิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการหรือภาคสนาม

V_0 คือ ค่าความเข้มข้นของน้ำสะอาดในอุดมคติ มีค่าเท่ากับ 0 (ยกเว้น pH มีค่าเท่ากับ 7)

s_i คือ ค่ามาตรฐานของแต่ละพารามิเตอร์ โดยเทียบค่ามาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO)

i คือ พารามิเตอร์แต่ละชนิด

จากสูตร ใช้ข้อมูลค่ามาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ค่าพารามิเตอร์ K ได้เท่ากับ 1.35×10^{-3} และ ค่าพารามิเตอร์ w_i ของแต่ละพารามิเตอร์ได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่ามาตรฐานน้ำดื่มจากองค์การอนามัยโลก (WHO) และค่าถ่วงน้ำหนัก ของแต่ละพารามิเตอร์

ชนิดของพารามิเตอร์	เกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม จากองค์การอนามัยโลก(2561) หรือ S_i	ค่าน้ำหนัก หรือ w_i
EC	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6.75E-07
pH	7-8.5	1.59E-04
Ca	75 mg/l	1.80E-05
Mg	30 mg/l	4.50E-05
Na	200 mg/l	6.75E-06
K	12 mg/l	1.12E-04
Fe	0.5 mg/l	2.70E-03
Cl	250 mg/l	5.40E-06
F^-	1.5 mg/l	9.00E-04
HCO_3^{2-}	120 mg/l	1.12E-05
SO_4^{2-}	250 mg/l	5.40E-06
NO_3^-	50 mg/l	2.70E-05
As	0.01 mg/l	0.135
Cd	0.003 mg/l	0.45
Cr^{6+}	0.05 mg/l	0.027
Cu	2 mg/l	6.75E-04
Hg	0.006 mg/l	0.225
Mn	0.4 mg/l	3.37E-03
Ni	0.07 mg/l	0.019
Pb	0.01 mg/l	0.135
Zn	3 mg/l	4.50E-04

จากนั้นคำนวณค่าคุณภาพของแต่ละพารามิเตอร์ และนำค่าที่ได้ในแต่ละบ่อน้ำบาดาลมารวมกัน เพื่อให้ได้เป็นค่า WQI ของบ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อ

3.3.4 นำค่า WQI ไปสร้างแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำในโปรแกรม Arcmap ด้วยวิธีการการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) แบบ Inverse Distance Weighted (IDW)

3.3.5 วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ใน Excel โดยใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ทั้ง 21 ชนิด และค่าดัชนีคุณภาพน้ำในการวิเคราะห์เพื่อหาชนิดของพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักที่อยู่ในน้ำบาดาล องค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำ และความสัมพันธ์บางอย่างของพารามิเตอร์บางชนิด

3.4 อภิปรายและสรุปผลผลการศึกษา

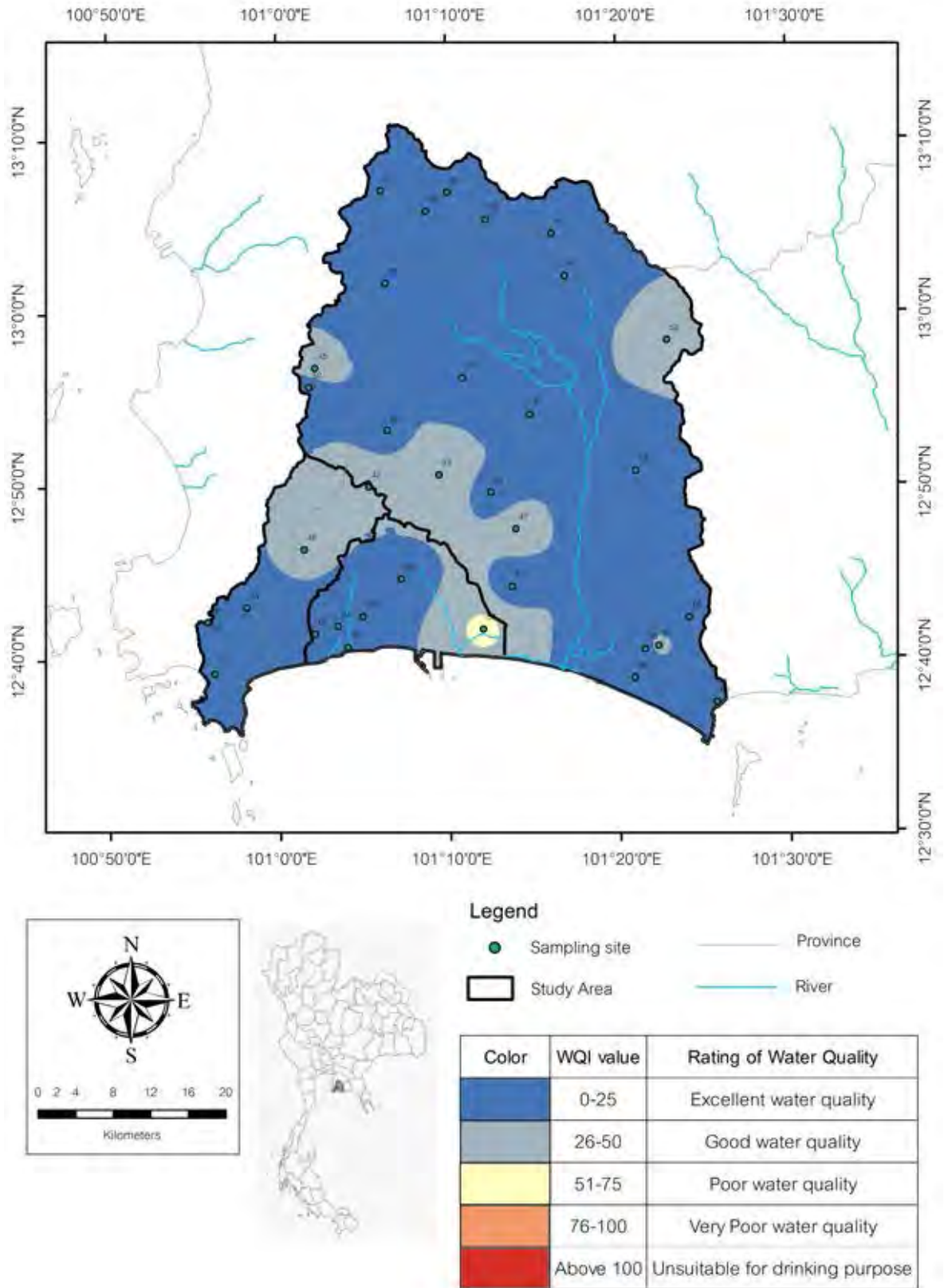
บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

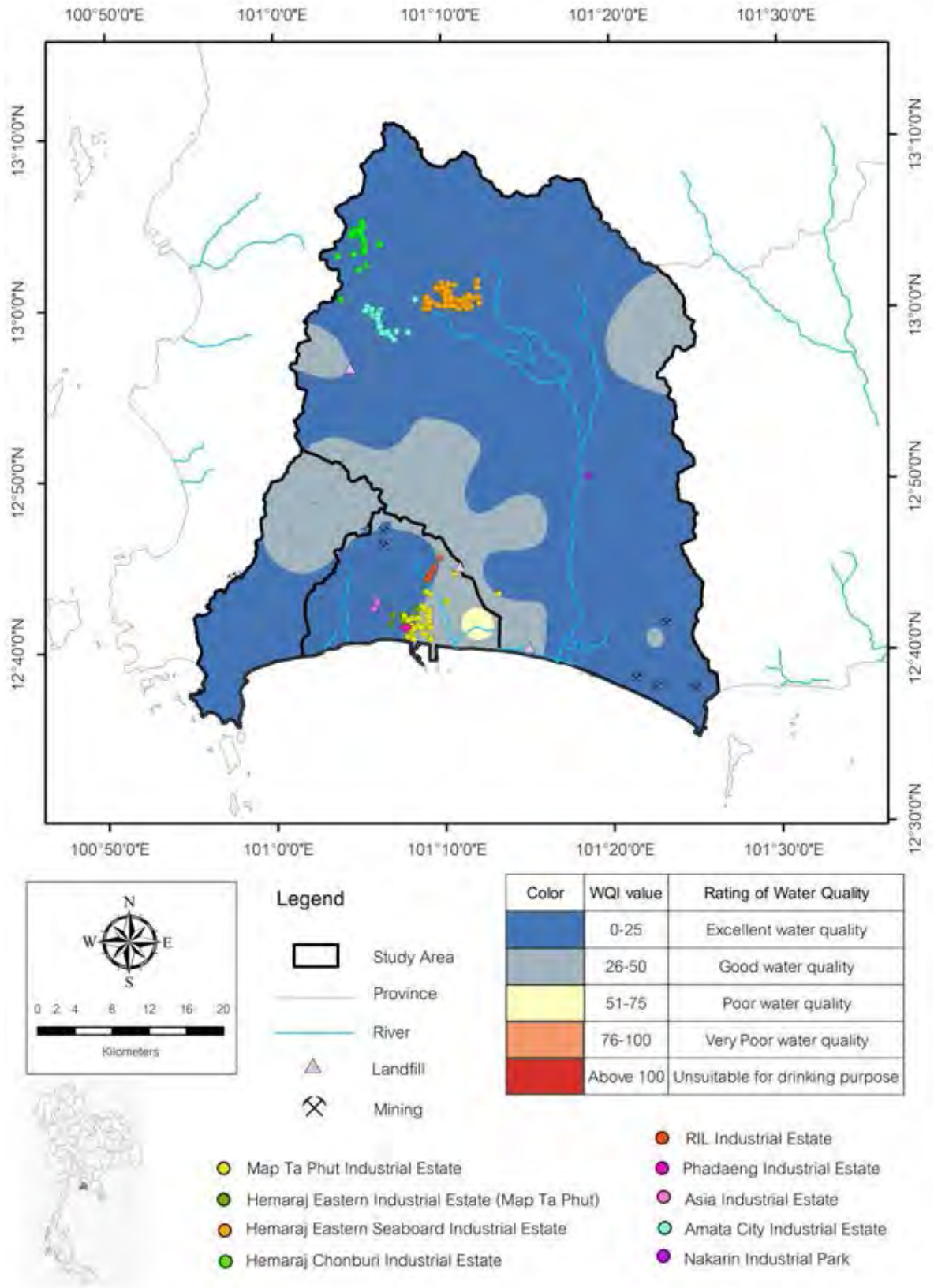
4.1 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาล

4.1.1 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง

จากแผนที่ (รูปที่ 4.1) คุณภาพของน้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดีมากถึงปานกลาง โดยระดับคุณภาพที่แยจะอยู่บริเวณขอบของพื้นที่ศึกษา หรือบริเวณที่เป็นเทือกเขา และจากแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 4.2) พบว่าคุณภาพของน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้งสอดคล้องกับบริเวณที่ได้รับสัมปทานเหมืองแร่ คือน้ำบาดาลมีคุณภาพต่ำบริเวณนั้น แต่ไม่สอดคล้องกับโรงงานอุตสาหกรรม หรือแหล่งฝังกลบขยะ ดังนั้น การปนเปื้อนของน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง น่าจะมาจากธาตุที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากหินและแร่เป็นหลัก (Kim, 2017)



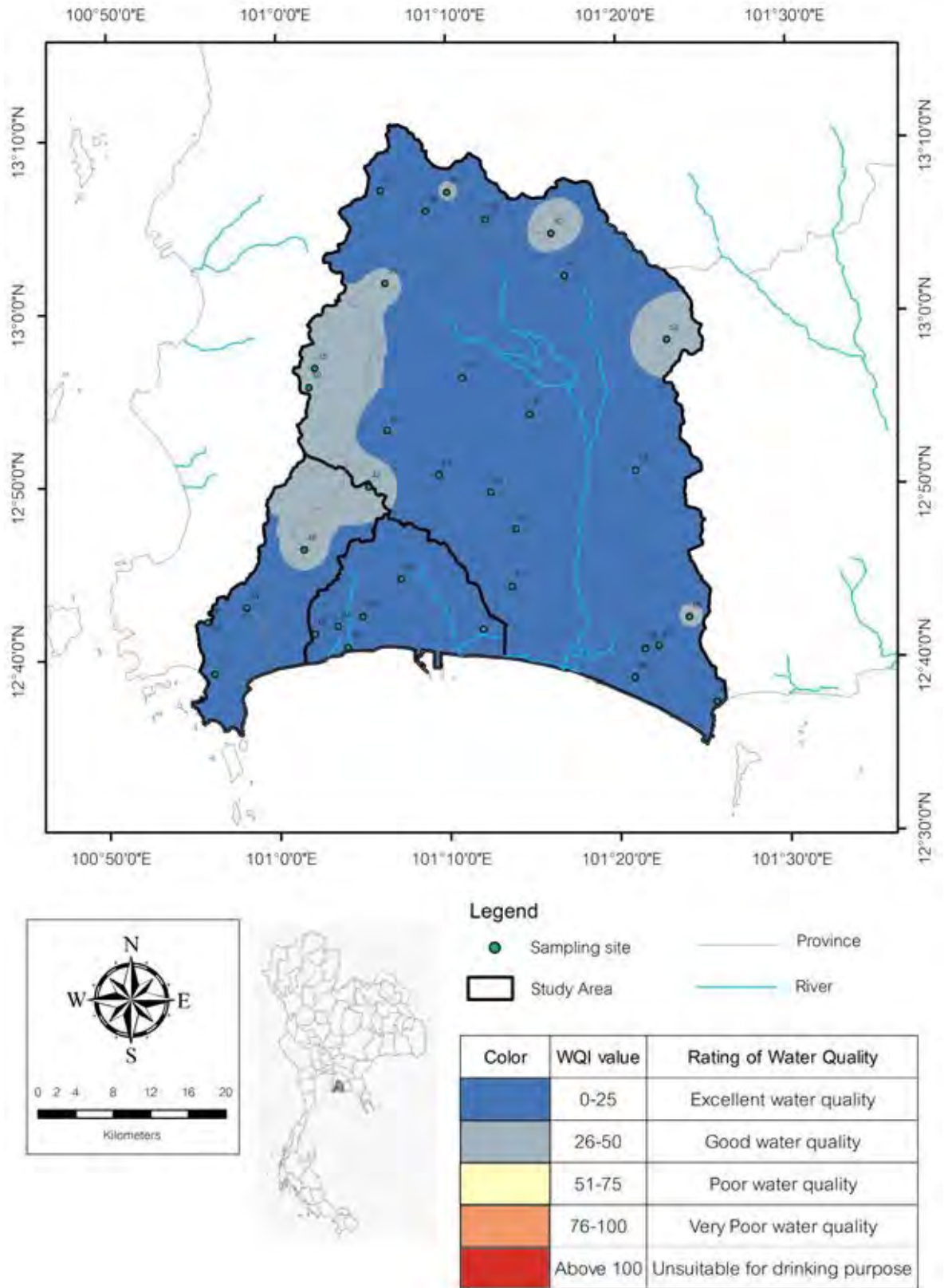
รูปที่ 4.1 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง



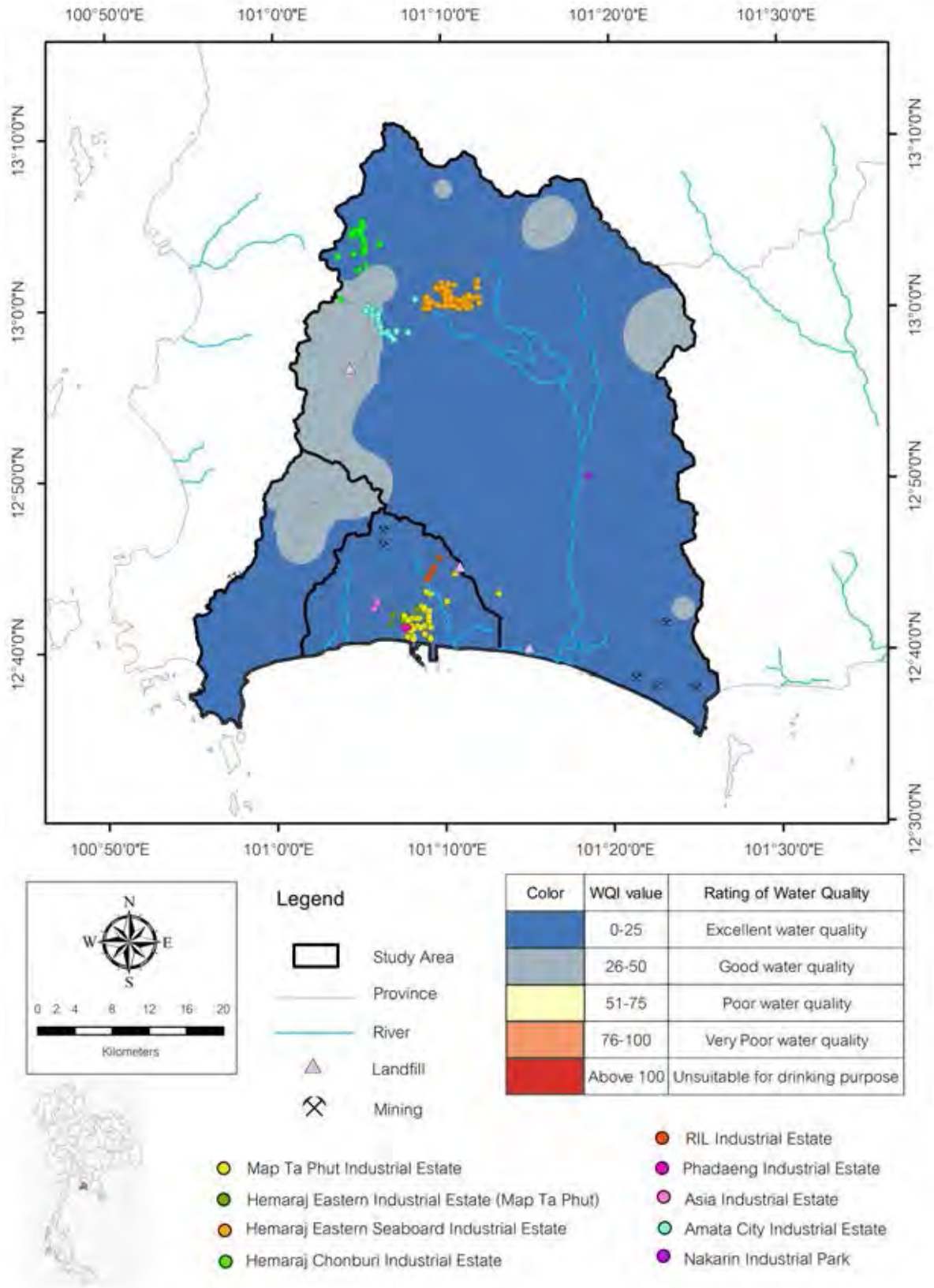
รูปที่ 4.2 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน

4.1.2 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน

จากแผนที่ (รูปที่ 4.3) คุณภาพของน้ำบาดาลโดยรวมมีคุณภาพสูงกว่าน้ำแล้งส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดีมากถึงดี โดยระดับคุณภาพที่ต่ำจะอยู่บริเวณขอบของพื้นที่ศึกษา หรือบริเวณที่เป็นเทือกเขาเช่นเดียวกันกับในหน้าแล้ง แต่จะอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับภูมิประเทศที่สูงกว่า และจากแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 4.4) พบว่าคุณภาพของน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝนสอดคล้องกับบริเวณที่ได้รับสัมปทานเหมืองแร่และบริเวณที่เป็นเทือกเขารอบแอ่งน้ำบาดาลระยอง แต่ไม่สอดคล้องกับโรงงานอุตสาหกรรม หรือแหล่งฝังกลบขยะ ดังนั้น การปนเปื้อนของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งหน้าฝน น่าจะมาจากไอออนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากหินและแร่ เช่นเดียวกันกับในหน้าแล้ง



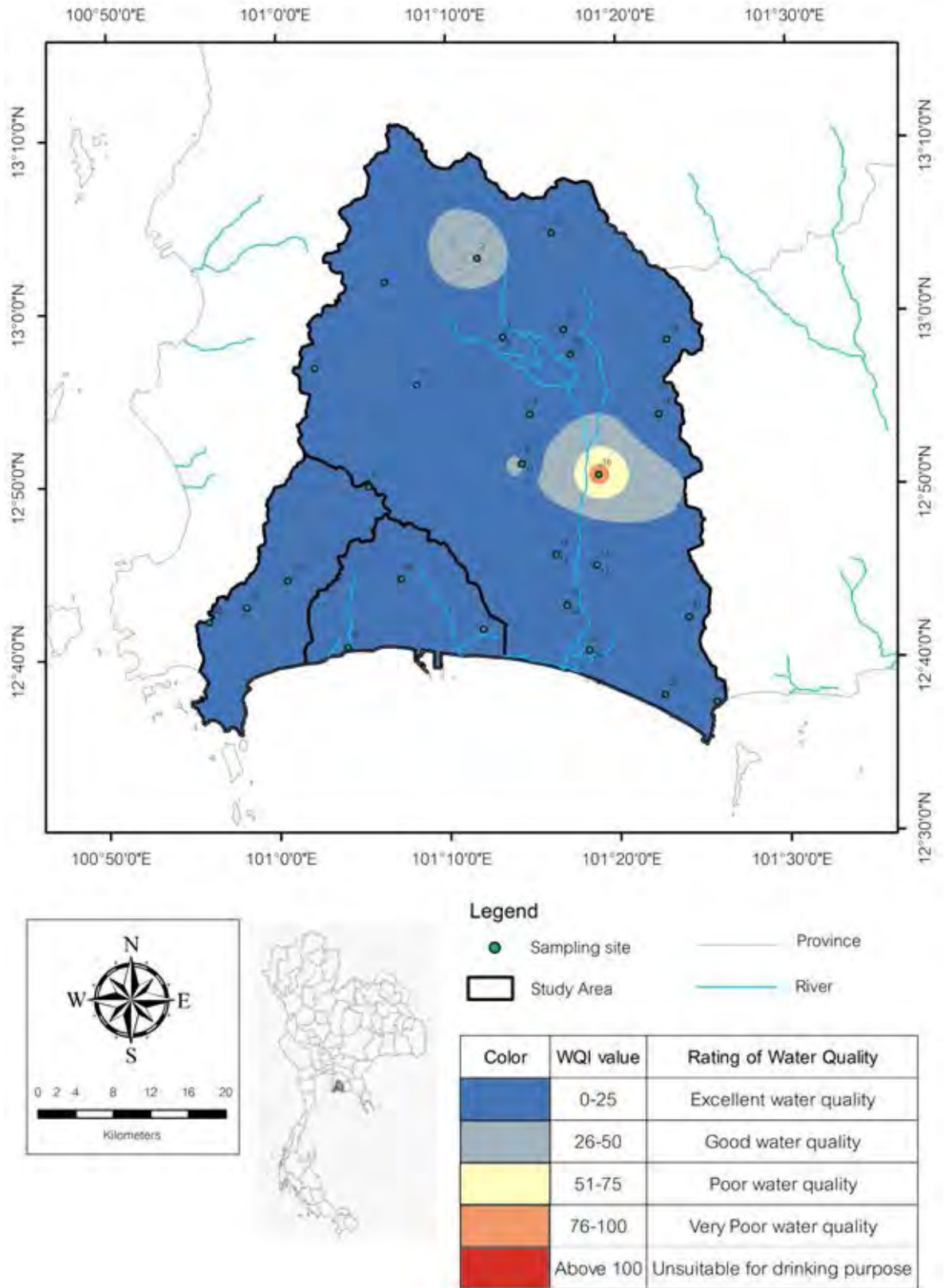
รูปที่ 4.3 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน



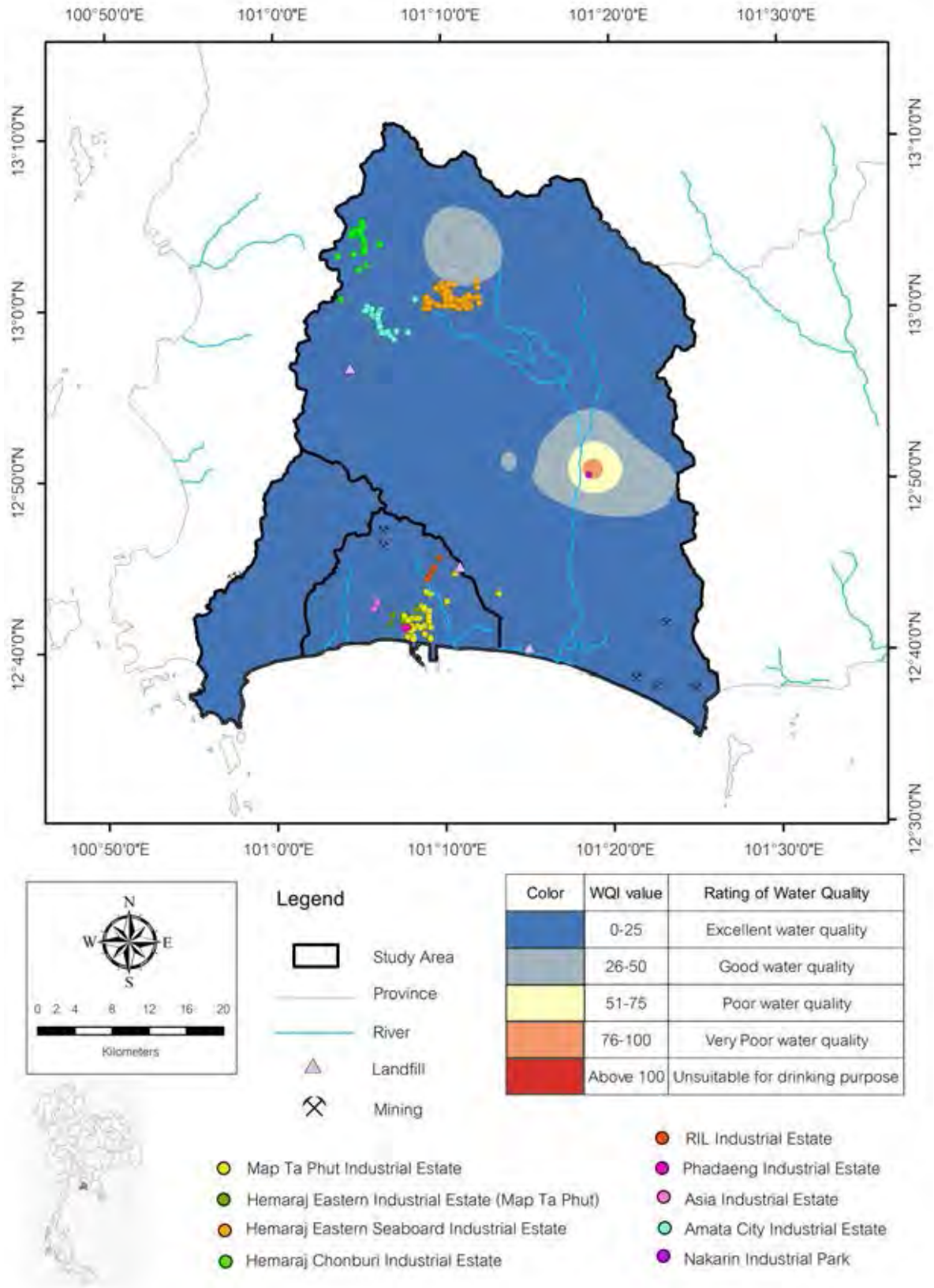
รูปที่ 4.4 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน

4.1.3 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง

จากแผนที่ (รูปที่ 4.5) คุณภาพของน้ำบาดาลโดยส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดีมากถึงดี แต่มีเพียงบางบริเวณที่ระดับคุณภาพแย่มาก โดยเฉพาะบริเวณบ่อ NBV-MW-U-RY-014 (หมายเลข 16) ตั้งอยู่ในหมู่บ้านหัวชวด ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาล พบว่ามีสารปนเปื้อนจากสารหนูสูง ทำให้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่ามากกว่าบริเวณอื่น ๆ เมื่อดูในแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 4.6) พบว่าบ่อดังกล่าวอยู่ใกล้กับบริเวณชุมชนอุตสาหกรรมนครินทร์ อินดัสเตรียลปาร์ค สาเหตุจากการปนเปื้อนจึงน่าจะมาจากของเสียจากการทำอุตสาหกรรมเป็นหลัก



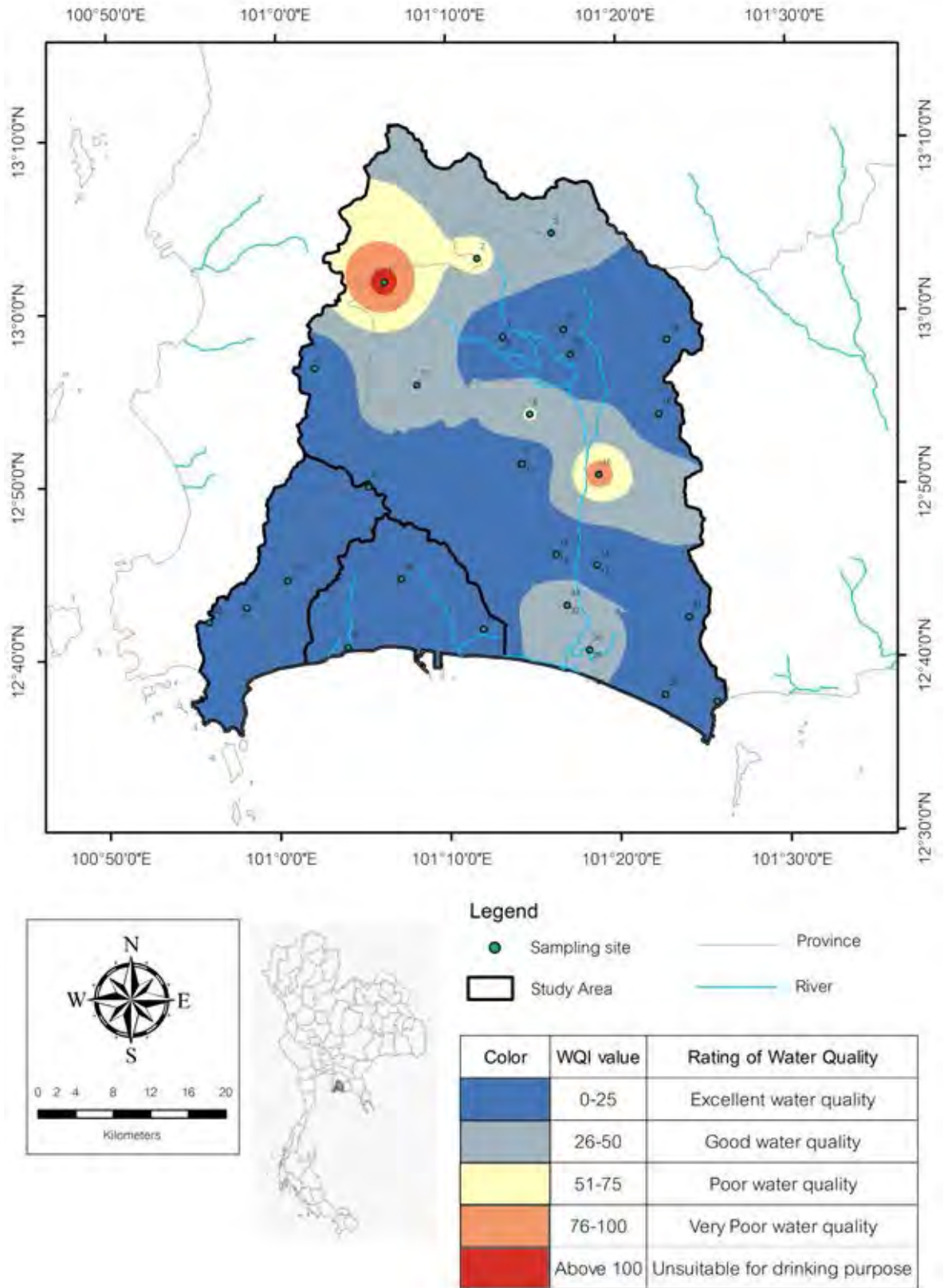
รูปที่ 4.5 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง



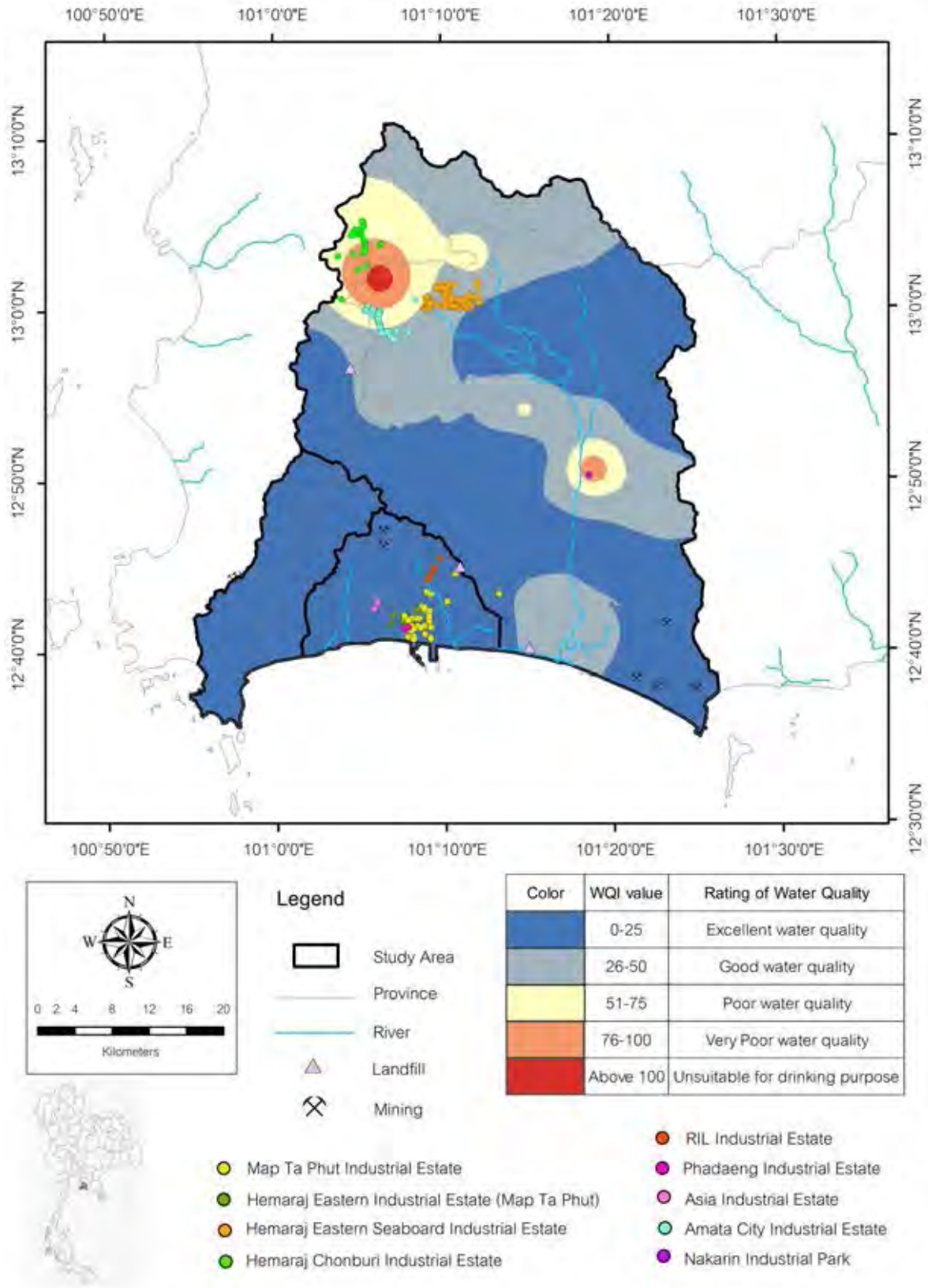
รูปที่ 4.6 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน

4.1.4 แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน

จากแผนที่ (รูปที่ 4.7) คุณภาพของน้ำบาดาลเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นน้ำหินร่วนในหน้าแล้งจะเห็นว่า ในหน้าฝนน้ำบาดาลมีคุณภาพต่ำกว่ามาก โดยพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนในน้ำบาดาลกระจายตัวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะทางตอนบนของพื้นที่ศึกษา เมื่อดูในแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 4.8) พบว่านอกจากบ่อ NBV-MW-U-RY-014 (หมายเลข 16) ที่ตั้งอยู่บริเวณชุมชนอุตสาหกรรมนครินทร์ อินดัสเตรียลปาร์ค จะมีการปนเปื้อนของสารหนูมากแล้ว ยังมีบ่อ NBV-MWU-RY-002 (หมายเลข 1) อยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่ที่บ้านบ่อวิน ตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นบริเวณที่มีนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งล้อมอยู่ ได้แก่ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมเหมราช (ชลบุรี), นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ และนิคมอุตสาหกรรมเหมราช อีสเทิร์น ซีบอร์ด จากผลการตรวจวิเคราะห์น้ำบาดาล พบว่ามีการปนเปื้อนสูงของตะกั่ว สารหนู และนิกเกิลมาก จนทำให้น้ำบาดาลบริเวณนั้นมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่สูงมากจนอันตรายต่อการนำไปใช้ในการบริโภค การปนเปื้อนของน้ำบาดาลจึงน่าจะมาจากการทำอุตสาหกรรมเช่นกัน



รูปที่ 4.7 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นหินร่วนหน้าฝน



รูปที่ 4.8 แสดงแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นหินร่วนหน้าฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน

***หมายเหตุ** ในแผนที่ดัชนีคุณภาพของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นหินร่วนทั้งสองฤดูกาล บ่อบาดาล NBV-MW-U-RY-015 (หมายเลข 17) ไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างแผนที่เนื่องจากตำแหน่งของบ่ออยู่บริเวณเดียวกันกับบ่อ NBV-MW-U-RY-014 (หมายเลข 16) หากนำค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่คำนวณได้จากทั้งสองบ่อมาใช้ โปรแกรม Arcmap จะเฉลี่ยค่าออกมาและทำให้คุณภาพน้ำบาดาลเปลี่ยนไป ในการสร้างแผนที่จึงใช้ข้อมูลของบ่อ NBV-MW-U-RY-014 ซึ่งเป็นบ่อที่มีค่าดัชนีคุณภาพสูงกว่า เพราะจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำมากกว่า

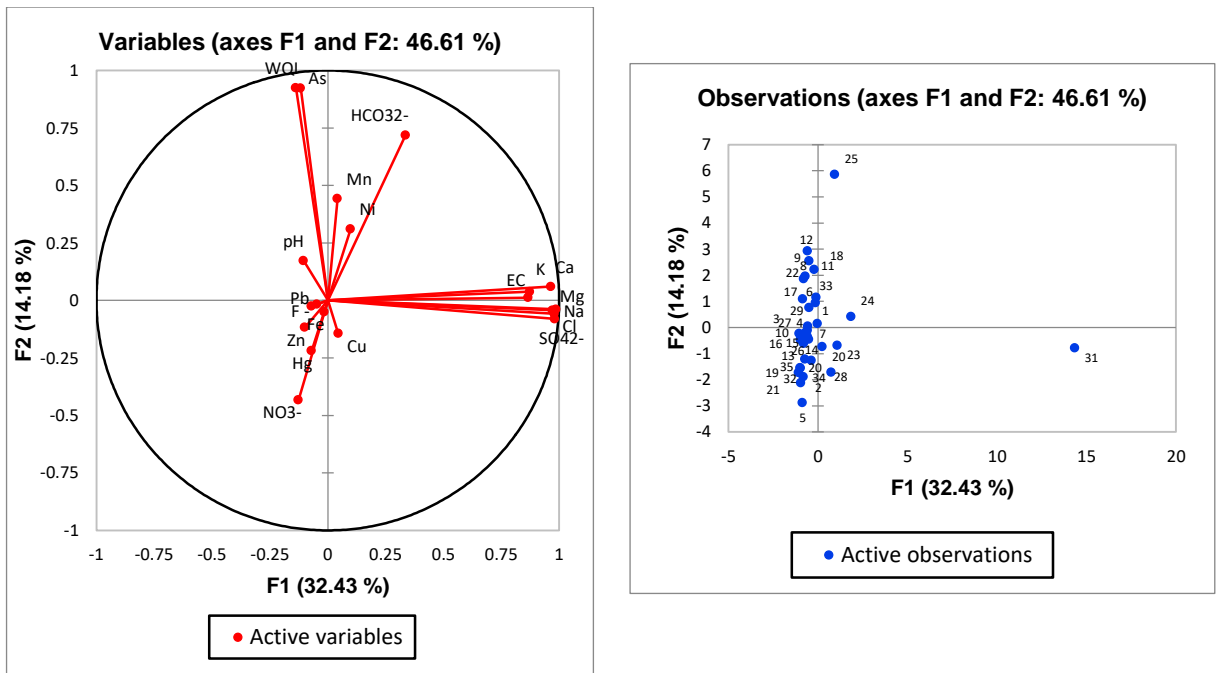
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจะอยู่ในรูปของแผนภูมิที่ประกอบไปด้วยแกน x หรือ F1 คือพารามิเตอร์ที่พบในปริมาณมากในน้ำบาดาล และแกน y หรือ F2 คือพารามิเตอร์ที่พบในปริมาณน้อย หรือธาตุโลหะหนัก

4.2.1 น้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง

น้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้งประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ ซัลเฟต และค่าความนำไฟฟ้า (EC) และโลหะหนักที่พบหลัก ๆ คือ สารหนู (รูปที่ 4.9)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต มีความสัมพันธ์กับค่าความนำไฟฟ้า เนื่องจากค่าความนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลจะมากขึ้นเมื่อมีไอออนในน้ำมาก ซึ่งไอออนอย่าง โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต และซัลเฟต ล้วนเป็นไอออนที่พบได้มากในน้ำบาดาล (Tiwari et al., 2013) น้ำฝน รวมไปถึงน้ำทะเล แต่จะมีสัดส่วนแตกต่างกันออกไป และมีบางส่วนที่อาจจะละลายมาจากแร่ เช่น โพแทสเซียมที่มาจากแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือแมกนีเซียมที่มาจากแร่ไบโอไทต์ (BGS, 2007) ซึ่งแร่ทั้งสองชนิดนี้สามารถพบได้ทั่วไปในหินแกรนิตในพื้นที่ ส่วนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำมากที่สุด คือ สารหนู และไบคาร์บอเนต



รูปที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง
 ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง

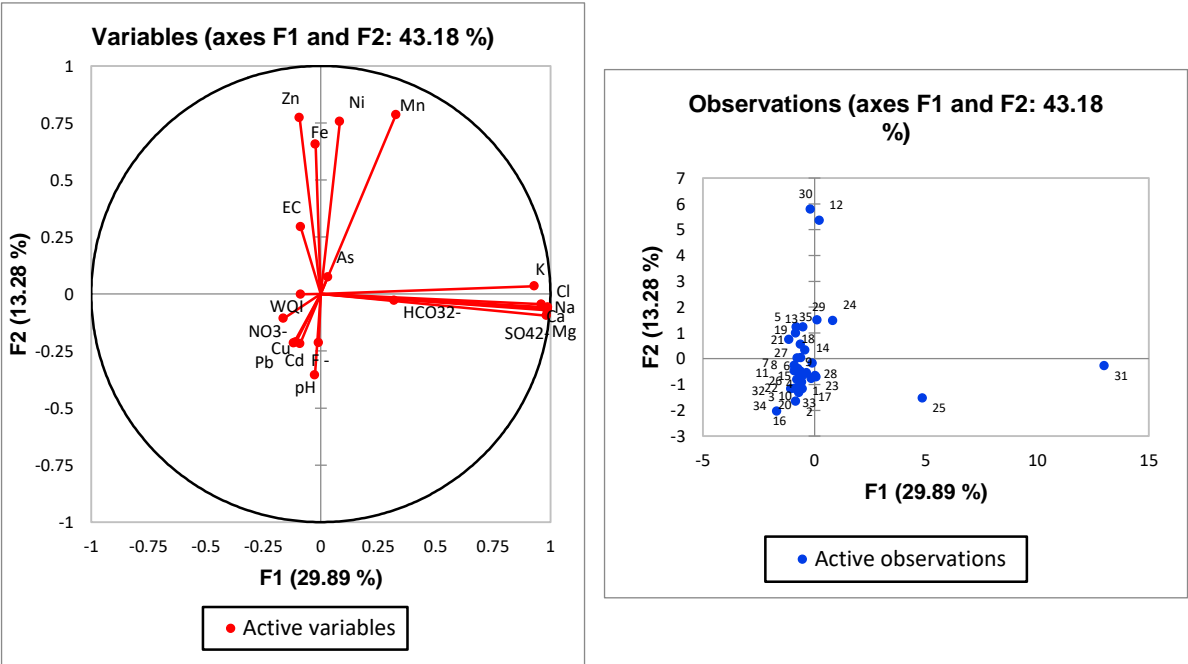
Variables	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F ⁻	HCO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	As	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	WOI	
EC	1																				
pH	0.009	1																			
Ca	0.824	-0.113	1																		
Mg	0.806	-0.104	0.943	1																	
Na	0.790	-0.104	0.927	0.997	1																
K	0.745	-0.154	0.825	0.815	0.805	1															
Fe	0.143	-0.244	-0.070	-0.046	-0.038	0.039	1														
Cl	0.791	-0.109	0.933	0.997	0.999	0.808	-0.039	1													
F ⁻	-0.012	0.339	-0.050	-0.023	0.007	-0.118	-0.087	-0.010	1												
HCO ₃ ²⁻	0.440	0.306	0.389	0.286	0.245	0.237	-0.136	0.234	-0.013	1											
SO ₄ ²⁻	0.758	-0.119	0.917	0.994	0.997	0.800	-0.059	0.995	-0.013	0.237	1										
NO ₃ ⁻	-0.176	-0.134	-0.145	-0.084	-0.077	-0.048	-0.142	-0.076	-0.063	-0.295	-0.073	1									
As	-0.164	0.112	-0.060	-0.131	-0.142	-0.036	-0.144	-0.166	0.030	0.538	-0.120	-0.220	1								
Cu	0.106	-0.024	-0.062	-0.039	-0.047	0.406	0.177	-0.037	-0.100	-0.093	-0.061	-0.096	-0.193	1							
Hg	-0.022	-0.256	-0.068	-0.042	-0.055	-0.164	-0.045	-0.050	-0.089	-0.080	-0.040	0.067	-0.137	-0.074	1						
Mn	0.101	-0.281	-0.005	-0.018	-0.023	0.183	0.313	-0.040	-0.173	0.210	0.008	-0.227	0.291	0.175	0.060	1					
Ni	-0.036	-0.327	0.131	0.086	0.077	0.157	0.115	0.078	-0.330	0.076	0.076	0.034	0.261	0.025	-0.194	0.185	1				
Pb	-0.064	-0.011	-0.037	-0.046	-0.039	-0.126	-0.030	-0.034	-0.081	0.013	-0.037	-0.069	-0.157	-0.051	-0.042	-0.043	-0.033	1			
Zn	-0.039	-0.251	-0.115	-0.093	-0.081	-0.028	0.512	-0.075	-0.113	-0.120	-0.096	0.286	-0.164	0.093	-0.110	0.130	0.260	0.499	1		
WOI	-0.157	0.059	-0.079	-0.150	-0.158	-0.060	0.010	-0.181	-0.005	0.529	-0.137	-0.268	0.942	-0.176	-0.150	0.364	0.281	0.139	0.073	1	

4.2.2 น้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน

น้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝนประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ และซัลเฟต เหมือนกับน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งหน้าแล้ง

และโลหะหนักที่พบมาก ได้แก่ สังกะสี เหล็ก นิกเกิล และ แมงกานีส ซึ่งเป็นธาตุที่ไม่ค่อยส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำจึงทำให้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำไม่สูงในแกนนี้ (รูปที่ 4.10)

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต ยังคงมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่กลับไม่สัมพันธ์กับค่าความนำไฟฟ้า เนื่องจากมีน้ำฝนเป็นตัวทำละลายมาก ค่าสารละลายในน้ำบาดาลจึงน้อยลง ส่งผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งหน้าฝนมีค่าน้อยลง ส่วนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำมากที่สุด คือ สารหนูและแคดเมียม



รูปที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน

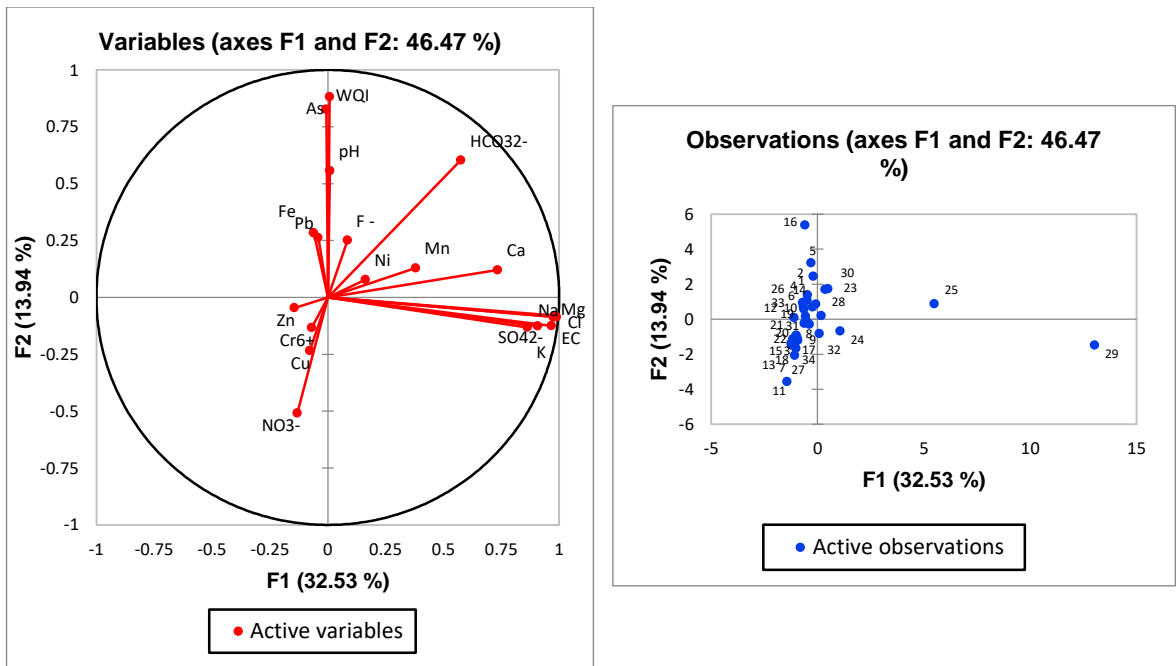
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน

Variables	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F	HCO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	As	Cd	Cu	Mn	Hg	Pb	Zn	WQI	
EC	1																				
pH	0.123	1																			
Ca	0.072	-0.025	1																		
Mg	-0.117	-0.029	0.937	1																	
Na	-0.163	-0.028	0.936	0.994	1																
K	-0.029	-0.002	0.898	0.896	0.902	1															
Fe	0.148	-0.035	-0.054	-0.039	-0.028	0.029	1														
Cl	-0.134	-0.037	0.949	0.936	0.938	0.907	-0.052	1													
F	-0.047	-0.076	-0.014	-0.013	0.020	-0.033	-0.056	0.003	1												
HCO ₃ ²⁻	0.203	0.211	0.303	0.304	0.241	0.185	-0.093	0.243	0.018	1											
SO ₄ ²⁻	-0.209	-0.022	0.940	0.937	0.936	0.901	-0.057	0.933	0.008	0.232	1										
NO ₃ ⁻	-0.130	-0.057	-0.136	-0.092	-0.079	-0.070	-0.097	-0.080	-0.086	-0.338	-0.076	1									
As	0.327	0.061	0.067	-0.018	-0.037	-0.023	-0.155	-0.036	-0.034	0.547	-0.026	-0.197	1								
Cd	-0.076	-0.020	-0.071	-0.049	-0.044	-0.069	-0.044	-0.043	-0.028	-0.215	-0.041	0.499	-0.126	1							
Cu	-0.022	0.053	-0.079	-0.098	-0.057	0.129	-0.055	-0.054	-0.070	-0.194	-0.058	0.295	-0.180	0.776	1						
Mn	0.237	-0.188	0.260	0.252	0.246	0.343	0.381	0.257	-0.160	0.086	0.225	-0.201	0.076	-0.111	-0.087	1					
Hg	0.103	-0.387	0.032	-0.032	0.038	0.121	0.027	0.043	-0.184	-0.064	0.021	0.030	0.155	0.035	-0.048	0.472	1				
Pb	-0.095	0.181	-0.055	-0.077	-0.060	-0.117	-0.072	-0.077	-0.109	-0.114	-0.074	-0.046	-0.051	-0.052	-0.075	-0.200	-0.023	1			
Zn	0.053	-0.185	-0.127	-0.112	-0.097	-0.045	0.442	-0.099	-0.147	-0.123	-0.113	0.236	-0.149	-0.071	-0.042	0.431	0.462	-0.143	1		
WQI	0.203	0.089	-0.001	-0.075	-0.077	-0.094	0.033	-0.084	-0.094	0.227	-0.079	0.121	0.443	0.508	0.310	0.022	0.217	0.342	-0.073	1	

4.2.3 น้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง

น้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้งประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ ซัลเฟต และค่าความนำไฟฟ้า (EC) เมื่อวิเคราะห์ดูแต่ละพารามิเตอร์ที่กล่าวมา และโลหะหนักที่พบมากคือ สารหนู (รูปที่ 4.11)

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต มีความสัมพันธ์กับค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งธาตุที่กล่าวมาข้างต้นล้วนเป็นไอออนที่พบได้ทั้งในน้ำบาดาล ในน้ำทะเล หรืออาจมาจากการปลดปล่อยออกมาจากแร่ต่าง ๆ ส่วนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำมากที่สุด คือ สารหนู



รูปที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง

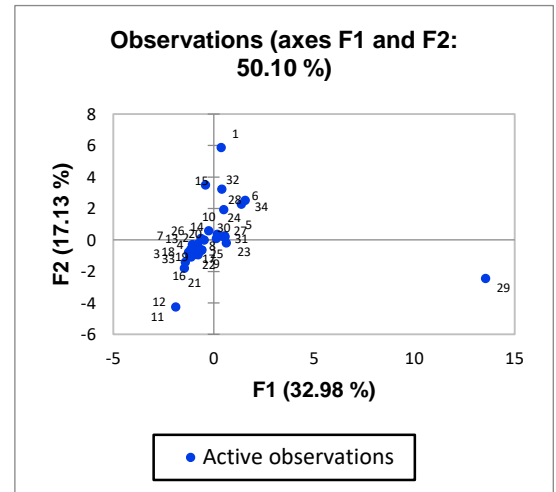
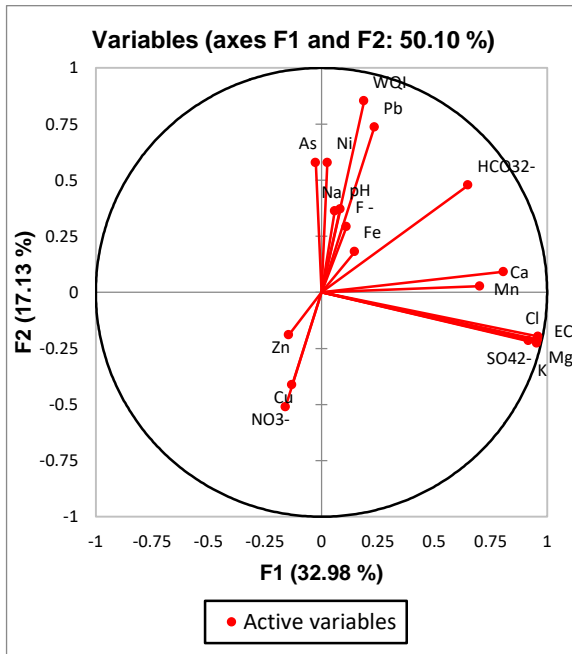
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าแล้ง

Variables	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F ⁻	HCO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	As	Cr ⁶⁺	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	WQI	
EC	1																				
pH	-0.098	1																			
Ca	0.401	0.122	1																		
Mg	0.920	-0.054	0.712	1																	
Na	0.931	-0.061	0.687	0.995	1																
K	0.747	-0.034	0.671	0.832	0.842	1															
Fe	-0.079	-0.160	-0.019	-0.086	-0.094	-0.098	1														
Cl	0.972	-0.096	0.584	0.983	0.986	0.797	-0.083	1													
F ⁻	0.043	0.234	0.067	0.057	0.095	0.039	-0.082	0.046	1												
HCO ₃ ²⁻	0.473	0.400	0.434	0.477	0.472	0.420	0.190	0.456	0.210	1											
SO ₄ ²⁻	0.858	-0.056	0.791	0.988	0.981	0.826	-0.081	0.953	0.064	0.438	1										
NO ₃ ⁻	-0.037	-0.290	-0.157	-0.067	-0.072	-0.059	-0.157	-0.039	-0.140	-0.347	-0.064	1									
As	-0.080	0.246	0.063	-0.046	-0.027	-0.092	0.205	-0.066	0.127	0.356	-0.035	-0.223	1								
Cr ⁶⁺	-0.038	0.116	-0.071	-0.050	-0.052	-0.062	-0.073	-0.041	-0.073	-0.098	-0.053	0.141	-0.095	1							
Cu	-0.051	-0.106	-0.088	-0.047	-0.049	0.063	-0.054	-0.041	-0.078	-0.195	-0.032	-0.023	-0.100	-0.032	1						
Mn	0.355	0.124	0.134	0.355	0.304	0.185	0.113	0.342	-0.072	0.391	0.283	-0.096	-0.005	-0.065	0.011	1					
Ni	0.090	-0.055	0.177	0.137	0.132	0.135	0.046	0.108	-0.134	0.047	0.142	-0.234	-0.032	0.185	-0.198	0.080	1				
Pb	-0.046	0.190	0.021	-0.060	-0.069	-0.088	-0.085	-0.057	-0.085	0.134	-0.066	-0.092	-0.013	-0.043	-0.046	-0.054	0.223	1			
Zn	-0.084	-0.076	-0.134	-0.116	-0.102	-0.030	0.092	-0.121	0.144	-0.135	-0.134	0.037	0.056	-0.091	0.460	-0.075	0.036	-0.070	1		
WQI	-0.067	0.292	0.076	-0.038	-0.025	-0.101	0.211	-0.057	0.099	0.410	-0.033	-0.250	0.963	-0.094	-0.111	0.047	0.043	0.247	0.034	1	

4.2.4 น้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน

น้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝนประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ ซัลเฟต แคลเซียม แมงกานีส และค่าความนำไฟฟ้า (EC) และ โลหะหนักที่พบมากคือ ตะกั่ว สารหนู และนิกเกิล (รูปที่ 4.12)

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต มีความสัมพันธ์กับค่าความนำไฟฟ้า แต่น้อยกว่าในน้ำแล้ง เพราะมีน้ำฝนที่เป็นตัวทำละลายและน้ำทะเลรุกเข้ามาในน้ำฝนน้อยกว่าในน้ำแล้ง ส่วนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำมากที่สุด คือ สารหนู นิกเกิล และ ตะกั่ว



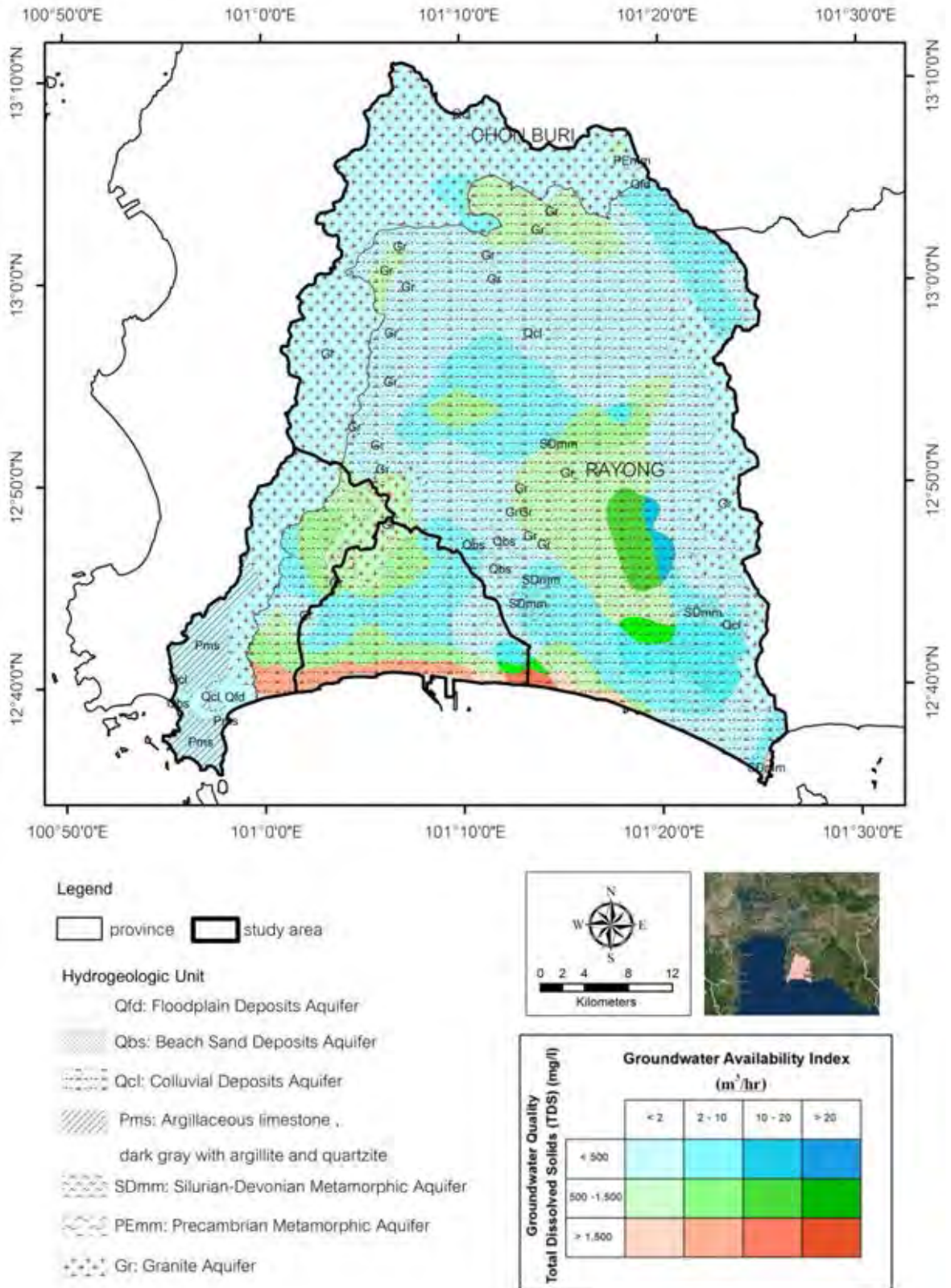
รูปที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (CA) ของพารามิเตอร์ในน้ำบาดาลในชั้นน้ำหินร่วนหน้าฝน

Variables	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F ⁻	HCO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	As	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	WOI	
EC	1																			
pH	-0.031	1																		
Ca	0.692	0.145	1																	
Mg	0.998	-0.030	0.698	1																
Na	0.001	0.290	0.021	-0.030	1															
K	0.934	0.102	0.670	0.933	0.092	1														
Fe	-0.005	-0.061	0.079	-0.003	-0.028	-0.014	1													
Cl	0.999	-0.040	0.675	0.998	-0.005	0.932	-0.014	1												
F ⁻	0.088	-0.094	0.019	0.059	0.512	0.047	-0.104	0.084	1											
HCO ₃ ²⁻	0.450	0.245	0.712	0.446	0.213	0.465	0.307	0.423	0.247	1										
SO ₄ ²⁻	0.995	-0.030	0.689	0.997	-0.014	0.941	-0.012	0.994	0.058	0.444	1									
NO ₃ ⁻	-0.037	-0.117	-0.168	-0.032	-0.214	-0.016	-0.149	-0.028	-0.197	-0.363	-0.035	1								
As	-0.093	-0.034	-0.025	-0.111	0.227	-0.141	0.004	-0.105	0.244	0.287	-0.116	-0.198	1							
Cu	-0.042	-0.188	-0.112	-0.041	-0.079	-0.021	-0.062	-0.036	-0.090	-0.229	-0.043	0.891	-0.115	1						
Mn	0.603	0.048	0.501	0.604	-0.097	0.523	0.689	0.598	-0.035	0.504	0.588	-0.070	-0.055	-0.045	1					
Ni	-0.042	0.295	0.010	-0.034	-0.051	-0.072	-0.020	-0.047	-0.046	0.129	-0.058	-0.015	0.060	-0.014	-0.007	1				
Pb	0.111	0.225	0.252	0.104	0.086	0.046	0.109	0.100	0.073	0.346	0.079	-0.121	0.214	-0.073	0.189	0.752	1			
Zn	-0.071	-0.195	-0.135	-0.068	-0.117	-0.097	-0.101	-0.063	-0.144	-0.230	-0.062	0.244	-0.127	0.182	-0.070	0.156	0.020	1		
WOI	0.057	0.165	0.195	0.043	0.169	-0.019	0.112	0.042	0.170	0.420	0.021	-0.190	0.634	-0.112	0.151	0.631	0.890	-0.043	1	

4.3 เปรียบเทียบแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลกับแผนที่อุทกธรณีวิทยา

แผนที่อุทกธรณีวิทยาเป็นแผนที่ที่บอกถึงหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ปริมาณน้ำบาดาล และคุณภาพของน้ำบาดาล ซึ่งคุณภาพของน้ำบาดาลนั้นจะดูจากปริมาณไอออนทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาล (Total Dissolved Solids) โดยไม่สนใจว่าไอออนนั้นเป็นไอออนของธาตุชนิดใด มีอันตรายต่อร่างกายมากน้อยเพียงใด ดังนั้น ธาตุที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในแผนที่อุทกธรณีวิทยา จึงเป็นธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากในน้ำบาดาล เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น ในแผนที่อุทกธรณีวิทยาในแอ่งน้ำบาดาลระยอง (รูปที่ 4.13) คุณภาพของน้ำบาดาลที่ต่ำ (บริเวณที่เป็นสีแดง) จึงอยู่ใกล้กับชายฝั่งทะเลที่มีการรุกของน้ำทะเลเข้ามาสู่ระบบน้ำบาดาล ทำให้ปริมาณไอออนของน้ำบาดาลในบริเวณนั้นมีมาก แต่หากพิจารณาชนิดของไอออนแล้ว ไอออนที่มาจากน้ำทะเล อย่างเช่น โซเดียม คลอไรด์ แคลเซียม หรือซัลเฟต มีอันตรายต่อร่างกายน้อยกว่าธาตุโลหะหนัก อย่างเช่น สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม หรือนิกเกิล (WHO, 2017) ที่พบได้ในปริมาณที่ไม่มาก แต่หากได้รับไปเพียงเล็กน้อยก็เป็นอันตรายได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วธาตุโลหะหนักเหล่านี้จะปนเปื้อนสู่ชั้นน้ำบาดาลจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการทำเหมืองแร่ การทิ้งกากของเสียต่าง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม และอื่น ๆ อีกมากมาย ในแผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาล (รูปที่ 4.1, 4.3, 4.5 และ 4.7) จึงพบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ดีจะอยู่ใกล้กับบริเวณดังกล่าว เพราะค่าดัชนีคุณภาพน้ำจะถ่วงน้ำหนักปริมาณของธาตุโลหะหนักหรือธาตุที่เป็นพิษต่อร่างกายมากกว่าปริมาณไอออนที่เป็นองค์ประกอบหลักที่พบมากในน้ำบาดาล



รูปที่ 4.13 แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยอง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. น้ำบาดาลในชั้นหินร่วน มีคุณภาพต่ำกว่าน้ำบาดาลในชั้นแข็ง เพราะชั้นหินร่วนมีโอกาสปนเปื้อนจากไอออนของธาตุโลหะหนัก โดยเฉพาะสารหนู (As) ที่พบว่ามี การปนเปื้อนอยู่ในดินในพื้นที่ศึกษาในหลายบริเวณ โดยเฉพาะในหน้าฝน น้ำบาดาลในชั้นหินร่วนจะมีคุณภาพต่ำกว่าในหน้าแล้ง เนื่องจากน้ำฝนจะชะล้างธาตุโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน ไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาล
2. น้ำบาดาลในชั้นหินร่วนส่วนใหญ่จะปนเปื้อนมาจากแหล่งอุตสาหกรรมหรือพื้นที่ฝังกลบขยะ ในขณะที่น้ำบาดาลในชั้นหินแข็งส่วนใหญ่จะปนเปื้อนจากแหล่งแร่ตามบริเวณขอบของพื้นที่ศึกษา
3. ค่า WQI ที่คำนวณได้ ได้มาจากการถ่วงน้ำหนักตามความอันตรายของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อร่างกาย ทำให้ธาตุโลหะหนักมีผลต่อค่า WQI มากกว่าพารามิเตอร์ชนิดอื่น ๆ
4. สารหนูมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอย่างมาก ($r=0.9$) เนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีปริมาณสารหนูเกินกว่าค่ามาตรฐานในหลายบริเวณ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นพื้นที่ในเขตอุตสาหกรรม
5. ไอออนที่พบได้มากในน้ำบาดาลแอ่งน้ำบาดาลระยะของในชั้นน้ำหินแข็งและชั้นน้ำหินร่วน ทั้ง 2 ฤดูกาล ได้แก่ แคลเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม โพแทสเซียม และซัลเฟต
6. แผนที่อุทกธรณีวิทยาบ่งบอกคุณภาพของน้ำบาดาลโดยคำนวณจากปริมาณไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำทั้งหมด โดยไม่สนใจชนิดของไอออน ในขณะที่แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำบาดาลจะพิจารณาชนิดของธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำร่วมด้วย ทำให้แผนที่คุณภาพของน้ำบาดาลทั้งสองแตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีข้อมูลผลวิเคราะห์อุทกธรณีเคมีในน้ำบาดาลมากกว่านี้ เพื่อให้บ่อบาดาลกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และมีความน่าเชื่อถือของผลที่ได้มากยิ่งขึ้น
2. หากมีผลการวิเคราะห์ไอโซโทปจะช่วยให้ทราบแหล่งที่มาของการปนเปื้อนได้ดียิ่งขึ้น

3. ในการสร้างแผนที่ควรใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) แบบ topo to raster เพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับอุทกธรณีมากกว่า และจะใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์ในการสร้างแผนที่ร่วมด้วย แต่เนื่องจากไฟล์ที่นำเข้าไปโปรแกรม Arcmap ไม่สามารถสร้างแผนที่ด้วยวิธี topo to raster ได้ จึงต้องใช้วิธี Inverse Distance Weighted (IDW) แทน

บรรณานุกรม

- Akter. T., et al. 2016. Water quality index for measuring drinking water quality in rural Bangladesh: a cross-sectional study. *Journal of Health, Population and Nutrition* 35: 4-4.
- Boateng, T.K., Opoku, F., Acquah, S.O., Akoto, O. 2016. Groundwater quality assessment using statistical approach and water quality index in Ejisu-Juaben Municipality. *Ghana Environmental Earth Sciences* 75: 1-14.
- British Geological Survey: Natural Environment Research Council. 2007. The Natural (baseline) quality of groundwater in England and Wales., 3-63.
- Kim. J.H., Kim. K.H., Thao. N.T., Batsaikhan. B., Yun. S.T. 2017. Hydrochemical assessment of freshening saline groundwater using multiple end-members mixing modeling: A study of Red River delta aquifer, Vietnam. *Journal of Hydrology* 549: 703-714.
- Rabeiy, R.E. 2017. Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in UpperEgypt area. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 1-10.
- Subramani, T., Elango, L., Damodarasamy, S.R. 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. *Environmental Geology* 47: 1099-1110.
- Tiwari. R.N., Mishra. S., Pandey. P. 2013. Study of major and trace elements in groundwater of Birsinghpur Area, Satna District Madhya Pradesh, India. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 5(7) : 380-386.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P. 2013. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*. 1(3) : 34-38.
- Vasanthavigar, M. et al. 2010. Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. *Environ Monit Assess* 171:595-609

World Health Organization. 2017. Guidelines for Drinking Water Quality Recommendations, 1, Fourth Edition. WHO.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2551. **โครงการประเมินศักยภาพด้านคุณภาพน้ำบาดาล วางระบบติดตามการปนเปื้อนและวางแผนรายละเอียดการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2555. **โครงการสำรวจและศึกษาค่าพื้นฐานโลหะหนักในน้ำบาดาลแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2558. **รายงานสถานการณ์น้ำบาดาลประเทศไทย.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าแล้ง

No.	รหัสบ่อ	X	Y	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F ⁻	HCO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	As	Cd	Cr ⁶⁺	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
35	NBV-MWC-RY-002	728381	1441259	319	7.6	37.83	6.244	20.95	3.143	0.0606	18.3	0.629	175	6.00	1.98	0.0072	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0267	0.006	0.0007	0.098
36	NBV-MWC-RY-003	734969	1450948	146	6.4	12.77	0.8979	9.231	3.062	0.1006	9.15	0.199	68.0	3.84	12.9	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1245	0.001	0.0007	0.069
37	NBV-MWC-RY-004	727893	1451134	172	7.30	26.27	0.8606	6.243	3.864	0.1053	11.2	0.277	113	6.30	0.306	0.0063	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0219	0.0065	0.0007	0.288
38	DCD3730	739091	1448069	228	6.8	15.91	3.549	16.22	7.969	0.0483	25.9	0.150	11.5	79.4	0.257	0.0062	0.0004	0.01	0.003	0.0001	1.444	0.001	0.0007	0.1328
39	DH373	732689	1448956	228	6.50	9.655	3.256	22.63	8.675	0.1113	25.4	0.630	76.9	2.46	50.0	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1140	0.0095	0.0007	17.18
40	NBV-MWC-RY-025	746080	1446614	269	7.2	31.98	5.265	14.95	4.779	0.021	8.48	0.158	233	0.10	0.957	0.0102	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0085	0.0007	0.0329
41	งจ3042	747496	1442090	213	6.60	37.99	3.700	11.19	4.119	0.0326	9.37	0.173	156	7.91	3.85	0.0058	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0580	0.0088	0.0007	0.0684
42	NBV-MWC-RY-012	726667	1419538	157	7.8	52.13	7.219	24.5	2.231	0.1062	22.3	2.78	312	17.9	0.642	0.0161	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0889	0.0056	0.0007	0.0894
43	NBV-MWC-RY-003	734139	1420843	226	6.4	46.94	6.653	40.78	6.951	0.0376	15.6	1.88	205	22.3	0.097	0.0245	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1024	0.0104	0.0007	0.0292
44	NBV-MWC-RY-010	743826	1427310	343	7.8	13.09	4.18	49.72	6.304	0.0855	10.7	2.74	231	15.1	16.4	0.0087	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.0384
45	NBV-MWC-RY-005	720926	1432186	400	7.3	59.46	8.605	21.41	4.82	0.0451	18.3	1.79	370	8.73	0.01	0.0181	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1969	0.001	0.0007	0.0388
46	580900000.0	719797	1412851	166	6.7	41.96	5.384	13.25	7.356	0.8963	15.8	0.734	270	0.911	0.01	0.0219	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.7246	0.0142	0.0007	15.12
47	TD36	742334	1415087	237	6.90	31.17	1.006	6.407	0.8708	0.4912	14.7	0.010	182	0.1	0.899	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.18096	0.0054	0.0154	18.16
48	TD386	739692	1419001	152	7.10	9.061	1.458	13.00	5.639	0.0470	4.91	0.602	53.9	2.82	8.24	0.0087	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1121	0.0069	0.0007	0.0587
49	TD174	728641	1425583	185	6.80	11.67	2.108	14.57	7.102	0.0664	20.8	0.414	58.4	0.772	14.6	0.0091	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0110	0.0007	0.1170
50	บ่อบาดาล บ้านมาบข่าหวาน	720317	1430143	301	7.30	29.27	8.518	17.57	6.529	0.0745	20.5	0.901	154	17.3	14.3	0.0066	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0228	0.0074	0.0007	0.2384
51	งจ2003	736658	1431183	315	7.00	46.130	7.434	17.5	6.112	0.0605	11.2	0.429	276	7.18	0.102	0.0053	0.0004	0.01	0.0091	0.0001	1.513	0.0105	0.0007	0.0299
52	NBV-MWC-RY-008	758375	1435300	229	7.0	21	3.757	14.66	4.182	0.0337	4.69	0.326	170	6.67	0.394	0.0206	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0179	0.0086	0.0007	0.1111
53	TD16	755093	1421353	169	6.6	4.135	1.16	11.5	1.783	5.136	10.0	0.010	47.0	0.192	0.882	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1899	0.0052	0.0007	3.878
54	NBV-MWC-RY-007	713721	1406653	494	6.4	29.35	4.634	8.162	1.005	0.6345	9.82	0.250	170	10.1	0.540	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0002	0.8303	0.0053	0.0007	0.0778
55	NBV-MWC-RY-015	709732	1405099	132	6.6	17.51	9.964	9.177	1.967	0.3081	15.6	0.300	114	21.9	13.7	0.0061	0.0004	0.01	0.003	0.0002	0.0277	0.001	0.0007	0.0823
56	บ่อบาดาลหมู่บ้านหนองหญ้า	709535	1405084	377	7.1	56.83	23.11	9.313	1.810	0.3377	15.8	0.118	354	10.5	4.28	0.0093	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0065	0.0007	0.1255
57	CB147	710311	1399559	992	7.50	72.52	29.53	185.8	5.644	0.1491	495	0.599	277	22.9	0.944	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0065	0.001	0.0007	0.4747
58	NBV-MWC-RY-022	724485	1402445	645	6.7	303.2	33.82	130.8	17.83	0.0459	549	0.911	253	24.7	0.234	0.0073	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0081	0.0007	0.0146
59	NBV-MWC-RY-021	738885	1404416	488	6.6	100	25.05	144.8	18.69	2.805	120	0.289	401	116	0.164	0.0343	0.0004	0.01	0.003	0.0001	2.166	0.0079	0.0007	0.1296
60	NBV-MWC-RY-016	730156	1409758	120	7.1	14.9	2.52	23.44	7.354	0.0452	9.82	0.168	69.3	7.87	0.664	0.0051	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.009	0.0007	0.0621
61	งจ8022	741955	1408943	225	6.9	26.28	2.436	11.62	3.326	0.7262	14.3	0.377	159	0.158	0.600	0.0066	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1157	0.0053	0.0007	0.8563
62	X854	720966	1403872	451	7.10	35.42	10.93	34.85	29.38	0.2657	179	0.256	135	3.93	3.17	0.0003	0.0004	0.01	0.0397	0.0001	0.2509	0.001	0.0007	2.331
63	X855	726081	1405719	335	6.70	21.74	8.115	37.56	12.89	0.8495	33.0	0.534	142	0.871	0.248	0.0064	0.0004	0.01	0.0249	0.0001	0.7608	0.0129	0.0007	1.830
64	DCD23279	723406	1404701	629	7	32.06	12.03	88.68	11.340	17.28	248	0.185	98.4	1.55	0.177	0.0003	0.0004	0.01	0.0135	0.0001	0.9704	0.0097	0.0007	17.92
65	NBV-MWC-RY-011	763789	1396797	1496	6.7	697.7	402.6	3093	49.93	0.026	9.238	1.11	299	1.784	1.12	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1833	0.008	0.0007	0.0157
66	NBV-MWC-RY-013	760812	1405741	135	6.0	12.88	2.256	20	3.419	0.005	10.9	0.097	53.6	12.3	7.58	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0075	0.0007	0.0164
67	โรงเรียนวัดยายตา	757573	1402680	301	7.10	10.9	2.796	61.66	2.69	0.2855	27.4	6.50	178	3.77	0.0	0.0172	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.078	0.001	0.0007	2.106
68	TD456	755042	1399272	281	7.4	1.726	0.8014	54.6	1.467	0.5534	21.9	13.9	89.4	0.10	1.70	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.2472
69	TD389	756134	1402326	231	6.8	19.62	2.777	14.79	3.277	3.831	7.52	0.741	143	0.10	0.01	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.3656	0.001	0.0007	5.194

ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในชั้นน้ำหินแข็งหน้าฝน

No.	รหัสบ่อ	X	Y	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	F ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	As	Cd	Cr ⁶⁺	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
35	NBV-MWC-RY-002	728381	1441259	782	7.6	59.1	15.7	40.96	6.028	0.0376	21.4	1.08	334	9.02	0.01	0.0136	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0423	0.0057	0.0007	0.005
36	NBV-MWC-RY-003	734969	1450948	180	7.2	82.2	7.02	115.8	4.801	0.2158	10.5	0.263	71.6	2.74	7.26	0.0014	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0138	0.005
37	NBV-MWC-RY-004	727893	1451134	185	7.7	25.2	1.05	6.291	3.385	0.0876	9.37	0.390	113	7.79	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1677	0.001	0.0007	0.0449
38	DCD3730	739091	1448069	193	7.1	12.1	2.92	9.576	6.669	0.0459	17.6	0.299	39.4	42.2	3.72	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.4946	0.001	0.0007	0.1307
39	DH373	732689	1448956	249	6.4	7.7	2.81	18.10	7.128	0.1141	19.6	0.786	68.0	6.60	80.6	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0756	0.0061	0.0007	12.61
40	NBV-MWC-RY-025	746080	1446614	325	6.2	33.9	5.42	15.51	4.912	0.0576	4.91	0.259	235	2.25	0.314	0.0080	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0083	0.0120	0.005
41	งจ3042	747496	1442090	139	6.4	7.03	2.11	7.708	4.693	0.0141	10.3	0.216	13.3	7.82	15.0	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0161	0.0087	0.0007	0.0582
42	NBV-MWC-RY-012	726667	1419538	505	6.6	69.5	10.3	38.95	3.088	0.0383	22.3	2.83	264	11.7	0.010	0.0201	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0421	0.001	0.0007	0.005
43	NBV-MWC-RY-003	734139	1420843	375	6.6	17.8	3.59	22.15	9.084	0.0500	19.9	0.327	31.4	51.1	0.514	0.0035	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1032	0.001	0.0007	0.2022
44	NBV-MWC-RY-010	743826	1427310	409	7.5	19.2	5.96	82.71	9.465	0.1615	7.59	2.21	220	7.46	10.3	0.0109	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.005
45	NBV-MWC-RY-005	720926	1432186	624	7.2	77.6	12.6	33.30	7.244	0.0557	16.3	1.76	377	1.66	0.010	0.0215	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.5670	0.001	0.0007	0.005
46	5809000000.0	719797	1412851	438	6.0	48.1	4.77	30.42	11.15	1.017	14.7	0.769	217	0.100	0.010	0.0146	0.0004	0.01	0.003	0.0001	1.733	0.0336	0.0007	11.19
47	TD36	742334	1415087	210	6.5	35.9	0.766	11.48	1.426	0.4876	14.3	0.050	156	2.47	1.57	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1408	0.0061	0.0007	13.69
48	TD386	739692	1419001	105	5.6	5.0	1.02	17.22	8.649	0.0229	14.7	0.158	13.2	2.92	11.6	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0416	0.0075	0.0007	0.0481
49	TD174	728641	1425583	169	6.5	10.0	1.94	11.69	6.103	0.0318	15.6	0.494	54.7	0.969	26.3	0.0073	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0062	0.0007	0.0813
50	บ่อบาดาล บ้านนาบ่อขาว	720317	1430143	173	6.5	6.1	2.00	14.12	4.244	0.0382	15.6	0.875	21.6	3.54	53.6	0.0003	0.0031	0.01	0.0064	0.0001	0.0080	0.0066	0.0007	0.2446
51	งจ2003	736658	1431183	315	7.00	14.15	5.369	9.849	4.33	0.0791	9.29	0.294	276	7.53	0.106	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0671	0.001	0.0007	0.0228
52	NBV-MWC-RY-008	758375	1435300	262	5.4	21.6	3.62	19.25	5.401	0.1399	4.46	0.374	170	6.44	0.010	0.0168	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0105	0.0007	0.7846
53	TD16	755093	1421353	237	5.5	7.82	1.46	11.59	1.920	2.761	2.23	0.146	58.8	0.434	0.010	0.0024	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.4122	0.001	0.0007	5.487
54	NBV-MWC-RY-007	713721	1406653	266	6.6	20.9	2.86	8.597	1.046	0.0402	8.18	0.110	169	9.93	0.010	0.0017	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0210	0.001	0.0007	0.0057
55	NBV-MWC-RY-015	709732	1405099	298	6.4	41.0	7.68	11.87	2.174	0.0382	21.7	0.131	148	15.8	2.41	0.0038	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.8905	0.001	0.0007	0.0783
56	บ่อบาดาลหมู่บ้านหนองหญ้า	709535	1405084	309	6.5	47.7	38.8	11.36	2.871	0.2227	32.6	0.602	494	7.72	0.010	0.0091	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.1137
57	CB147	710311	1399559	348	6.5	68.9	52.7	169.5	5.086	0.8131	500	0.230	276	25.8	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.0071	0.001	0.0007	0.7855
58	NBV-MWC-RY-022	724485	1402445	2117	6.5	325	33.3	105.2	17.61	0.3303	725	0.961	168	12.5	0.010	0.0082	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.6784	0.0082	0.0007	0.005
59	NBV-MWC-RY-021	738885	1404416	0	6.9	538	160	1,342	39.00	0.0461	3,080	2.53	227	864	0.010	0.0097	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.005
60	NBV-MWC-RY-016	730156	1409758	144	6.4	17.3	2.59	14.97	6.308	0.0346	8.93	0.205	67.8	0.426	0.850	0.0046	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0061	0.0007	0.0096
61	ง8022	741955	1408943	140	6.2	32.3	2.8	18.78	4.513	0.4454	13.8	0.568	152	2.51	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.1653	0.0051	0.0007	2.291
62	X854	720966	1403872	452	6.9	42.29	12.11	46.54	32.75	0.3052	107	0.010	136	4.07	6.29	0.0003	0.0004	0.01	0.0057	0.0001	0.2778	0.001	0.0007	2.715
63	X855	726081	1405719	140	6.0	27.3	10.7	53.46	16.99	0.3276	68.1	0.577	134	3.29	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.9637	0.0144	0.0007	0.0553
64	DCD23279	723406	1404701	634	6.6	39.86	13.75	119.7	13.28	22.85	225	0.010	107	0.891	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	1.084	0.0126	0.0007	17.66
65	NBV-MWC-RY-011	763789	1396797	0	6.3	883	503	3,820	73.83	0.1722	8,837	1.17	293	2,038	1.80	0.0018	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.9711	0.0083	0.0007	0.005
66	NBV-MWC-RY-013	760812	1405741	153	7.2	15.5	2.61	15.37	3.770	0.0454	10.3	0.283	54.0	3.94	4.04	0.0035	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.0059	0.0116	0.005
67	โรงเรียนวัดยายตา	757573	1402680	3	6.5	3.71	0	71.61	3.764	0.0901	28.6	10.4	183	3.12	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.3146
68	TD456	755042	1399272	339	6.1	4.45	0.665	63.17	2.721	1.113	22.3	16.6	88.2	0.100	0.239	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.005	0.001	0.0007	0.005
69	TD389	756134	1402326	275	6.8	25.1	3.75	23.82	4.781	3.245	8.48	0.918	150	2.03	0.010	0.0003	0.0004	0.01	0.003	0.0001	0.5829	0.0095	0.0007	4.867

