โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

รายงานฉบับสมบูรณ์

เสนอต่อ
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
มิถุนายน 2552

โดย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

รายงานฉบับสมบูรณ์

เสนอต่อ
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
มิถุนายน 2552

โดย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง

จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์/โทรสาร 053-943480

www.gtsc.science.cmu.ac.th

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

49 ซอย 30 ถนนพระราม 6 เขตพญาไท

กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0-229-3965-6

www.dgr.go.th

กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ที่ได้มอบความไว้วางใจให้ดำเนินการศึกษาโครงการ การศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ และการดำเนินงานได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่าง ๆ จาก นางสาวสมคิด บัวเพ็ง อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล นายโชติ ตราชู รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล รวมทั้ง คณะกรรมการดำเนินการจ้าง และคณะกรรมการตรวจสอบงาน ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลทุกท่าน ทำให้โครงการ สามารถดำเนินงานไปได้อย่างราบรื่น และบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

คณะทำงาน
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มิถุนายน 2552

คณะทำงานฝ่ายกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คณะกรรมการดำเนินการจ้างที่ปรึกษา

1)	นางอรัญญา	เฟื่องสวัสดิ์	ประธานกรรมการ
2)	นายบรรจง	พรมจันทร์	กรรมการ
3)	นางจันทรรัตน์	พิณสัมพันธ์	กรรมการ
4)	นายวีรพล	เบญจมาลา	กรรมการ
5)	นางอมรรัตน์	ภู่อิ่ม	กรรมการ

คณะกรรมการตรวจสอบงาน

1)	นางโศภิษฐ์	ภิรมย์เลิศ	ประธานกรรมการ
2)	นางวิลาวัณย์	ไทยสงคราม	กรรมการ
3)	นายวัฒนพงศ์	มนตรี	กรรมการ
4)	นางสาวหทัยรัตน์	ชัยปรีชาพล	กรรมการ
5)	นางสาวอุไร	บางยี่ขัน	กรรมการ

คณะทำงานฝ่ายมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1)	ผศ.ดร.ฟองสวาท	สุวคนธ์ สิงหราชวราพันธ์	ผู้จัดการโครงการ
2)	ดร. สราวุธ	จันทรประเสริฐ	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
3)	ดร. วีระพันธ์	ศรีจันทร์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
4)	ดร. ศตวรรษ	แสนทน	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
5)	รศ.ดร.สัมพันธ์	สิงหราชวราพันธ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีฟิสิกส์
6)	นายวงษ์เทพ	ตั้งศิริกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา
7)	ผศ.ดร.อัมรินทร์	บุญตัน	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
8)	ดร.ชัชวาล	ชัยชนะ	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน
9)	นายพิเชษฐ์	แก้วสมวาง	นักธรณีวิทยา
10)	นายบุญญสิทธิ์	คิ้วดวงตา	นักอุทกธรณีวิทยา
11)	นายณัฐพร	ไชยญาติ	วิศวกรโยธา
12)	นางสาวปิยนุช	โพธิเกิด	ผู้ประสานงาน
13)	นางสาวศุภรัตน์	ศรีลา	เลขานุการ
14)	นางสาวดรุณี	คุณยศยิ่ง	พนักงานคอมพิวเตอร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ **ก**

สารบัญรูป **จ**

สารบัญตาราง **ฌ**

บทที่ 1 บทนำ **1-1**

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1-2

1.3 พื้นที่ศึกษา 1-2

1.4 ขอบเขตการศึกษา 1-2

1.5 ระยะเวลาดำเนินการ 1-4

1.6 คณะผู้ศึกษา 1-4

1.7 ขั้นตอนการศึกษา 1-5

1.8 วิธีการศึกษา 1-7

บทที่ 2 ข้อมูลแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย **2-1**

2.1 แหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย 2-1

2.2 สภาพทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อน 2-1

2.3 แหล่งความร้อนต้นกำเนิดของแหล่งน้ำพุร้อน 2-4

2.4 สภาพธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน 2-6

2.5 อุณหภูมิแหล่งกักเก็บจากค่าทางเคมี 2-11

2.6 การศึกษาด้านไอโซโทปของน้ำพุร้อนในประเทศไทย 2-18

บทที่ 3 การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำสำหรับเป็นพื้นที่กรณีศึกษา **3-1**

3.1 การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จำนวน 10 แหล่ง 3-1

3.1.1 แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในภาคเหนือของประเทศไทย 3-1

3.1.2 สภาพธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้นของแหล่งน้ำพุร้อน ในภาคเหนือของประเทศไทย 3-1

3.1.3 อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำพุร้อน 3-5

3.1.4 สภาพธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน 3-6

3.1.5 การพิจารณาคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จำนวน 10 แหล่ง 3-8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.6 การศึกษาข้อมูลของแหล่งน้ำร้อนที่ทำการคัดเลือกไว้ในขั้นต้น จำนวน 10 แหล่ง 3-10
3.1.7 การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี 3-11
3.2 การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง 3-15
3.2.1 การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่มตามการพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ 3-15
3.2.2 การพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ตามความเหมาะสมของการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ 3-16

บทที่ 4 การสำรวจภาคสนามและการเจาะสำรวจ 4-1

4.1 การสำรวจด้านธรณีวิทยา 4-1
4.1.1 การสำรวจธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-1
4.1.2 การสำรวจธรณีวิทยาบริเวณ แหล่งน้ำร้อน โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-2
4.1.3 การสำรวจธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-7
4.2 การสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา 4-10
4.2.1 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-10
4.2.2 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบริเวณ แหล่งน้ำร้อน โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-15
4.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-17
4.2.4 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น 4-22
4.2.5 อัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ 4-26
4.3 การสำรวจด้านธรณีฟิสิกส์ 4-30
4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ และวิธีการสำรวจภาคสนาม 4-30
4.3.2 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง 4-31
4.4 การวัดอุณหภูมิในหลุมเจาะระดับตื้น 4-39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและวิธีการสำรวจภาคสนาม 4-39
4.4.2 การเจาะหลุมเพื่อวัดอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง 4-39
4.5 การกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ 4-47
4.6 การเจาะหลุมสำรวจ 4-51
4.6.1 วิธีการเจาะและลักษณะของหลุมเจาะ 4-51
4.6.2 การเจาะสำรวจ บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง 4-52
บทที่ 5 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ 5-1
5.1 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการท่องเที่ยว 5-2
5.1.1 โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-3
5.1.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหนียว 5-17
5.2 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานสำหรับห้องอบแห้ง 5-23
5.2.1 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ 5-25
5.2.2 การออกแบบ และพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งประสิทธิภาพสูง 5-29
5.2.3 การสาธิตต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้ภิภพ 5-35
5.3 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการผลิตน้ำแร่ 5-40
5.3.1 ความหมายและชนิดของน้ำแร่ 5-41
5.3.2 มาตรฐานน้ำแร่ 5-41
5.3.3 กรรมวิธีการผลิตน้ำแร่ 5-43
5.3.4 ตัวอย่างน้ำแร่ที่มีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยและต่างประเทศ 5-44
5.3.5 แนวทางในการผลิตน้ำแร่ จากแหล่งน้ำดิบที่เป็นน้ำร้อนของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-46
5.3.6 พื้นที่รับน้ำบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-46
5.4 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 5-49
5.4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-49

สารบัญ (ต่อ)

5.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง
อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 5-59
5.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว
อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-65
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 6-1
6.1 บทสรุป 6-1
6.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา 6-2
เอกสารอ้างอิง 7-1

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงตำแหน่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549) 1-3
รูปที่ 1.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน 1-6
รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549) 2-2
รูปที่ 2.2 ตำแหน่งแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือ ซึ่งศึกษาโดย Geotermica Italiana ,1984 (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549) 2-3
รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549) 2-7
รูปที่ 3.1 แผนที่แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในประเทศไทย และขอบเขตของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย (ดัดแปลงจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549) 3-2
รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างแนวเส้นกับแหล่งน้ำพุร้อน (ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549) 3-4
รูปที่ 4.1 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าวจังหวัดเชียงใหม่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2520) 4-3
รูปที่ 4.2 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-4
รูปที่ 4.3 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2517) 4-5
รูปที่ 4.4 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-6
รูปที่ 4.5 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2519) 4-8
รูปที่ 4.6 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-9
รูปที่ 4.7 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546) 4-12
รูปที่ 4.8 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546) 4-16

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546) 4-21
รูปที่ 4.10 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-23
รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-24
รูปที่ 4.12 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-25
รูปที่ 4.13 การจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจร์ 4-30
รูปที่ 4.14 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-32
รูปที่ 4.15 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-33
รูปที่ 4.16 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-34
รูปที่ 4.17 การสำรวจภาคสนามด้านความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ 4-35
รูปที่ 4.18 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอ พร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-36
รูปที่ 4.19 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอ ศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-37
รูปที่ 4.20 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-38
รูปที่ 4.21 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าวจังหวัดเชียงใหม่ 4-40
รูปที่ 4.22 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปางอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-41
รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-42
รูปที่ 4.24 การเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ 4-43

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.25 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-44
รูปที่ 4.26 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-45
รูปที่ 4.27 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-46
รูปที่ 4.28 วิธีการกำหนดหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 4-48
รูปที่ 4.29 วิธีการกำหนดหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 4-49
รูปที่ 4.30 วิธีการกำหนดหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 4-50
รูปที่ 4.31 โครงสร้างของหลุมเจาะ 4-51
รูปที่ 4.32 การเจาะหลุมสำรวจ 4-53
รูปที่ 4.33 เศษหินตัวอย่าง (cutting) 4-54
รูปที่ 5.1 ภาพแสดงหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-2
รูปที่ 5.2 แผนผังการบรับปรุงภูมิทัศน์ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-6
รูปที่ 5.3 การบรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 1 บริเวณถนนทางเข้าของ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-7
รูปที่ 5.4 การบรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 2 บริเวณทางด้านทิศตะวันออก ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-8
รูปที่ 5.5 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 3 บริเวณทางเข้าโครงการ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-9
รูปที่ 5.6 การบรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 4 บริเวณพื้นที่ศาลเจ้า ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-10
รูปที่ 5.7 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 5 บริเวณน้ำพุร้อน(ที่ทำการเจาะ) ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-11

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.8 การปรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 6 บริเวณบ่อน้ำร้อน(เกิดตามธรรมชาติ) ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-12
รูปที่ 5.9 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 7 บริเวณห้องอาบน้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-13
รูปที่ 5.10 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 8 บริเวณห้องแช่น้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-14
รูปที่ 5.11 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 9 บริเวณสระน้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-15
รูปที่ 5.12 ทัศนียภาพทางเข้าแหล่งน้ำร้อน บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-16
รูปที่ 5.13 การเก็บตัวอย่างดิน/ทราย บริเวณโดยรอบแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-18
รูปที่ 5.14 ภาพแสดงหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 5-24
รูปที่ 5.15 ห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย 5-24
รูปที่ 5.16 ส่วนประกอบของระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ 5-26
รูปที่ 5.17 ห้องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน 5-29
รูปที่ 5.18 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน ของระบบเพิ่มอุณหภูมิอากาศ โดยใช้น้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงาน 5-30
รูปที่ 5.19 Single line diagram ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump 5-31
รูปที่ 5.20 ลักษณะโรงเรือนที่ใช้ในการติดตั้งห้องอบแห้ง 5-33
รูปที่ 5.21 ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ 5-34
รูปที่ 5.22 ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ก่อนทำการทดสอบเบื้องต้น 5-36
รูปที่ 5.23 ก่อนการติดตั้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ร่วมกับระบบอื่นๆ 5-36
รูปที่ 5.24 ด้านหน้าต้นแบบห้องอบแห้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump 5-37
รูปที่ 5.25 ด้านหลังต้นแบบห้องอบแห้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump 5-37
รูปที่ 5.26 ภาพแสดงหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อน ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-40
รูปที่ 5.27 ขั้นตอนการผลิตน้ำแร่ 5-44
รูปที่ 5.28 พื้นที่รับน้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-48

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีและ CIPW norms ของตัวอย่างหินบะซอลต์ช่วงอายุซีโนโซอิก ในภาคเหนือ (Geotermica Italiana, 1984) 2-5
ตารางที่ 2.2 สรุปผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย (www.dmr.go.th) 2-8
ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิแหล่งกักเก็บที่คำนวณจากการละลายของธาตุต่างๆ ในน้ำโดยวิธีต่างๆ 2-13
ตารางที่ 2.4 สรุปผลวิเคราะห์ไอโซโทปของแหล่งน้ำพุร้อนภาคเหนือของประเทศไทย (KRTA, 1977) 2-19
ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในภาคเหนือของประเทศไทย 3-3
ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำพุร้อน 3-5
ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อน 3-6
ตารางที่ 3.4 แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำที่ทำการคัดเลือก จำนวน 10 แหล่ง 3--8
ตารางที่ 3.5 เจ้าของพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนในปัจจุบัน 3-9
ตารางที่ 3.6 อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน 3-11
ตารางที่ 3.7 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำร้อน 3-12
ตารางที่ 3.8 การจัดแบ่งแหล่งน้ำร้อนตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ 3-16
ตารางที่ 3.9 ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำร้อน เพื่อการพัฒนาใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ 3-17
ตารางที่ 3.10 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อการท่องเที่ยว 3-18
ตารางที่ 3.11 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อใช้พลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร 3-19
ตารางที่ 3.12 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อใช้ในการผลิตน้ำแร่ 3-20
ตารางที่ 3.13 ลำดับความเหมาะสมของการพิจรณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา 3-21
ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา) 4-27
ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดสุโขทัย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา) 4-28
ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา) 4-29
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดตำแหน่งหลุมเจาะ 4-47
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลของหลุมเจาะสำรวจ 4-52

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ 5-2
ตารางที่ 5.2 งบประมาณเบื้องต้นในการปรับภูมิทัศน์ 5-4
ตารางที่ 5.3 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/ทราย 5-17
ตารางที่ 5.4 ผลวิเคราะห์ชนิดดินโดยการใช้เครื่องมือ X-ray Diffraction 5-20
ตารางที่ 5.5 ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ 5-21
ตารางที่ 5.6 ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ จากตัวอย่างดินที่นำมาศึกษา 5-22
ตารางที่ 5.7 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดเชียงใหม่ 5-23
ตารางที่ 5.8 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-40
ตารางที่ 5.9 มาตรฐานน้ำแร่ตามธรรมชาติ 5-42
ตารางที่ 5.10 มาตราฐานสมบัติทางจุลินทรีย์ของน้ำแร่ 5-43
ตารางที่ 5.11 ตัวอย่างน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศไทยและต่างประเทศ 5-45
ตารางที่ 5.12 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำร้อนที่ทำการเจาะ จากแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 5-47
ตารางที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 5-53
ตารางที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัช-นาลัย จังหวัดสุโขทัย เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 5-63
ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 5-68

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

แหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย เป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่มีโอกาสจะพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำร้อน กรมทรัพยากรธรณี (www.dmr.go.th) ระบุว่า ประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนจำนวน 112 แหล่ง โดยแหล่งน้ำพุร้อนส่วนใหญ่พบอยู่ในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2549) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อนต่างๆ ทั่วประเทศ และจัดลำดับความสำคัญของแหล่งน้ำพุร้อน โดยแบ่งเป็นสามกลุ่มตามศักยภาพในการพัฒนา ได้แก่ กลุ่มที่มีศักยภาพสูง ปานกลาง และต่ำ นอกจากนั้นยังได้นำปัจจัยสภาพสังคมเศรษฐกิจ มาพิจารณาประกอบ โดยในแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มที่มีสภาพสังคมเศรษฐกิจเอื้ออำนวย และกลุ่มที่มีสภาพสังคมเศรษฐกิจจำกัด รวมทั้งได้ศึกษาวิเคราะห์เทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ ให้มีศักยภาพสูงขึ้น เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้สูงสุด โดยมุ่งเน้นไปในเรื่องของการเป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตาม พบว่า แหล่งน้ำพุร้อนกลุ่มที่มีศักยภาพต่ำ (มีจำนวนมากกว่าครึ่งหนึ่งของแหล่งที่พบในประเทศไทย) ซึ่งในที่นี้ หมายถึง แหล่งที่มีอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผิวดินระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส และ/หรือ มีอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส และ/หรือ มีแหล่งกักเก็บความร้อนอยู่ที่ระดับความลึกมากกว่า 2 กิโลเมตร ซึ่งแหล่งน้ำพุร้อนเหล่านี้สามารถนำน้ำร้อนมาใช้โดยตรงได้ เพียงเพื่อการท่องเที่ยวและนันทนาการเท่านั้น ทำให้ไม่ได้รับความสนใจศึกษาหรือพัฒนานำมาใช้ประโยชน์ในแง่มุมอื่น

เมื่อพิจารณาทางด้านอุทกธรณีวิทยา น้ำพุร้อนจัดเป็นน้ำบาดาลประเภทหนึ่ง การศึกษาทางด้านอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อน ถือได้ว่าเป็นความสำคัญในลำดับแรก ที่จะทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิด อายุ ทิศทางการไหล การกระจายตัวของน้ำพุร้อน คุณภาพ รวมถึงปริมาณที่จะนำขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัย ซึ่งข้อมูลดังกล่าว มีประโยชน์อย่างยิ่ง ในการกำหนดแผนการบริหารจัดการแหล่งน้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง ทั้งในด้านการกำหนดรูปแบบการพัฒนาใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม ปริมาณการใช้ ขอบเขตพื้นที่ที่จะพัฒนาโดยไม่กระทบต่อพื้นที่ต้นกำเนิดหรือกระทบน้อยที่สุด การป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อบริเวณข้างเคียง การจัดการน้ำพุร้อนที่ใช้ประโยชน์แล้ว การบำรุงรักษา และการฟื้นฟูแหล่งน้ำพุร้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์จากแหล่งน้ำพุร้อนที่มีศักยภาพต่ำ ในแง่ของการท่องเที่ยว การใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมเกษตร และการใช้เพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่ อันจะเอื้อประโยชน์ในส่วนของการเพิ่มงาน เพิ่มมูลค่าผลผลิต และยกระดับความเป็นอยู่ของประชากรในท้องถิ่น
2) เพื่อชี้นำการลงทุนใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ในพื้นที่อื่นของประเทศ
3) เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอน และวิธีการในการพัฒนาน้ำพุร้อนซึ่งเป็นทรัพยากรน้ำบาดาล ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและ เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน

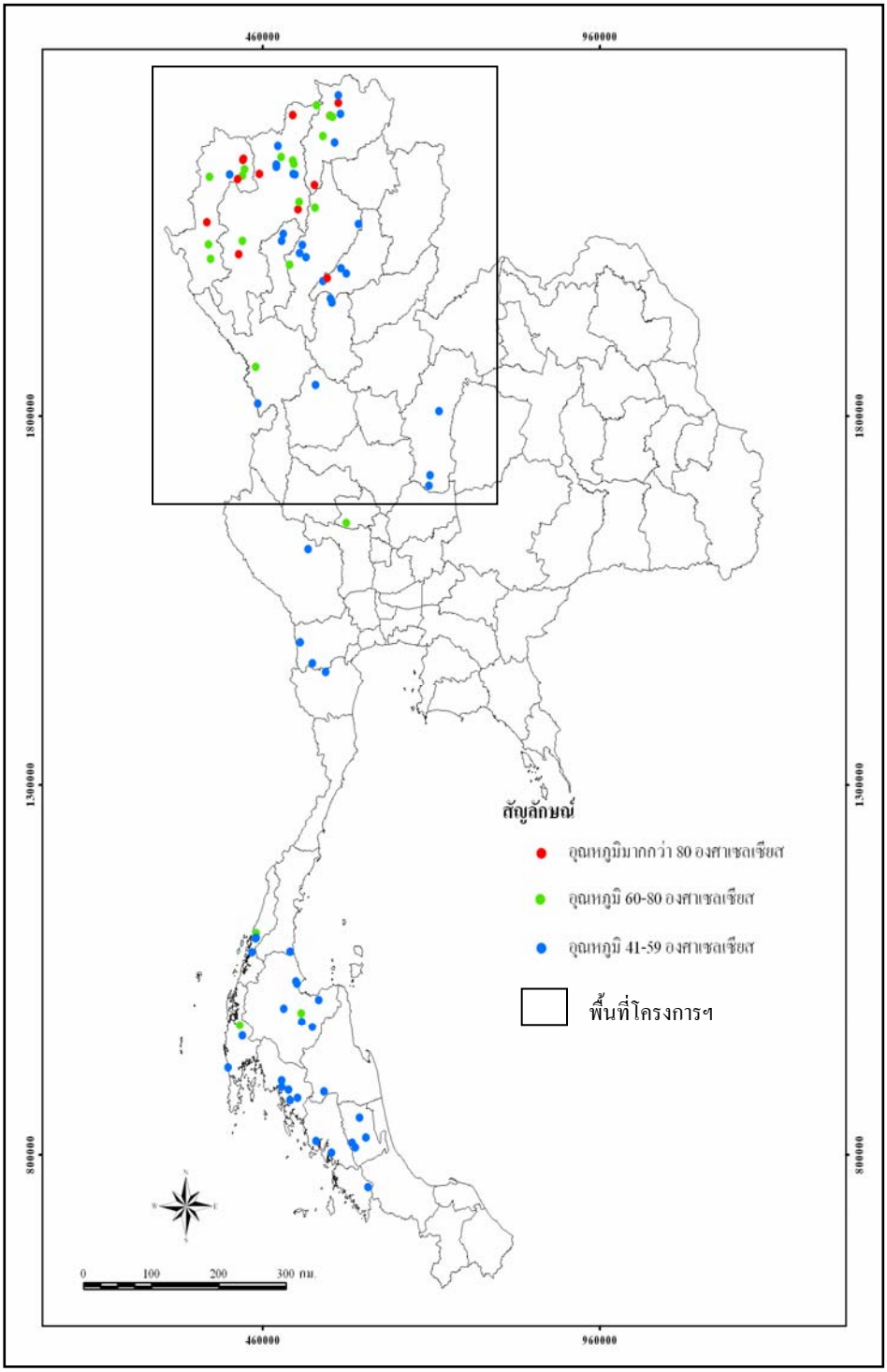
1.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย (รูปที่ 1.1)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1) ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเดิม โดยเน้นเฉพาะแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทยและคัดเลือกไว้เพื่อการศึกษา จำนวน 10 แหล่ง
2) ทำการคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนที่เหมาะสมไว้เพียง 3 แหล่ง จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลด้านการเกษตร และข้อมูลด้านธรณีเคมี
3) ทำการสำรวจขั้นรายละเอียด ของแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง ทางด้านธรณีวิทยา อุทก-ธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ และการวัดอุณหภูมิภายใต้ผิวดิน ให้มีข้อมูลเพียงพอต่อการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ
4) กำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเจาะสำรวจ
5) ทำการเจาะหลุมสำรวจ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว จำนวนรวม 3 หลุม ในพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง เพื่อพัฒนานำน้ำร้อนขึ้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงาน สำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับการผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค
6) ประเมินความเหมาะสมในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
7) พัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน จัดสร้างห้องอบแห้ง และสาธิตการใช้ห้องอบแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าภาคเกษตร
8) จัดทำฐานข้อมูลทุกประเภทของแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง ให้สามารถเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

9) จัดการสัมมนา เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา และจัดนิทรรศการเพื่อสาธิตการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์จากแหล่งน้ำพุร้อน อาทิ การทำน้ำแร่เพื่อการบริโภค การใช้น้ำแร่ในธุรกิจสปา (โคลนพอกตัว ทรายขัดผิว น้ำแร่สำหรับพ่นผิว และอื่นๆ)



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงตำแหน่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549)

1.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 6 มิถุนายน 2551 ถึงวันที่ 5 มิถุนายน 2552

1.6 คณะผู้ศึกษา

คณะผู้ศึกษา จำนวน 13 คน ประกอบด้วย

บุคลากรหลัก

1) ผศ.ดร.ฟองสวาท สุวคนธ์ สิงหราชวราพันธ์ ผู้จัดการโครงการ
สังกัดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) ดร. สราวุธ จันทรประเสริฐ ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
สังกัดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3) ดร. วีระพันธ์ ศรีจันทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
สังกัดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4) ดร. ศตวรรษ แสนทน ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
สังกัดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5) รศ.ดร.สัมพันธ์ สิงหราชวราพันธ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีฟิสิกส์
สังกัดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6) นายวงษ์เทพ ตั้งศิริกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา
สังกัดสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
7) ผศ.ดร.อัมรินทร์ บุญตัน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สังกัดภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
8) ผศ.ดร.ชัชวาล ชัยชนะ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน
สังกัดภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บุคลากรสนับสนุน

1) นายพิเชษฐ์ แก้วสมวาง นักธรณีวิทยา
สังกัดศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) นายบุญญสิทธิ์ คิ้วดวงตา นักอุทกธรณีวิทยา
สังกัดศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3) นายณัฐพร ไชยญาติ วิศวกรโยธา
สังกัดสังกัดสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4) นางสาวปิยนุช โพธิเกิด ผู้ประสานงาน
สังกัดศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

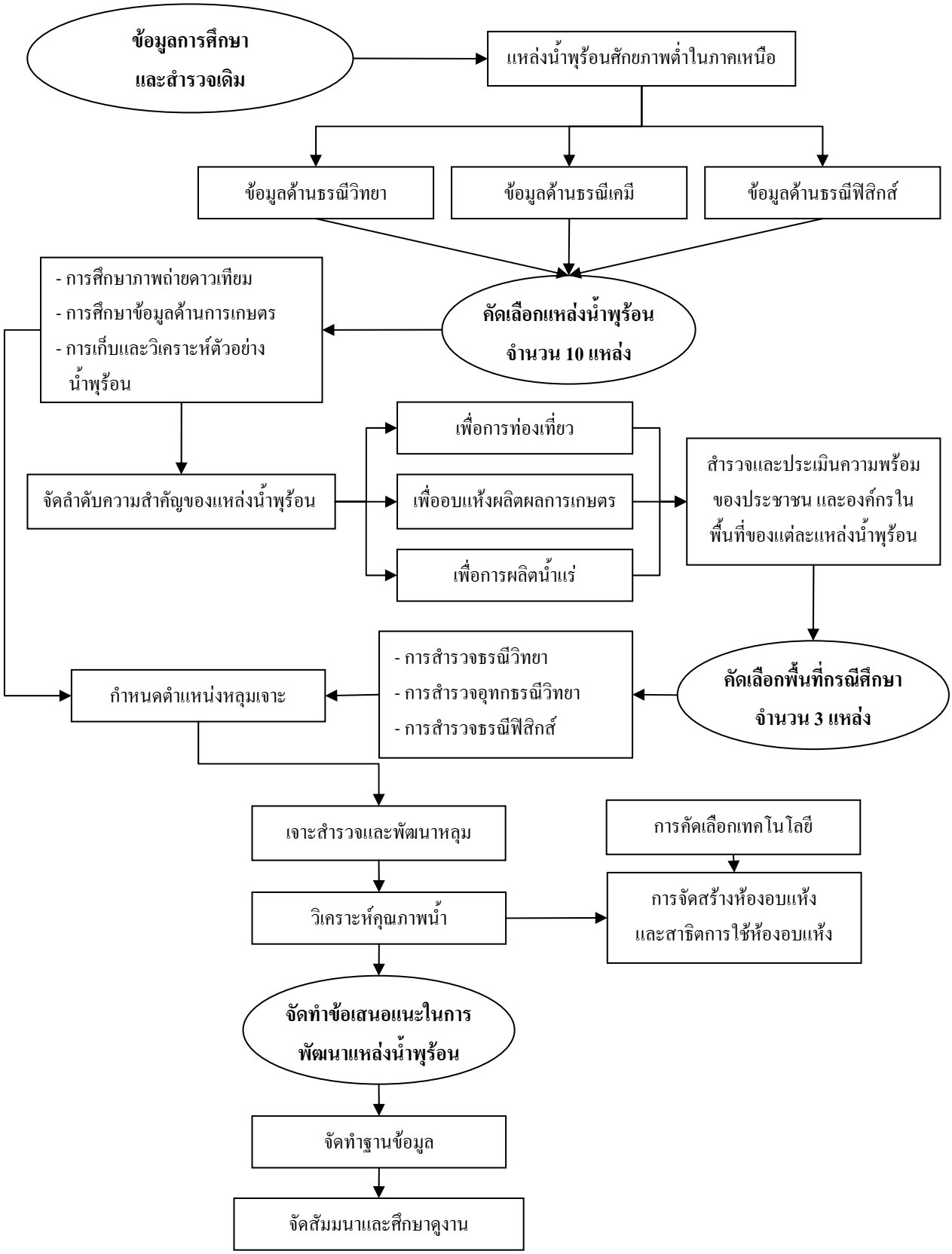
5) นางสาวศุภรัตน์ ศรีลา เลขานุการ
สังกัดศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6) นางสาวดรุณี คุณยศยิ่ง พนักงานคอมพิวเตอร์
สังกัดศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.7 ขั้นตอนการศึกษา

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการศึกษา เพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ที่ปรึกษาจึงได้วางแนวทางและขั้นตอนการศึกษา รวมทั้งวิธีการดำเนินงานให้สอดคล้องกับขอบเขตการศึกษาโดยได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 13 ขั้นตอน ดังนี้

1) การรวบรวมและศึกษาทบทวนข้อมูลเดิม
2) การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อน จำนวน 10 แหล่ง
3) การศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม การศึกษาข้อมูลด้านการเกษตร และการสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี
4) การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง
5) การสำรวจทางด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ขั้นรายละเอียด
6) การสำรวจธรณีฟิสิกส์
7) การกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเจาะสำรวจ
8) การเจาะสำรวจ
9) การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี ขั้นรายละเอียด
10) การพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน
11) การจัดสร้างห้องอบแห้ง และสาธิตการใช้ห้องอบแห้ง
12) การจัดทำข้อเสนอแนะในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน
13) การจัดทำฐานข้อมูล
14) การจัดสัมมนาวิชาการ

แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

1.8 วิธีการศึกษา

1.8.1 การรวบรวมและศึกษาทบทวนข้อมูลเดิม

1) รวบรวมข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้ก่อนแล้ว เกี่ยวกับแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย ทั้งที่เป็นเอกสารสิ่งพิมพ์เป็นเล่ม (เอกสาร วารสาร หนังสือ รายงาน)และเอกสารสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิคส์
2) รวบรวมชื่อ ตำแหน่งพิกัด ชื่อระวางแผนที่ หมายเลขระวาง ของตำแหน่งแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำทั่วประเทศ ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตาราง และแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งน้ำพุร้อนแต่ละแหล่งลงในแผนที่ประเทศไทย มาตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำเสนอในรายงานขนาดหน้ากระดาษ A4
3) ศึกษาทบทวนข้อมูลของแต่ละแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ แยกเป็นรายละเอียดด้านต่างๆ อาทิ ธรณีวิทยา ธรณีเคมี ธรณีฟิสิกส์

1.8.2 การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนที่มีศักยภาพต่ำ เพื่อการศึกษาในขั้นตอนต่อไป จำนวน 10 แหล่ง

1) จัดเรียงลำดับความสำคัญของแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จากผลการศึกษาตามข้อ 1.8.1 โดยเน้นประเด็นหลักที่สภาพธรณีวิทยา ซึ่งมีรูปแบบของโครงสร้างทางธรณี (โครงสร้างแนวเส้น จากการแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม) ที่อาจเป็นไปได้ของแหล่งกักเก็บน้ำพุร้อน
2) การคัดเลือกใช้วิธีประเมินจากข้อมูลทุติยภูมิ
3) เสนอกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อขอความเห็นชอบในการดำเนินงาน โดยแนบเอกสารยืนยันการเข้าร่วมการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนจากเจ้าของพื้นที่

1.8.3 การศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม การศึกษาข้อมูลด้านการเกษตร และการสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี

1) การศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพรวมระหว่าง band 3 band 5 และ band 7 เพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะรอยเลื่อน ซึ่งเห็นเป็นแนวเส้นในภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งน้ำพุร้อนกับรอยเลื่อน อันเป็นปัจจัยสำคัญ ในการพิจารณาศักยภาพของแหล่งน้ำพุร้อน
2) การศึกษาข้อมูลด้านการเกษตร หมายรวมถึงชนิดของพืชผล และพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งข้อมูลของแต่ละแหล่งน้ำพุร้อน จะจัดทำในลักษณะของข้อมูล ระดับอำเภอ โดย

เน้นข้อมูลของอำเภอที่แหล่งน้ำพุร้อนตั้งอยู่ และข้อมูลเสริม ของอำเภอใกล้เคียง นอกจากนั้น ข้อมูลด้านสภาพสังคม ได้แก่ จำนวนประชากร และเส้นทางคมนาคม ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความยากง่าย/ความสะดวก ในการเดินทางเข้าถึง ทั้งในแง่ของการท่องเที่ยวและการขนถ่ายสินค้า จะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลด้วย

3) การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี ทำโดยการตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำร้อน และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีอย่างน้อยแหล่งละ 2 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ ที่ได้จะทำการตรวจสอบความถูกต้อง ด้วยวิธีการ cation-anion balance แล้วนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุมาคำนวณอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บภายใต้ผิวดิน (Fournier,1977)

1.8.4 การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง

1) จัดเรียงลำดับความสำคัญของแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 10 แหล่ง จากผลการศึกษาตามข้อ 1.8.3 โดยแบ่งกลุ่มและจัดเรียงลำดับไว้ตามความเหมาะสม ว่าเป็นพื้นที่ที่น่าจะพัฒนาเพื่อนำน้ำร้อนขึ้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับการผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค
2) สำรวจความสนใจและความพร้อมของประชาชน โดยเฉพาะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และกลุ่มแม่บ้านในพื้นที่ เพื่อประเมินความพร้อม รวมทั้งวิสัยทัศน์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการนี้
3) การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง ใช้วิธีประเมินจากข้อมูลที่ดำเนินการมาในข้อย่อย 1) และ ข้อย่อย 2)
4) เสนอกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อขอความเห็นชอบในการดำเนินงาน โดยแนบเอกสารยืนยันการเข้าร่วมการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนจากเจ้าของพื้นที่

1.8.5 การสำรวจทางด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ขั้นรายละเอียด

1) สำรวจลักษณะหิน ธรณีวิทยาโครงสร้าง เพื่อการเข้าใจถึงกลไกการเกิด (dynamic) และความเป็นมาของการเกิด (development)โครงสร้างรอยเลื่อน และ/หรือรอยแตกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของน้ำพุร้อน
2) สำรวจลักษณะอุทกธรณีวิทยา เพื่อดูลักษณะของชั้นหินกักเก็บน้ำ
3) ทำการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง ให้ครอบคลุมพื้นที่อย่างน้อยแหล่งละ 1 ตารางกิโลเมตร

1.8.6 การสำรวจธรณีฟิสิกส์

1) ทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding) จำนวนอย่างน้อยแหล่งละ 20 จุด โดยทำการสำรวจที่ความลึกไม่น้อยกว่า 100 เมตร นอกจากนั้น อาจทำการสำรวจเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวระนาบ (Horizontal Profiling) รวมทั้งการสำรวจเพื่อจัดทำภาคตัดขวาง (Pseudosection) ในแนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีศักยภาพ ในกรณีที่จำเป็น เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอต่อการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ
2) ทำการวัดอุณหภูมิภายใต้ผิวดิน (ที่ความลึก ประมาณ 1 เมตร) จำนวนอย่างน้อยแหล่งละ 20 จุด โดยให้มีการกระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลเสริมในการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ

1.8.7 การกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเจาะสำรวจ

1) บูรณาการข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลด้านธรณีเคมี ข้อมูลด้านธรณีวิทยา ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ และข้อมูลอุณหภูมิภายใต้ผิวดิน เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเจาะสำรวจในแต่ละแหล่ง
2) กำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ โดยนำเสนอจำนวน 3 ตำแหน่งในแต่ละแหล่ง เรียงลำดับตามศักยภาพความเหมาะสม เป็นลำดับที่ 1 ลำดับที่ 2 และลำดับที่ 3

1.8.8 การเจาะสำรวจ

1) ทำการเจาะหลุมสำรวจ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว จำนวนรวม 3 หลุม (โดยให้แต่ละหลุมมีปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์) ในพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง เพื่อพัฒนานำน้ำร้อนขึ้นมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

แหล่งที่หนึ่ง	เพื่อการท่องเที่ยว
แหล่งที่สอง	เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงาน สำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร โดยอาจจะต้องใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มอุณหภูมิตามความเหมาะสม
แหล่งที่สาม	เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับการผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค

2) ทำการเจาะแบบ Pilot hole (เจาะสำรวจ) ที่ตำแหน่งซึ่งจัดลำดับความเหมาะสมไว้เป็นลำดับที่ 1 ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว และเจาะตามความลึกที่ได้ศึกษาไว้ โดยการเจาะอาจจะเป็นแบบ Rotary drilling หรือ Down the hole hammer ตาม

ความเหมาะสมของสภาพธรณีวิทยา

3) พัฒนาหลุมเจาะจาก Pilot hole เป็น Production well (หลุมผลิต) โดยการกรุบ่อแบบ Galvanized steel pipe ทั้งนี้ในกรณีที่ Pilot hole ไม่มีการพังของชั้นหิน จะกรุบ่อเฉพาะส่วนบน และทำเป็นหลุมเปิด แต่ในกรณีที่ Pilot hole มีการพังของชั้นหิน จะทำการลงท่อกรุขนาด 6 นิ้ว ในส่วนบนและลดขนาดเป็น 4 นิ้ว ในส่วนล่าง
4) ในกรณีที่การเจาะแบบ Pilot hole (เจาะสำรวจ) ที่ตำแหน่งซึ่งจัดลำดับความเหมาะสมไว้เป็นลำดับที่ 1 ในแต่ละแหล่ง มีปัญหาอุปสรรคที่ไม่สามารถดำเนินการได้ จะทำการเจาะที่ตำแหน่งซึ่งจัดลำดับความเหมาะสมไว้เป็นลำดับถัดไป คือ 2 และ 3 ตามลำดับ

1.8.9 การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี ขั้นรายละเอียด

เก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี อย่างน้อยหลุมละ 2 ตัวอย่าง เพื่อประเมินความเหมาะสมในการพัฒนา และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.8.10 การพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน

1) ศึกษา ทบทวนและเปรียบเทียบเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งนำคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำพุร้อนในประเทศไทยมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ สำหรับห้องอบแห้ง
2) จัดสร้างอุปกรณ์เพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อนตามที่ได้เลือกเทคโนโลยีไว้

1.8.11 การจัดสร้างห้องอบแห้ง และสาธิตการใช้ห้องอบแห้ง

1) ออกแบบและพัฒนาระบบท่อส่งน้ำร้อนจากหลุมเจาะพัฒนา ไปยังอาคารห้องอบแห้ง
    - ทำการศึกษาเชิงกายภาพ และภูมิศาสตร์โดยรอบของหลุมเจาะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดจุดสำหรับก่อสร้างอาคารห้องอบแห้ง ทั้งนี้ต้องคำนึงความสะดวกในการคมนาคมเข้า – ออก การขนส่ง และการเดินสายไฟฟ้าเข้ามายังจุดใช้งานต่างๆ ทั้งนี้ระยะทางไกลที่สุดจากหลุมมายังจุดใช้งานน้ำร้อนจุดสุดท้ายต้องไม่เกิน 50 เมตร เพื่อลดการสูญเสียความร้อนของน้ำร้อนสู่อากาศ
    - ออกแบบระบบท่อน้ำร้อนจากหลุมเจาะไปยังอาคารตามที่กำหนดไว้ โดยให้ขนาดของท่อเมนหลัก สามารถรองรับปริมาณความต้องการน้ำร้อนใช้งานที่จุดต่างๆ ได้

2) ออกแบบและพัฒนาห้องอบแห้ง

- ออกแบบห้องอบแห้งสำหรับใช้เก็บพืชผลทางการเกษตร โดยขนาดความจุของห้องอบแห้ง ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำพุร้อนและอุณหภูมิของหลุมเจาะ โดยห้องอบแห้งดังกล่าว มีคุณลักษณะดังนี้
  - o ใช้น้ำพุร้อนจากหลุมเจาะมาเป็นแหล่งพลังงานร้อนหลักให้แก่ห้องอบแห้ง
  - o มีระบบแลกเปลี่ยนความร้อนจากท่อน้ำร้อนโดยใช้พัดลม พัดพาอากาศเพื่อให้ความร้อนกับอากาศสำหรับการอบแห้ง
  - o มีระบบการหมุนเวียนของอากาศภายใน เพื่อให้พืชผลทางการเกษตรที่อบแห้งมีคุณภาพที่ดี และสม่ำเสมอ
  - o มีระบบควบคุมอัตโนมัติของห้องอบแห้ง
  - o มีอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศภายในห้องอบแห้ง
  - o ห้องอบแห้งทำจากวัสดุกันความร้อน ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากภายในออกสู่ภายนอกห้องอบแห้ง
  - o มีประตู เปิด - ปิด ขนาดใหญ่เพื่อความสะดวกในการขนย้ายพืชผลทางการเกษตร

3) ก่อสร้างระบบท่อส่งน้ำร้อน และห้องอบแห้ง ตามที่ได้ออกแบบพัฒนาไว้

1.8.12 การจัดทำข้อเสนอแนะในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน

1) จัดทำข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา โดยแยกประเภทเป็นการพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยว การพัฒนาเพื่อใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมเกษตร และการพัฒนาเพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่
2) จัดทำแผนดำเนินงานของการพัฒนาแต่ละประเภทพร้อมงบประมาณโดยประมาณในการดำเนินงาน ข้อมูลเฉพาะแหล่งที่ได้พัฒนาขึ้นมาในโครงการนี้ ได้แก่ ข้อมูลการเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน ข้อมูลการสร้างห้องอบแห้ง ข้อมูลและแผนการจัดทำเป็นแหล่งท่องเที่ยว ข้อมูลและแผนการผลิตน้ำแร่จากน้ำพุร้อน
3) ประเมินความเหมาะสมทางการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง
4) ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง
5) การจัดทำข้อมูลเสริมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน
   - การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหนียว (เพื่อส่งเสริมการทำโคลนพอกตัว)
   - การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเฉพาะอย่าง (เพื่อส่งเสริมการทำวารีบำบัด)

1.8.13 การจัดทำฐานข้อมูล

1) จัดทำฐานข้อมูลทุกประเภทของแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 3 แหล่ง ให้สามารถเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2) ใช้ระบบ Geographic Information System (GIS) ในการจัดทำโดยใช้โปรแกรม Arc GIS
3) ฐานข้อมูล จะประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
   - ตำแหน่งของแหล่งน้ำพุร้อน
   - อุณหภูมิของน้ำร้อน
   - ปริมาณน้ำร้อนที่ไหลออกมา
   - คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ
   - สภาพธรณีวิทยาของแหล่ง (ชนิดหิน)
   - ข้อมูลอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ เช่น อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บ แบบจำลองการเกิดน้ำพุร้อน ข้อมูลหลุมเจาะในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อน
4) จัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและคอมพิวเตอร์พกพา อย่างละ 1 ชุด ส่งมอบให้กับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

1.8.14 การจัดสัมมนาวิชาการและการศึกษาดูงาน

1) จัดการสัมมนา เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องและประชากรในพื้นที่จำนวนอย่างน้อย 50 คน ให้ได้รับทราบถึงข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ให้ได้ประโยชน์เต็มศักยภาพ และเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน
2) จัดนิทรรศการเพื่อสาธิตการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์จากแหล่งน้ำพุร้อน อาทิ การทำน้ำแร่เพื่อการบริโภค การใช้น้ำแร่ในธุรกิจสปา (โคลนพอกตัว ทรายขัดผิว น้ำแร่สำหรับพ่นผิว และอื่นๆ)
3) ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 วัน
4) การจัดสัมมนาใช้ชื่อร่วมกันระหว่างกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและที่ปรึกษา
5) จัดการศึกษาดูงานด้านน้ำพุร้อนให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวนไม่เกิน 10 คน ระยะเวลา 3 วัน ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

บทที่ 2
ข้อมูลแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย

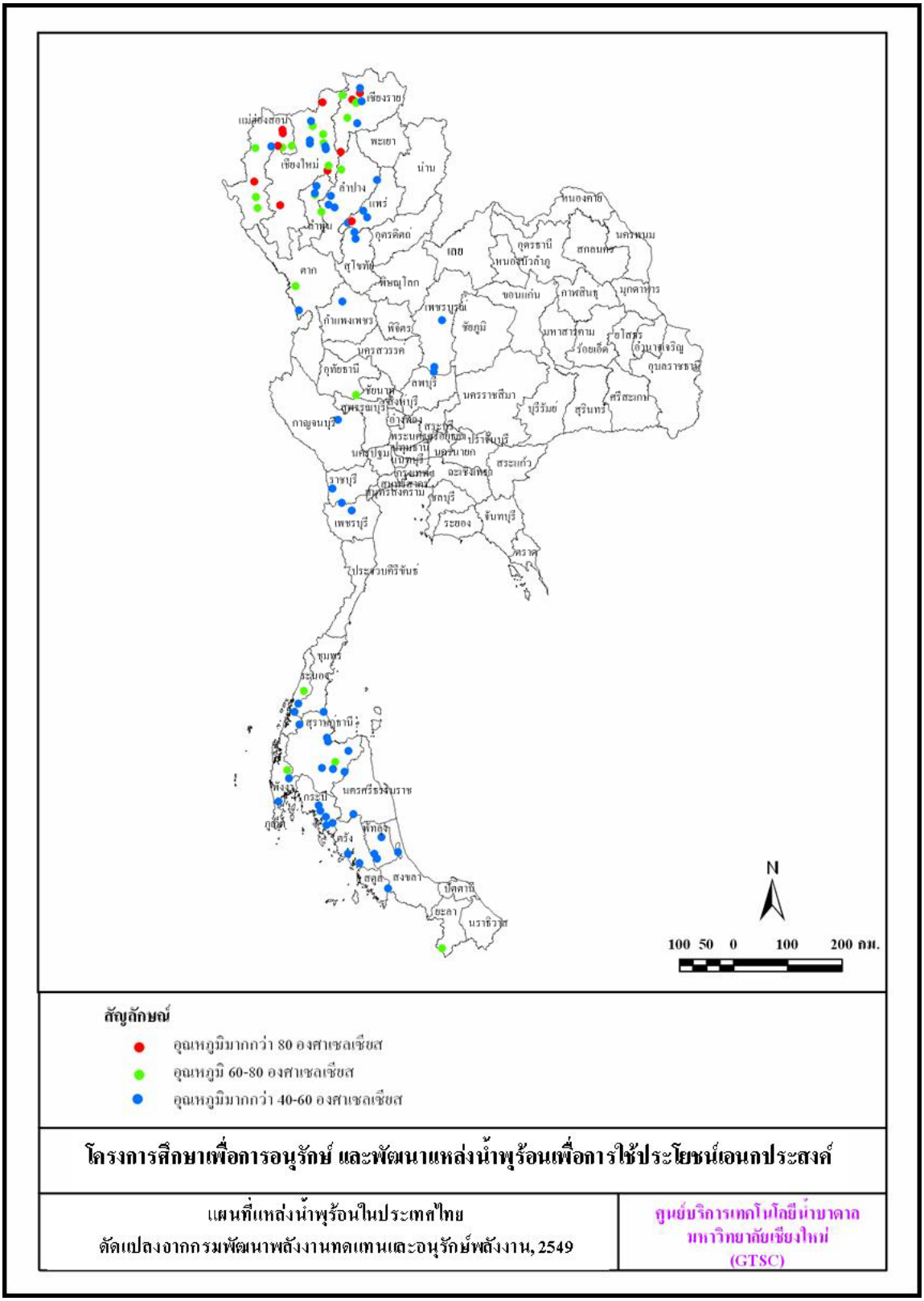
2.1 แหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย

พลังงานความร้อนใต้พิภพหรือน้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่มีโอกาสจะพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำร้อนที่จะนำขึ้นมาใช้เป็นสำคัญ การมีแหล่งน้ำพุร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่บ่งบอกถึงการมีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของพื้นที่ทั้งนี้เนื่องจากน้ำพุร้อน (Hot spring) เป็นน้ำพุธรรมชาติที่ผุดขึ้นมาจากชั้นเปลือกโลก เนื่องจากความกดดันของของไหลที่ระดับลึก โดยน้ำที่ผุดขึ้นมามีระดับอุณหภูมิสูงกว่าของชั้นบรรยากาศ ระดับอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น เกิดจากการที่น้ำบาดาลไหลลงไปตามรอยแตกของหินชั้นเปลือกโลก แล้วได้รับความร้อนจากภายในโลกรวมกับ/หรือแพร่กระจายจากหินหลอมเหลว (Magma) ที่ระดับลึก ดังนั้นน้ำพุร้อนแต่ละแห่งอาจมีกลิ่นและรสแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่าง และปริมาณธาตุรวมทั้งก๊าซที่ละลายมาจากหินข้างเคียง กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม (2499) ระบุว่าประเทศไทยมีน้ำพุร้อนจำนวน 76 แหล่ง จากจำนวนน้ำพุธรรมชาติทั้งหมดมากกว่าหนึ่งร้อยแหล่ง (อ้างตามสุจิตร พิตรากูล และพินิจ กุลสิงห์, 2522) แม้จะมีแหล่งน้ำพุร้อนกระจายอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศก็ตาม แต่มิได้มีการศึกษาและพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง จนกระทั่งประมาณปลายปี 2520 เริ่มมีการศึกษาแหล่งน้ำพุร้อนอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้โดยการศึกษามุ่งเน้นเป็นข้อมูลเพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงานทดแทน (Ramingwong et al. , 1980 และ Geotermica Italiana ,1984) การศึกษาเหล่านั้นจำกัดเฉพาะแหล่งน้ำพุร้อนที่มีอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศ

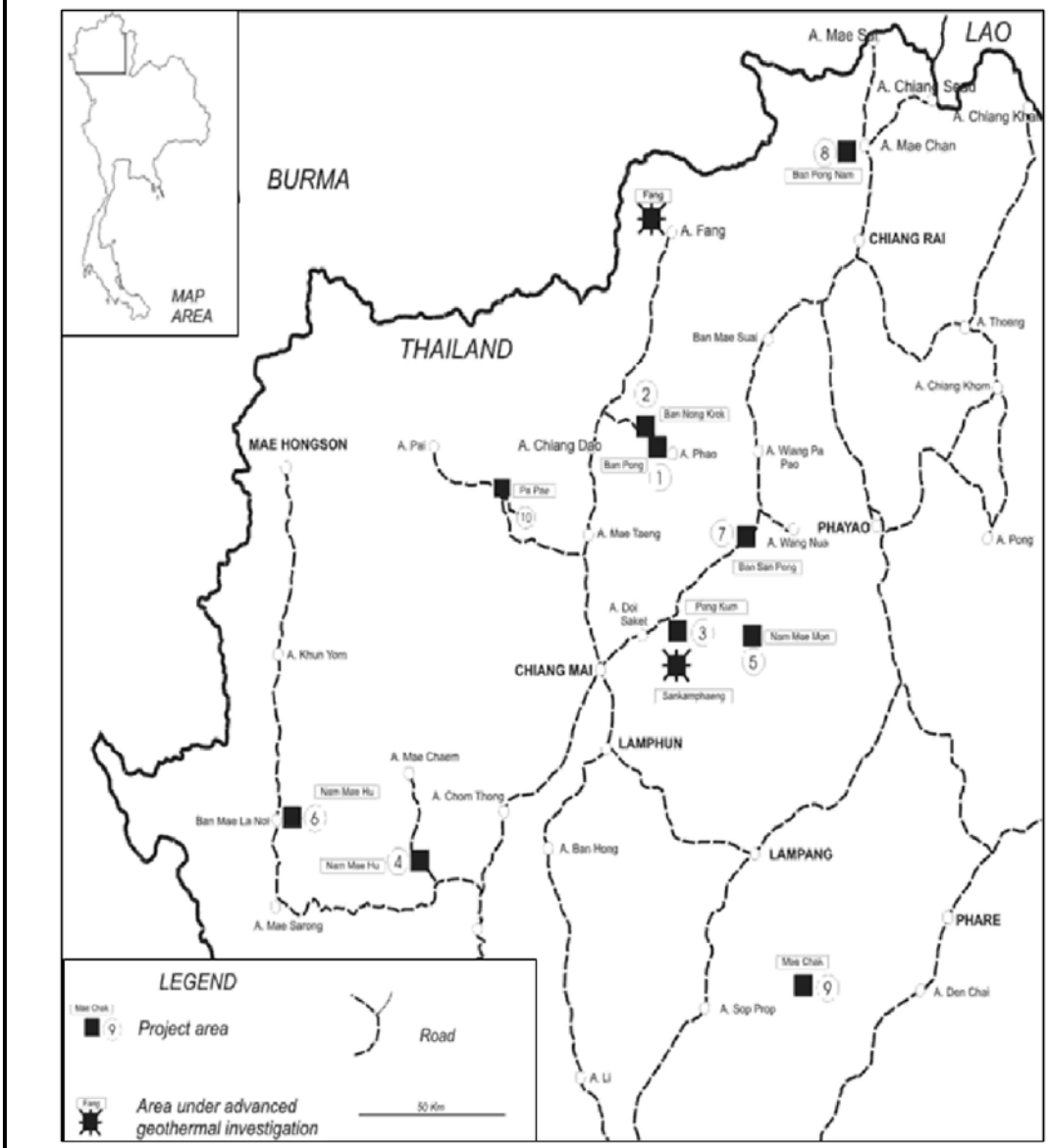
เท่าที่ได้มีการรวบรวมตามสภาพข้อมูลปัจจุบัน (www.dmr.go.th) พบว่าประเทศไทยมีน้ำพุร้อนจำนวน 112 แหล่ง โดยมีการกระจายตัวอยู่มากในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.2 สภาพทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อน

Ramingwong et al. (1980) ได้เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือจำนวน 22 แหล่ง จากจำนวนทั้งสิ้น 42 แหล่ง และได้ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี เพื่อการคำนวณหาอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บ ในจำนวนแหล่งน้ำพุร้อนดังกล่าว มีเพียง 5 แหล่งที่อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บใกล้เคียงหรือสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส Geotermica Italiana (1984) ได้รายงานผลการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งน้ำพุร้อนที่น่าสนใจในระดับต้น ๆ จำนวน 9 แหล่ง (รูปที่ 2.2) เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเฉพาะแหล่งต่อไป แต่การศึกษาครั้งนั้นไม่รวมแหล่งน้ำพุร้อนอำเภอฝาง และอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งดังกล่าวต่างเกิดอยู่ในแนวรอยเลื่อนที่ตัดผ่านมวลหินแกรนิต และเป็นรอยเลื่อนที่ยังคงมีพลัง (active fault) รอยเลื่อนเหล่านั้น เห็นได้อย่างชัดเจนในภาพถ่ายดาวเทียม โดยส่วนใหญ่วางตัว



รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)



คำอธิบาย

1 = แหล่งน้ำร้อนบ้านโป่งน้ำร้อน 2 = แหล่งน้ำร้อนบ้านหนองครก 3 = แหล่งน้ำร้อนบ้านโป่งกุ่ม
4 = แหล่งน้ำร้อนเทพพนม 5 = แหล่งน้ำร้อนแจ้ซ้อน 6 = แหล่งน้ำร้อนบ้านแม่ลาน้อย
7 = แหล่งน้ำร้อนบ้านสบโป่งแม่ขะจาน 8 = แหล่งน้ำร้อนบ้านโป่งน้ำร้อนแม่จัน 9 = แหล่งน้ำร้อนบ้านแม่จอก

โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

ตำแหน่งแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือซึ่งศึกษาโดย Geotermica Italiana, 1984	ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 2.2 ตำแหน่งแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือ ซึ่งศึกษาโดย Geotermica Italiana ,1984
(ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

อยู่ตามแนวเหนือ – ใต้ และบางส่วนวางตัวไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับแหล่งน้ำพุร้อนส่วนที่เหลือในภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศยังไม่มีการศึกษากันอย่างจริงจัง แม้แต่การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นก็ยังมีอยู่อย่างจำกัด

2.3 แหล่งความร้อนต้นกำเนิดของแหล่งน้ำพุร้อน

ความร้อนต้นกำเนิดของน้ำพุร้อนแต่ละแหล่งอาจมีที่มาได้หลายแบบ กล่าวคือ แหล่งที่มาของความร้อนต้นกำเนิดของน้ำพุร้อน อาจเป็นการแทรกดันขึ้นมาที่ระดับลึกของมวลหินแกรนิต หรือความร้อนที่เกิดจากการเสียดทานระหว่างผิวระนาบรอยเลื่อน และจากการประทุของหินภูเขาไฟ อย่างไรก็ตาม น้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง อาจมีความร้อนต้นกำเนิดหลายแบบรวมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพธรณีวิทยาของแหล่งนั้นๆ สำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศ Geotermica Italiana (1984) ได้วิเคราะห์ว่าการแทรกดันตัวขึ้นมาของมวลหินแกรนิตที่ระดับลึก น่าจะเป็นแหล่งที่มาที่สำคัญของความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากในตัวอย่างหินแกรนิตช่วงอายุ 65 ถึง 33.5 ล้านปี มีสัดส่วน Rb/Sr ค่อนข้างสูง ตัวอย่างหินแกรนิตเมื่อหาอายุจาก K/Ar ในแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวท์ จะได้อายุเป็น 3 ช่วง คือ 50 – 57 ล้านปี 30 – 33 ล้านปี และ 19 – 21 ล้านปี ช่วงอายุดังกล่าวอาจเป็นเวลาของ ‘Regional thermal event’ จากการแทรกดันตัวขึ้นมาของมวลหินแกรนิตที่ระดับความลึก แหล่งที่มาของความร้อนต้นกำเนิดของน้ำพุร้อน อาจเนื่องมาจากการปะทุของหินภูเขาไฟก็ได้ Geotermica Italiana (1984) ได้ศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินบะซอลต์เด่นชัย หินบะซอลต์แม่ทะ และหินบะซอลต์สบปราบ (ตารางที่ 2.1) มีส่วนประกอบอยู่ในช่วง Olivine – Tholeiite ถึง Basanite ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Barr and Maedonald (1979, 1981) ส่วนประกอบทางเคมีของหินบะซอลต์ที่อยู่ในช่วง Olivine – Tholeiite ถึง Basanite บ่งบอกถึงการตกผลึกแยกชั้นอย่างจำกัด ลักษณะการตกผลึกดังกล่าว แสดงถึงการทะลักขึ้นมาของหินบะซอลต์จากชั้น mantle อย่างรวดเร็ว การทะลักของบะซอลต์จะขึ้นมาตามแนวโครงสร้างรอยเลื่อนที่เกิดถึงระดับลึกและเป็นรอยเลื่อนซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างช่วงการพัฒนาเป็นแอ่งสะสมตะกอนอายุ Tertiary ส่วนโครงสร้างรอยเลื่อนหลักๆ ของภาคเหนือ แม้จะยังคงมีพลังอยู่ก็ตาม แต่ความรุนแรง และความหนาแน่นของคลื่นไหวสะเทือน ตามแนวรอยเลื่อนคงพลังเหล่านั้น ยังไม่อยู่ในระดับที่มีความเข้มข้นมากพอ ดังนั้น ทั้งการปะทุขึ้นมาของหินบะซอลต์และความร้อนจากการเสียดทานระหว่างระนาบรอยเลื่อนยังไม่น่าจะเป็นแหล่งความร้อนที่สำคัญของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือ

ตารางที่ 2.1ส่วนประกอบทางเคมีและ CIPW norms ของตัวอย่างหินบะซอลต์ช่วงอายุ ซีโนโซอิก ในภาคเหนือ (Geotermica Italiana, 1984)

	ATH 6	ATH 7	ATH 23	BTH95	BTH3	CTH96	CTH97
SiO_2	48.56	49.48	46.21	46.75	47.25	47.42	47.06
TiO_2	1.85	1.73	2.29	2.30	2.15	2.11	2.06
Al_2O_3	17.44	17.12	16.77	16.99	16.78	17.83	17.29
Fe_2O_3	3.62	1.72	3.28	2.24	2.66	3.29	3.73
FeO	5.90	6.53	6.15	6.47	5.92	4.02	5.82
MnO	0.15	0.13	0.16	0.16	0.14	0.13	0.15
MgO	7.32	6.95	8.00	7.25	8.85	5.96	6.89
CaO	7.70	6.90	7.69	8.45	7.55	9.22	8.10
Na_2O	2.53	3.53	2.57	2.82	3.13	3.07	2.25
K_2O	2.05	2.10	2.72	2.52	2.67	2.76	2.46
P_2O_5	0.41	0.48	0.53	0.61	0.57	0.64	0.60
H_2O^+	2.44	3.32	3.62	0.00	0.00	3.56	3.60
H_2O^-	0.00	0.00	0.00	3.44	2.34	0.00	0.00
CO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOT	99.97	99.99	99.90	100.00	100.10	100.01	100.05
Q	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Or	12.11	12.41	16.07	14.89	15.77	16.31	14.53
Ab	21.40	29.86	21.04	21.03	21.07	21.40	19.03
An	30.18	24.67	26.19	26.26	23.86	26.72	29.82
Nl	0.00	0.00	0.38	1.53	2.93	2.47	0.00
Di	4.26	5.19	6.77	9.37	7.86	11.66	5.14
Hy	16.37	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	12.14
Ol	3.50	13.31	15.59	14.46	16.93	7.63	5.04
Ht	5.25	2.49	4.76	3.25	3.86	4.77	5.41
Il	3.51	3.29	4.35	4.37	4.08	4.01	3.91
Ap	0.97	1.14	1.26	1.45	1.35	1.52	1.42
AQ	2.44	3.32	3.62	3.44	2.34	3.56	3.60
TOT	99.90	100.02	100.02	100.04	100.04	100.05	100.05
Cl	OT	OT	AB	AB	AB	AB	OT
MgN	56.00	54.00	53.00	54.00	58.00	54.00	57.00

หมายเหตุ ATH = ตัวอย่างจากเด่นชัย BTH = ตัวอย่างจากแม่ทะ CTH = ตัวอย่างจากสบปราบ

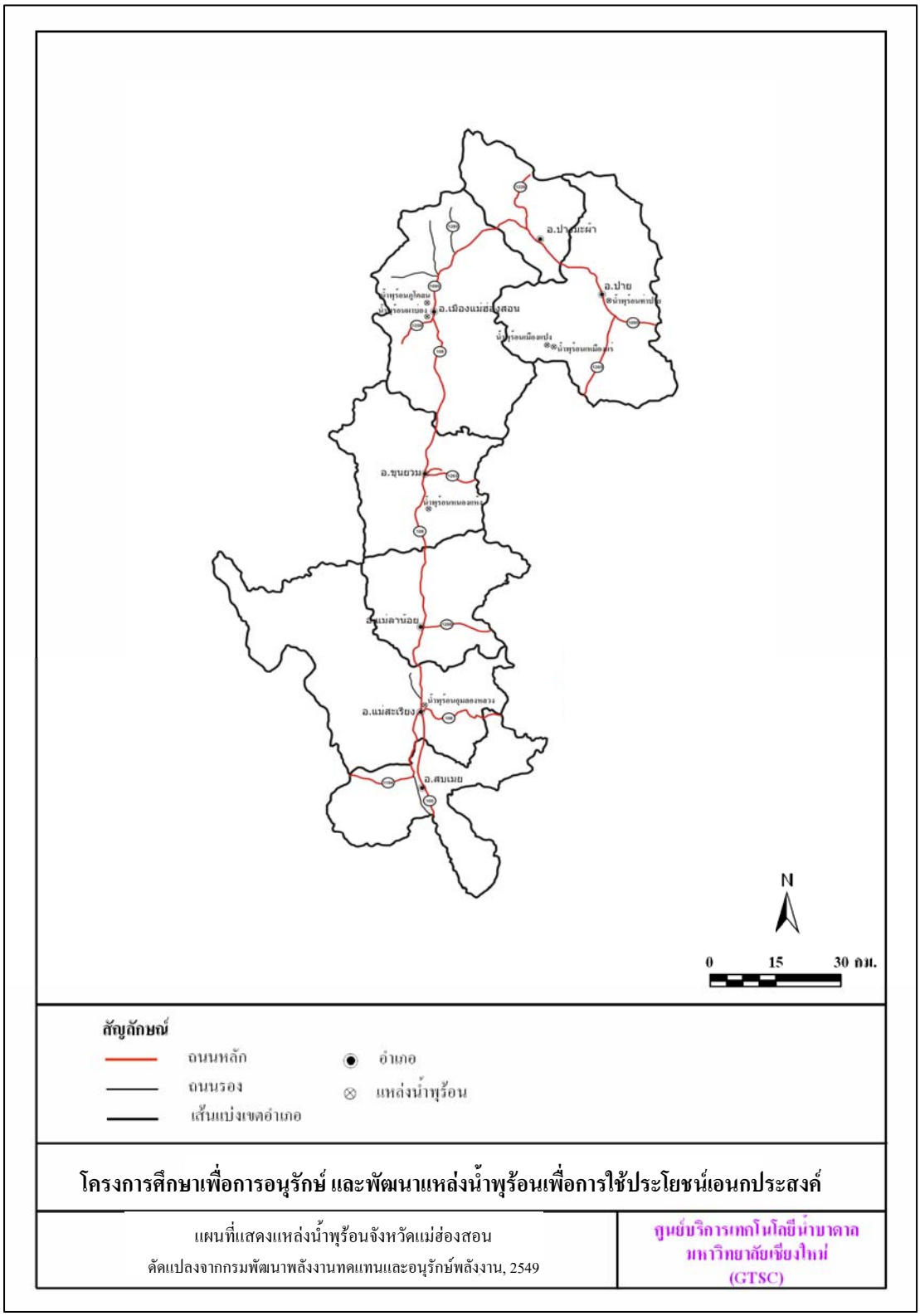
MgN = 100 . Mg/(Mg + Fe^{2+}) OT = Olivine tholeite AB = Alkali basalt

Ba = Basanite

สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2546) ได้ศึกษาสภาพธรณีวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อนในท้องที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนจำนวน 7 แห่ง (รูปที่ 2.3) ซึ่งในจำนวนนี้เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่เกิดสัมพันธ์กับหินแกรนิตและหินไนส์จำนวน 4 แหล่ง แหล่งน้ำพุร้อนที่เหลือเกิดสัมพันธ์กับหินตะกอน จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง แสดงให้เห็นว่าน้ำพุร้อนไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับหินอัคนี ผลจากการศึกษา Stable Isotope ของตัวอย่างน้ำช่วยบอกว่า น้ำพุร้อนปัจจุบันมีต้นกำเนิดจากน้ำฝนแล้วไหลซึมลงไปที่ระดับลึกตามช่องว่างของหินที่แตกเนื่องจากรอยเลื่อน เมื่อน้ำที่ไหลซึมลงไปที่ระดับลึกจะได้รับการถ่ายเทความร้อน แล้วจึงไหลกลับขึ้นมายังผิวดิน เกิดเป็นแหล่งน้ำพุร้อน ในรายงานยังได้กล่าวถึงผลการพิจารณาปริมาณน้ำผิวดินไหลซึมลงไปใต้ดิน สำหรับพื้นที่รับน้ำของแหล่งน้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง ผลการคำนวณพบว่าท้องที่อำเภอปายมีปริมาณน้ำไหลลงสู่ใต้ดินน้อยที่สุดปีละ 2.7 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่อำเภอแม่สะเรียงมีปริมาณน้ำไหลซึมลงใต้ดินปีละ 4.3 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนท้องที่อำเภอเมืองและอำเภอขุนยวมมีปริมาณน้ำไหลซึมลงใต้ดินเป็นปริมาณใกล้เคียงกันในอัตราปีละ 21.0 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บโดยใช้ Chemical Geothermometer บ่งบอกว่าแหล่งน้ำพุร้อนท่าปาย/เมืองแปงมีอุณหภูมิ 180-190 องศาเซลเซียส และคาดว่าแหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 2 กิโลเมตร ขณะที่แหล่งกักเก็บอยู่ที่ความลึกไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร มีอุณหภูมิแหล่งกักเก็บ 144 องศาเซลเซียสและ 153 องศาเซลเซียสตามลำดับ แหล่งน้ำพุร้อนเหมืองแร่มีอุณหภูมิ ณ แหล่งกักเก็บ 142 องศาเซลเซียส ที่ระดับลึกไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร เช่นกัน ส่วนแหล่งน้ำพุร้อนภูโคลน/ผาบ่อง แหล่งกักเก็บมีอุณหภูมิ 129 องศาเซลเซียสและ 127 องศาเซลเซียสตามลำดับ ขณะที่แหล่งหนองแห้ง ที่พบในชั้นหินตะกอน แหล่งกักเก็บกลับมีอุณหภูมิสูงถึง 141 องศาเซลเซียส ทั้งนี้คงเป็นเพราะได้รับความร้อนจากหินอัคนีซึ่งอยู่ห่างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ 3 กิโลเมตรก็เป็นได้ น้ำพุร้อนอุมลองหลวง มีอุณหภูมิแหล่งกักเก็บ 152 องศาเซลเซียส

2.4 สภาพธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน

การศึกษาแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อการพัฒนา จะต้องมีการศึกษาคุณภาพน้ำที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำร้อนที่ไหลออกมา ก่อนที่จะมีการเจาะสำรวจและเก็บข้อมูลขั้นรายละเอียดจากหลุมเจาะ น้ำพุร้อนธรรมชาติที่ได้รับการสำรวจทั้งระดับเบื้องต้นและระดับการเจาะสำรวจในพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง จำกัดอยู่เฉพาะแหล่งน้ำพุร้อนในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศ โดยสมบัติทางเคมีของน้ำพุร้อนในภาคเหนือทั้งหมดพบว่า เป็นน้ำที่ค่อนข้างเจือจาง มีสารละลายของแร่ธาตุต่างๆ ปนอยู่ไม่มากนัก (ตารางที่ 2.2) และจัดว่าเป็นน้ำที่อยู่ในระบบโซเดียม-แคลเซียม-คาร์บอเนต-ไบคาร์บอเนต-ซัลเฟต โดยที่น้ำพุร้อนมีสมบัติดังนี้



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

ตารางที่ 2.2 สรุปผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย (www.dmr.go.th)

การวิเคราะห์ \ ชื่อจังหวัด		เชียงราย	เชียงใหม่	แม่ฮ่องสอน	ลำปาง	แพร่	เพชรบูรณ์
อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดิน ^{0}C	ค่าต่ำสุด	40	40.3	26	42	52.8	27
	ค่าสูงสุด	99	99	95	79	7.28	49.5
	ค่าเฉลี่ย	75.5	76.69	64.96	64.9	61.67	37.55
pH	ค่าต่ำสุด	7.9	6.35	6.88	7.3	6.4	6.69
	ค่าสูงสุด	9.1	9.7	8.8	8.8	7.28	9.35
	ค่าเฉลี่ย	8.25	8.29	8.18	7.68	6.82	8.13
Conductivity (µs/cm)	ค่าต่ำสุด	No data	471	381	No data	743	No data
	ค่าสูงสุด	No data	940	918	No data	1029	No data
	ค่าเฉลี่ย	No data	698.9	540.9	No data	903	No data
Total Dissolved Solid (mg/l)	ค่าต่ำสุด	170	330	230	300	480	250
	ค่าสูงสุด	550	650	669	465	680	1800
	ค่าเฉลี่ย	361.2	459.4	337.4	402.5	600	494.3
Acidity (mg/as $CaCO_3^-$)	ค่าต่ำสุด	0	0	0	0	32	0
	ค่าสูงสุด	0	43.2	0	0	53.7	0
	ค่าเฉลี่ย	0	28.8	0	0	39.63	0
Alkalinity (mg/l as HCO_3^-)	ค่าต่ำสุด	105	55	143	221	472	23
	ค่าสูงสุด	258	608	418.6	330	538	1000
	ค่าเฉลี่ย	197.1	303.5	226.5	283	498.3	219.3
Sulfide saturation (mg/l as H_2S)	ค่าต่ำสุด	0	0.2	<0.05	2.1	0	0
	ค่าสูงสุด	40.1	13.4	5.9	12.3	0.17	0
	ค่าเฉลี่ย	6.40	4.60	3.19	9.7	0.057	0
Na (mg/l)	ค่าต่ำสุด	33	1.6	4	54	137	19
	ค่าสูงสุด	138	196	100	124	193.5	340
	ค่าเฉลี่ย	90.4	109.8	69.99	98.27	168.3	80.77
K (mg/l)	ค่าต่ำสุด	3.7	4.9	1.63	4.8	13	1.97
	ค่าสูงสุด	67	17.8	25.36	11.1	21.4	7.3
	ค่าเฉลี่ย	11.98	8.68	6.17	7.47	18	1.97
Ca (mg/l)	ค่าต่ำสุด	1.62	1.7	2.49	0.6	19	2
	ค่าสูงสุด	25.7	47.3	80	15.5	23.8	110
	ค่าเฉลี่ย	5.17	8.13	23.39	7.22	21.77	35.85

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

การวิเคราะห์ \ ชื่อจังหวัด		เชียงราย	เชียงใหม่	แม่ฮ่องสอน	ลำปาง	แพร่	เพชรบูรณ์
Mg (mg/l)	ค่าต่ำสุด	0.01	0.01	0.02	0.07	0.71	0.01
	ค่าสูงสุด	9.4	85	16.84	6.5	0.75	26.3
	ค่าเฉลี่ย	1.15	5.18	2.55	1.03	0.74	4.63
Fe (mg/l)	ค่าต่ำสุด	0.03	0.05	0.01	0.02	0.13	0.02
	ค่าสูงสุด	1.3	1.0	18.96	0.1	0.38	5
	ค่าเฉลี่ย	1.3	0.16-	1.71	0.08	0.22	0.22
Mn (mg/l)	ค่าต่ำสุด	0.0	0.04	0.0	0	0	0.01
	ค่าสูงสุด	0.5	0.23	0.06	0	0.15	0.08
	ค่าเฉลี่ย	0.1	0.095	-	0	0.09	0.03
Cl (mg/l)	ค่าต่ำสุด	<1	1	0.03	1.4	1	4.2
	ค่าสูงสุด	28	7	20.9	8.8	18	265
	ค่าเฉลี่ย	8.81	3.98	4.27	4.09	8.67	32.33
F (mg/l)	ค่าต่ำสุด	0	1.3	0.05	0	4.1	0.1
	ค่าสูงสุด	13	14	8.87	9.4	7.17	1.44
	ค่าเฉลี่ย	11.4	8.66	3.02	4.97	5.89	0.87
SO_4 (mg/l)	ค่าต่ำสุด	3	1	6.62	2	4.4	4
	ค่าสูงสุด	53	42	77.7	41	64.2	250
	ค่าเฉลี่ย	22.41	10.3	23.56	27.55	43.8	39.63
SiO_2 (mg/l)	ค่าต่ำสุด	47.4	55.6	26.9	18.9	53.5	10
	ค่าสูงสุด	169	273	130.1	123	96.3	70
	ค่าเฉลี่ย	99.66	126.3	74.16	65.29	78.83	38.08

- ความเป็นเบสอยู่ในช่วง pH 6.35 - 9.7 พบว่าน้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะมีฤทธิ์เป็นเบส และแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงจะมีฤทธิ์เป็นเบส สูงกว่าพวกที่มีอุณหภูมิต่ำ พวกที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะพบในน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ
- ค่าสารละลายของแข็ง อยู่ในช่วง 170 - 1,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสารละลายของแข็งในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงจะสูงกว่าพวกที่มีอุณหภูมิต่ำยกเว้นตัวอย่างจากจังหวัดเพชรบูรณ์
- ค่าอัลคาลินิตี้ 105 - 258 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปไบคาร์บอเนต ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงค่าอัลคาลินิตี้ จะสูงกว่าพวกที่มีอุณหภูมิต่ำและมักจะพบในรูปของคาร์บอเนตด้วยในกลุ่มที่มีความเป็นเบสสูง
- ค่าความเป็นกรดพบอยู่ในช่วง 0 - 53.7 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต พวกที่มีค่าเป็นกรดจะพบในน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ
- ค่าการละลายอิ่มตัวของกำมะถัน 0 - 40.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงค่าการละลายอิ่มตัวของกำมะถัน จะสูงกว่าพวกที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งมีน้อยหรือไม่มีเลย
- ปริมาณแคทอิออนที่ละลายอยู่มีดังนี้
    - โซเดียม อยู่ในช่วง 4 - 340 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงค่าโซเดียมมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ ยกเว้นตัวอย่างจากจังหวัดเพชรบูรณ์ที่อาจจะได้รับโซเดียมจากแหล่งเกลือเข้าไปเจือปน
    - โพแทสเซียม อยู่ในช่วง 3.7 - 67 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำค่าโพแทสเซียมมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
    - แคลเซียม อยู่ในช่วง 1.62 - 110 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำค่าแคลเซียมมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
    - แมกนีเซียม อยู่ในช่วง 0.01 - 85 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำค่าแมกนีเซียมมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
    - เหล็ก อยู่ในช่วง 0.01 - 18.96 มิลลิกรัมต่อลิตรในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำค่าเหล็กมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
    - แมงกานีส อยู่ในช่วง 0.0 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำค่าแมงกานีสมักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
    - สำหรับตะกั่ว แคดเมียม สังกะสีและทองแดงไม่มีรายงานมากนักเนื่องจากอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า Detection Limit คือต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตรสำหรับ ตะกั่ว สังกะสีและทองแดง และ ต่ำกว่า 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตรสำหรับแคดเมียม

- ปริมาณแอนอิออนที่ละลายอยู่ มีดังนี้
    - o คลอไรด์ อยู่ในช่วง 1 - 265 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างที่มีค่าคลอไรด์สูงมาจากจังหวัดเพชรบูรณ์ที่อาจจะได้รับโซเดียมคลอไรด์จากแหล่งเกลือเข้าไปเจือปน
    - o ฟลูออไรด์ อยู่ในช่วง 0 - 13 มิลลิกรัมต่อลิตรในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงค่าฟลูออไรต์มักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ
    - o ซัลเฟต อยู่ในช่วง 1-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างที่มีค่าซัลเฟตสูง มาจากจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่อาจจะได้รับซัลเฟตจากแหล่งเกลือเข้าไปเจือปน
    - o ไนเตรต ต่ำกว่า Detection Limit คือต่ำกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - o ซิลิกา อยู่ในช่วง 18.9 - 273 มิลลิกรัมต่อลิตรในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงค่าซิลิกามักจะสูงกว่าแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำและใช้เป็นดัชนีวัดค่าความร้อนของแหล่งกักเก็บด้วย

2.5 อุณหภูมิแหล่งกักเก็บจากค่าทางเคมี

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ผลวิเคราะห์ทางเคมี สามารถนำมาประเมินอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บของแหล่งน้ำพุร้อน ซึ่งค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานที่ว่า สารละลายธาตุที่นำมาใช้นั้นอยู่ในสภาวะสมดุล ทำให้สามารถประเมินศักย์ของพลังงานที่สะสม และการสูญเสียพลังงานความร้อนในแหล่งกักเก็บจากการนำน้ำร้อนมาใช้ในอัตราต่างๆ

สูตรที่นำมาใช้คำนวณได้จากที่เสนอไว้โดย Fournier and Rowe (1966) และ Fournier and Trusdell (1970, 1973) ดังนี้

1) Quartz (no steam loss)

$$T\ Qz\ ^{o}C = \frac{1309}{5.19 - \log c} - 237.15$$

2) Quartz (maximum steam loss)

$$T\ Qz\ ^{o}C = \frac{1522}{5.75 - \log c} - 237.15$$

3) Sodium Potassium Ratio

$$T\ ^{o}C = \frac{1217}{\log\left(Na/K\right) + 1.483} - 237.15$$

4) Sodium Potassium Calcium System

$$T\ ^{o}C = \frac{1647}{\log\left(Na/K\right) + \beta\left\{\log(\sqrt{Ca/Na}) + 2.06\right\} + 2.47} - 237.15$$

สูตรที่ 4 ใช้ค่า β = 1/3 เมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินน้อยกว่า 100^{o}C

สูตรที่ 5 ใช้ค่า β = 4/3 เมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินมากกว่า 100^{o}C

และ Na, K, Ca เป็นค่าความเข้มข้นของ โซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม ที่ละลายอยู่ในน้ำร้อนเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm.)

จากสูตรเหล่านี้พบว่า ถ้าอุณหภูมิที่ผิวดินใกล้เคียงกับน้ำเดือด คือมากกว่า 80 องศาเซลเซียสขึ้นไป สูตรที่ 1 ใช้ค่าความเข้มข้นของซิลิกา ที่ละลายอยู่ในน้ำร้อนโดยสมมติว่า ไม่มีไอน้ำสูญเสียในระบบ จะได้ค่าใกล้เคียงกับระบบที่คำนวณจาก Sodium Potassium Calcium System ที่ ใช้ค่า β =1/3 คือประมาณ 159-170 องศาเซลเซียส สูตรที่ 3 อัตราส่วน โซเดียม/โพแทสเซียม จะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่ออุณหภูมิ ณ แหล่งกักเก็บสูงมากๆ เช่น มากกว่า 250 องศาเซลเซียส จึงจะให้ค่าใกล้เคียงกันกับสารละลายตัวอื่น ซึ่งพบว่าเมื่อนำมาใช้คำนวณจะมีค่าสูงแตกต่างกับการใช้สูตรอื่นๆ มากเกินไปจึงไม่นิยมใช้ผลคำนวณจากสูตรนี้ ส่วนระบบ Sodium-Potassium-Calcium System สูตรที่ 4 ที่ ใช้ค่า β =1/3 ในการประเมินอุณหภูมิแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ แต่ถ้าแหล่งกักเก็บระดับตื้น การใช้ค่า Sodium-Potassium-Calcium System ในสูตรที่ 5 ที่ใช้ค่า β = 4/3 จะให้ค่าต่ำกว่าทุกระบบ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในการเจาะสำรวจที่ฝางและแม่จันกลับเป็นค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่วัดได้จริงใน Shallow reservoir ที่ระดับตื้น ประมาณ 500 เมตร

ในการศึกษาแหล่งน้ำพุร้อนของประเทศไทย การรายงาน นิยมใช้ Quartz (no steam loss) Quartz (Maximum steam loss) และ Sodium Potassium Calcium System ที่ ใช้ค่า β =1/3 ในการประเมินอุณหภูมิแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ แต่ถ้าแหล่งกักเก็บระดับตื้น การใช้ค่า Sodium - Potassium - Calcium System ที่ใช้ค่า β = 4/3 น่าจะใกล้เคียงกับความจริง ทำให้ได้ค่าประมาณ 125-132 องศาเซลเซียส ผลการคำนวณได้ค่าแตกต่างกันชี้ให้เห็นว่าถ้าไม่ใช่เป็นผลจากการเจือจาง ก็น่าจะเป็นผลจากการที่น้ำร้อนได้สูญเสียความร้อนให้กับหินหรือดินรอบข้างขณะที่เคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวดิน อุณหภูมิที่คำนวณได้จึงแตกต่างกัน เนื่องมาจากการที่ธาตุละลายได้น้อยลงหรือสูญเสียให้สิ่งแวดล้อม หรือได้รับเพิ่มขึ้นจากหินและดินที่น้ำพุร้อนไหลผ่านขึ้นมา

อุณหภูมิแหล่งกักเก็บที่คำนวณจากการละลายของธาตุต่างๆ ในน้ำ โดยวิธีต่างๆ ของแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิแหล่งกักเก็บที่คำนวณจากการละลายของธาตุต่างๆ ในน้ำโดยวิธีต่างๆ

รหัส	ชื่อและที่ตั้งแหล่งน้ำพุร้อน	Temp ที่ผิวดิน (^{0}C)	ส่วนประกอบทางเคมีที่ละลายอยู่ (mg/l)				ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส				
			Na	K	Ca	SiO_2	Qtz no steam loss	Qtz maximm steam loss	Na/K	Ca/Na/K At ß =1/3	Ca/Na/K At ß =4/3
จังหวัดเชียงราย											
CR_01	โป่งนาคำ, บ้านโป่งนาคำ อ.เมือง	65	96	3.8	3.9	83.4	163.3	160.4	184.6	175.6	141.9
		61	101	4.5	3.5	83.4	163.3	160.4	192.3	181.1	146.8
		60	38	3.8	3.5	77	159.1	156.8	253.0	221.0	177.9
CR_02	ยางผาเดียว, บ้านโป่งยางผาเดียว อ.เมือง	85	99	4.5	4	83.4	163.3	160.4	193.6	181.9	147.2
		88	99	4.3	4.4	80.2	161.2	158.6	190.6	179.7	145.2
		70	100	4.5	4.5	81.3	161.9	159.2	192.9	181.3	146.6
CR_03	โป่งน้ำร้อน, บ้านผาเสริฐ อ.เมือง	80	97	3.8	1.7	80.2	161.2	158.6	184.0	175.6	143.1
		80	104	3.8	3.9	83.4	163.3	160.4	179.6	172.1	139.1
		43	33	3.8	5.6	53.5	141.0	141.3	265.4	228.1	181.6
CR_04	แม่จัน, บ้านห้วยยา, อ.แม่จัน	99	138	8.1	1.62	169	204.8	195.0	211.2	194.7	159.8
		99	137	8.1	1.66	165	203.2	193.7	211.7	195.1	160.0
MCH-1	หลุมเจาะน้ำพุร้อน แม่จัน, บ้านห้วยยา, อ.แม่จัน	-	130.8	9.09	3.75	152	162.0	153.4	187.7	166.7	129.3
MCH-2		-	130.1	8.49	3.96	157	164.0	155.1	182.9	163.5	126.5
MCH-3		-	111	8.18	3.33	167	168.0	158.3	192.1	169.7	131.7
MCH-4		-	122	7.58	3.12	142	157.8	149.9	179.3	161.2	124.8
CR_05	โป่งปูเฟือง, บ้านโป่งปูเฟือง อ.แม่สรวย	80	102	3.7	2.1	61.4	147.6	147.0	179.1	172.1	139.9
CR_06	สบโป่ง, บ้านสบโป่ง อ.เวียงป่าเป้า	92	90.9	8.4	3.22	109	178.1	172.8	246.3	217.6	177.4
		80	95.5	8.6	2.6	126	186.5	179.9	244.2	216.4	176.8
		86	91.4	8.9	1.91	132	189.3	182.2	250.7	220.9	180.9
		83	97.7	8.6	2.2	135	190.7	183.3	242.3	215.3	176.2
		81	96.8	9	1.82	136	191.1	183.7	246.8	218.4	179.0
		77	95.5	9.2	4.06	129	187.9	181.0	249.8	219.8	178.8
		80	89.5	8.2	4.13	126	186.5	179.9	245.6	216.9	176.3
CR_07	ห้วยทรายขาว, บ้านห้วยทรายขาว อ.พาน	60	49	67	22.5	51.3	139.0	139.6	666.3	427.0	327.4
		40	48	67	25.7	47.4	135.3	136.4	672.3	428.6	327.0
จังหวัดเชียงใหม่											
CM_02	บ้านโป่งกุ่ม อ. ดอยสะเก็ด	78	112	10	3.94	98.4	172.3	168.0	243.5	215.8	175.8
		75	108	10.8	7.63	91.1	168.1	164.4	253.0	221.3	178.9
		70	109	12.4	6.81	91.1	168.1	164.4	264.3	228.7	185.3
		69	108	13.2	6	94.1	169.8	165.9	270.8	233.0	189.1
		80	115	13.6	4.25	111	179.1	173.7	267.8	231.5	188.7
		71	107	12.8	6	99.9	173.1	168.7	268.8	231.7	188.0
		77	109	12.8	7.9	91.1	168.1	164.4	267.2	230.4	186.3

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

รหัส	ชื่อและที่ตั้งแหล่งน้ำพุร้อน	Temp ที่ผิวดิน (^{0}C)	ส่วนประกอบทางเคมีที่ละลายอยู่ (mg/l)				ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส				
			Na	K	Ca	SiO_2	Qtz no steam loss	Qtz maximm steam loss	Na/K	Ca/Na/K At ß =1/3	Ca/Na/K At ß =4/3
CM_04	ป่าแป๋, บ้านแม่เลา อ.แม่แตง	99	82	5.6	2.3	273	238.2	222.1	222.3	201.9	164.6
		94	81	5.6	1.7	257	233.7	218.5	223.3	202.7	165.7
		94	81	5.6	2.3	244	229.9	215.5	223.3	202.5	165.1
		98	81	5.6	1.8	273	238.2	222.1	223.3	202.6	165.6
		97	83	5.6	2.2	241	229.0	214.8	221.4	201.3	164.2
		90	79	5.4	6.9	229	225.4	211.8	222.4	201.0	161.5
		78	81	6.5	2.1	231	226.0	212.3	234.8	210.3	171.8
CM_07	ปิงโค้ง บ้านปิงโค้ง อ.เชียงดาว	90	1.6	6.7	2.8	141	193.3	185.5	1176.2	576.4	407.8
		89	1.7	4.9	3	124	185.6	179.1	952.2	516.0	369.1
		78	104	6.5	3	135	190.7	183.3	215.8	197.4	160.8
		85	109	6.8	3	98.4	172.3	168.0	215.6	197.3	160.8
		99	105	6.7	3	113	180.1	174.5	217.3	198.4	161.7
		99	107	6.7	3.5	124	185.6	179.1	215.9	197.4	160.6
		95	104	6.5	2.7	124	185.6	179.1	215.8	197.5	161.0
CM_08	บ้านโป่งอ่าง, บ้านโป่งอ่าง อ.เชียงดาว	68	104	9	9.8	124	185.6	179.1	240.9	213.2	171.4
		45	107	9.1	13	150	197.2	188.7	239.5	211.9	169.6
CM_09	บ้านโป่งโรงวัว อ.เชียงดาว	70	185	13.5	7	66.1	151.3	150.1	227.4	205.1	166.8
		55	179	13	7	58.6	145.4	145.1	227.0	204.8	166.5
		60	196	13.8	7	61.8	148.0	147.3	224.6	203.3	165.4
		67	179	17.8	5	58.6	145.4	145.1	252.5	221.8	181.3
CM_10	บ้านยางทุ่งโป่ง, บ้านยางทุ่งโป่ง อ.เชียงดาว	80.3	143	7.6	7	77	159.1	156.8	204.2	189.1	152.9
		69.3	138	6.7	7.8	70.6	154.6	153.0	198.0	184.7	149.0
CM_11	บ้านโป่ง, บ้านโป่ง อ.พร้าว	71.6	166.1	10.6	19.5	77	159.1	156.8	217.3	197.2	157.6
		72.3	167.8	11.3	18.8	77	159.1	156.8	221.3	199.9	160.0
CM_13	ห้วยงู, บ้านห้วยงู อ.พร้าว	45	51.7	13.3	37	57.8	144.7	144.5	350.0	275.3	210.7
CM_14	โป่งเย็น, บ้านห้วยมะหิน อ.พร้าว	40.3	140	15.3	47.3	76	158.4	156.2	260.7	223.9	175.2
CM_15	บ้านประดู่, บ้านประดู่ อ.พร้าว	58.6	109	7.3	7.45	55.6	142.8	142.9	220.9	200.2	161.5
F001	Hot pool น้ำพุร้อนฝาง อ. ฝาง	80.5	128	8	11	157	200.0	191.1	215.8	196.5	157.8
F002	FGTE-7 น้ำพุร้อนฝาง	98	124	9	6	189	212.1	201.0	227.0	204.6	165.9
F003	FGTE-14 น้ำพุร้อนฝาง	96.5	114	6	11	183	210.0	199.3	203.5	188.0	150.5

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

รหัส	ชื่อและที่ตั้งแหล่งน้ำพุร้อน	Temp ที่ผิวดิน (^{0}C)	ส่วนประกอบทางเคมีที่ละลายอยู่ (mg/l)				ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส				
			Na	K	Ca	SiO_2	Qtz no steam loss	Qtz maximm steam loss	Na/K	Ca/Na/K At ß =1/3	Ca/Na/K At ß =4/3
F004	FGTE-8 น้ำพุร้อนฝาง	75	127	7	7	179	208.5	198.1	206.7	190.8	154.1
F005	Hotpool น้ำพุร้อนฝาง	89	102	4	24	188	211.8	200.7	184.0	173.4	135.7
F006	Hotpool น้ำพุร้อนฝาง	82.9	112	6	7	190	212.5	201.3	204.7	189.3	152.6
F007	Hotpool น้ำพุร้อนฝาง	77.2	115	9	8	179	208.5	198.1	232.8	208.2	168.0
F008	Hotpool น้ำพุร้อนฝาง	77.4	117	5	8	161	201.6	192.4	189.5	178.6	143.5
F009	FGTE-9 น้ำพุร้อนฝาง	95.3	105	8	14	177	207.8	197.5	230.7	206.0	164.5
F010	FGTE-15 น้ำพุร้อนฝาง	97.6	110	7	1.5	188	211.8	200.7	217.1	198.7	162.9
F011	BH-4 น้ำพุร้อนฝาง	98.2	109	7	1.6	182	209.6	199.0	217.7	199.1	163.2
F012	BH-11 น้ำพุร้อนฝาง	98.5	105	7	2.5	180	208.9	198.4	220.5	200.7	163.9
F013	FGTE-12 น้ำพุร้อนฝาง	97	112	8	1.5	175	207.0	196.8	225.7	204.6	167.9
F014	FX-2 น้ำพุร้อนฝาง	99.4	111	9	2.1	185	210.7	199.9	235.6	211.0	172.9
F015	FX-4 น้ำพุร้อนฝาง	97.2	106	7	2.1	188	211.8	200.7	219.8	200.4	163.9
จังหวัดแม่ฮ่องสอน											
MH_03	โป่งไหม้, บ้านโป่งไหม้ อ.ปาย	92	98	4.8	6.5	83.4	163.3	160.4	198.6	185.0	148.9
		87	100	4.5	4.9	83.4	163.3	160.4	192.9	181.3	146.4
MH_04	โป่งปะ, บ้านตาลเจ็ดต้น อ.ปาย	77	80	2.7	4.1	67.4	152.3	151.0	174.7	168.4	135.4
		77	81	2.8	4.1	67.4	152.3	151.0	176.2	169.4	136.3
		76	84	3.2	4.4	77	159.1	156.8	182.2	173.7	139.9
		77	80	2.7	4.1	73.8	156.9	154.9	174.7	168.4	135.4
		78	81	4	5	70.6	154.6	153.0	199.1	185.4	149.4
		77	86	3.2	4.6	73.8	156.9	154.9	180.7	172.6	138.9
		77	83	2.8	4.8	73.8	156.9	154.9	174.7	168.3	135.1
		78	85	2.8	4.5	67.4	152.3	151.0	173.3	167.3	134.5
MH_05	เหมืองแร่, บ้านเหมืองแร่ อ.ปาย	93	96	4.6	5.3	89.9	167.3	163.8	197.1	184.1	148.5
		95	96	4.6	5.1	86.6	165.3	162.1	197.1	184.1	148.6
		91	94	4.5	5.1	83.4	163.3	160.4	197.0	184.1	148.5
		65	100	4.5	5.8	86.6	165.3	162.1	192.9	181.1	145.9
		88	100	4.5	5	89.9	167.3	163.8	192.9	181.3	146.3

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

รหัส	ชื่อและที่ตั้งแหล่งน้ำพุร้อน	Temp ที่ผิวดิน (^{0}C)	ส่วนประกอบทางเคมีที่ละลายอยู่ (mg/l)				ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส				
			Na	K	Ca	SiO_2	Qtz no steam loss	Qtz maximm steam loss	Na/K	Ca/Na/K At ß =1/3	Ca/Na/K At ß =4/3
MH_07	เมืองแปง บ้านเมืองแปง อ.ปาย	40	30.8	3.9	70	52.1	139.7	140.2	274.1	226.6	164.2
		30	31.5	3.9	70	109	178.1	172.8	272.0	225.4	163.5
		35	37.7	4.3	80	101	173.8	169.2	264.5	221.0	160.6
MH_10	แม่อุมลองหลวง, สบแม่อุมลอง, อ.แม่สะเรียง	36.5	97.2	12.8	29.8	40.1	127.8	129.9	277.8	234.8	184.4
MH_11	หนองแห้ง, บ้านห้วยแห้งอ.ขุนยวม	78	86	12.2	14.4	92	168.6	164.8	284.9	240.4	191.6
		55	54	9.5	21.6	64.2	149.8	148.9	306.7	251.9	196.5
MH_01	ผาบ่อง, บ้านผาบ่อง อ.เมือง	63	89.9	25.36	68.1	83.3	160.3	163.2	361.6	281.5	215.1
MH_06	แม่นะ, บ้านแม่นะ, อ.ปาย	40	67.7	11.21	20.86	71.4	153.5	155.2	300.4	248.7	195.4
MH_08	แม่อี้, บ้านแม่อี้ อ.ปาย	38	73.9	4.61	2.49	89.1	163.4	166.8	215.6	197.2	160.4
MH_12	โป่งจ๊ะจ๋า , บ้านโป่งจ๊ะจ๋า อ.ปาย	43	47.2	7.88	16.32	130.1	181.5	188.4	301.2	248.9	195.0
จังหวัดลำปาง											
LP_01	แจ้ซ้อน, บ้านแจ้ซ้อน อ.เมืองปาน	74	112	11.1	7.9	109	178.1	172.8	252.2	220.8	178.5
		77	110	10.1	5.9	109	178.1	172.8	245.8	216.9	175.9
		78	116	10.9	4.6	113	180.1	174.5	247.7	218.5	177.8
		70	103	9.9	4.1	123	185.1	178.7	249.6	219.7	178.8
LP_02	เวียงเหนือ, บ้านเวียงเหนือ อ.ห้าง	55	124	6.3	7	51.3	139.0	139.6	201.1	186.8	150.8
		60	108	6.5	0.6	44	131.9	133.5	213.0	196.2	161.7
LP_03	โป่งน้ำร้อน, บ้านโป่งน้ำร้อน อ.เกาะคา	50	82.2	5.3	5.6	49.2	137.1	137.9	218.0	198.3	159.9
		60	84	5.99	15.5	47.1	135.0	136.2	225.6	202.2	160.2
		60	80	5.3	9.4	44.9	132.9	134.3	220.1	199.1	159.1
LP_04	โป่งน้ำร้อน, บ้านโป่งน้ำร้อน อ.เสริมงาม	74	106	6.6	6	26.4	110.2	114.5	215.5	196.7	159.0
		79	100	6.8	6	47.7	135.6	136.7	222.0	201.1	162.5
		42	54	4.8	14	18.9	97.3	103.1	243.1	213.1	167.8
LP_04	โป่งน้ำร้อน, บ้านโป่งน้ำร้อน อ.เสริมงาม	74	106	6.6	6	26.4	110.2	114.5	215.5	196.7	159.0
		79	100	6.8	6	47.7	135.6	136.7	222.0	201.1	162.5
		42	54	4.8	14	18.9	97.3	103.1	243.1	213.1	167.8
จังหวัดแพร่											
PR_01	ปันเจน, บ้านปันเจน อ.วังชิ้น	52.8	137	13	19	53.5	141.0	141.3	248.5	217.6	173.8
PR_02	แม่จอก, บ้านแม่จอก อ.วังชิ้น	64.1	174.3	19.6	22.5	86.7	165.4	162.1	263.3	227.2	181.9
		69	193.5	21.4	23.8	96.3	171.1	167.0	261.8	226.3	181.3

ตารางที่ 2.3(ต่อ)

รหัส	ชื่อและที่ตั้งแหล่งน้ำพุร้อน	Temp ที่ผิวดิน (^{0}C)	ส่วนประกอบทางเคมีที่ละลายอยู่ (mg/l)				ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส				
			Na	K	Ca	SiO_2	Qtz no steam loss	Qtz maximm steam loss	Na/K	Ca/Na/K At ß =1/3	Ca/Na/K At ß =4/3
จังหวัดเพชรบูรณ์											
พ.ย.-86	บ้านน้ำร้อน, บ้านน้ำร้อน อ.เมือง	27.6	21	1.7	36	15	89.0	95.6	235.5	203.5	149.0
		39.3	169	7.1	40	30	115.4	119.1	188.4	176.5	138.2
		41.4	165	6.9	41	31	116.8	120.2	188.1	176.2	137.8
		27.5	19	1.5	35	16	91.3	97.7	233.5	202.0	147.3
พ.ค.-87	บ้านน้ำร้อน, บ้านน้ำร้อน อ.เมือง	28.4	90	1.6	41	20	99.4	105.0	139.3	140.1	105.8
		28.5	25	2.8	20	13	84.0	91.1	262.9	223.2	169.7
		36	250	5.2	46	32	118.1	121.4	147.4	147.3	114.8
		28.5	26	3.2	18	13	84.0	91.1	271.5	229.0	175.1
		37.7	310	6.2	55	38	125.4	127.8	145.3	145.8	113.6
พ.ย.-86	บ้านพุเดย, บ้านพุเดย อ.วิเชียรบุรี	34	49	1.1	93	29	114.0	117.8	151.4	146.1	103.6
		33.9	47	1.1	93	29	114.0	117.8	153.7	147.6	104.5
		36.7	47	1.2	98	26	109.6	113.9	158.5	150.9	106.8
พ.ค.-87	บ้านพุเดย, บ้านพุเดย อ.วิเชียรบุรี	33.6	46	0.9	85	24	106.4	111.2	144.2	140.9	99.6
		38.8	48	1.9	92	25	108.0	112.6	184.6	169.4	121.8
		34.2	47	1.4	110	22	103.1	108.2	167.3	156.8	110.6
		47	72	1.5	2	51	138.7	139.4	147.5	148.8	119.7
		46.2	71	1.2	2	54	141.4	141.7	136.7	140.8	112.8
		45.9	70	0.8	2	54	141.4	141.7	118.2	126.6	100.6
		29.8	91	7.3	23	20	99.4	105.0	234.8	207.8	163.5
		39.5	82	0.9	6	44	131.9	133.5	116.4	124.7	97.6
		32.6	165	4	36	32	118.1	121.4	155.6	153.2	119.2
		30.3	340	0.9	42	57	144.0	143.9	62.6	81.1	59.2
		34.6	60	0.4	22	25	108.0	112.6	95.4	106.8	78.7
		32.7	71	1.1	66	38	125.4	127.8	132.4	133.8	97.6
พ.ย.-86	บ้านวังขาม, บ้านวังขาม อ.ศรีเทพ	29.7	56	2.4	33	20	99.4	105.0	189.7	175.8	133.8
		47.3	56	0.6	19	68	152.7	151.4	115.3	122.4	92.1
		42.7	50	0.6	35	66	151.2	150.1	120.4	125.2	91.8
พ.ย.-86	บ้านวังขาม, บ้านวังขาม อ.ศรีเทพ	49	55	0.58	21	70	154.2	152.6	114.6	121.7	91.1
		46.5	57	0.6	20	70	154.2	152.6	114.5	121.8	91.4
		29.7	60	2.4	40	66	151.2	150.1	185.3	172.5	130.5
พ.ค.-87	บ้านวังขาม, บ้านวังขาม อ.ศรีเทพ	27.1	24	2.5	33	11	78.4	86.1	256.5	217.6	161.5
		47.7	72	0.6	3	62	148.1	147.4	104.5	115.7	90.8
		43	66	0.6	3	57	144.0	143.9	108.2	118.6	93.1
		49.5	70	0.7	4	60	146.5	146.0	112.3	121.6	95.4
		47	70	0.7	3	62	148.1	147.4	112.3	121.8	96.0
		27	30	2.4	34	10	75.3	83.3	234.6	204.2	152.5

2.6 การศึกษาด้านไอโซโทปของน้ำพุร้อนในประเทศไทย

การศึกษาด้านไอโซโทปของแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย ได้เริ่มมาตั้งแต่มีการศึกษาทางด้านธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อนครั้งแรกโดย Kingston Reynolds Thom and Allardice Ltd.(KRTA, 1977) โดยได้ทำการศึกษาค่าอัตราส่วน H/D ($^1H/^2H$) และ $^{18}O/^{16}O$ ของน้ำพุร้อนจากแหล่งป่าแป๋ และ แหล่งฝาง เปรียบเทียบกับน้ำในแม่น้ำ น้ำพุเย็น น้ำในลำธารและแม่น้ำในพื้นที่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำพุร้อน ในรูปของ δ- D และ δ-^{18}O ที่ได้มาจากสูตร

$$\delta - D = \frac{^1H / D_{sample} - ^1H / D_{reference}}{H / D_{reference}}$$

$$\delta^{18} - o = \frac{^{16}O / ^{16}O_{sample} - ^{18}O / ^{16}O_{reference}}{^{18}O / ^{16}O_{reference}}$$

ในเวลาต่อมาคณะทำงานศึกษาพลังงานความร้อนใต้พิภพ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ภาควิชาธรณีวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกรมทรัพยากรธรณี) ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และ IAEA ตลอดจน JICA และAkita University แห่งประเทศญี่ปุ่นได้ศึกษาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีศักย์สูง คือมีอุณหภูมิที่ผิวดินมากกว่า 95 องศาเซลเซียส โดยศึกษาทริเทรียม (^3H) และอัตราส่วนของดิวเทอเรียม (δ-D) กับออกซิเจนสิบแปด (δ-^{18}O) (ตารางที่ 2.4) พบว่า

- ค่าอัตราส่วนของไอโซโทปของดิวเทอเรียมกับออกซิเจนสิบแปด (δ-D และ δ-^{18}O) อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 2.4
- ค่าอัตราส่วนของไอโซโทปของดิวเทอเรียมกับออกซิเจนสิบแปด (δ-^2H และ δ-^{18}O) มีค่าแตกต่างในลักษณะที่มีไอโซโทปที่เบากว่าน้ำจากน้ำท่าหรือน้ำในแม่น้ำลำธารในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนไม่มากนัก (ประมาณ -1) แสดงให้เห็นว่าน้ำที่กลายมาเป็นน้ำพุร้อนมีต้นกำเนิดจากการที่น้ำฝนตกในที่สูงใกล้เคียงกับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ และซึมลงตามรอยแตกแยกไปถ่ายเทรับความร้อนจากเบื้องล่างแล้วไหลกลับขึ้นมาสู่เบื้องบนกลายเป็นน้ำพุร้อน
- ในช่วงเวลาที่ผ่านไปหลายปี ค่าวิเคราะห์ไอโซโทปของน้ำพุร้อนไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นเด่นชัด

ตารางที่ 2.4 สรุปผลวิเคราะห์ไอโซโทปของแหล่งน้ำพุร้อนภาคเหนือของประเทศไทย (KRTA, 1977)

Geothermal Area	Type of Water	Range	δ-D	δ-^{18}O
San Kamphaeng, A. San Kamphaeng, Chiang Mai	Cold spring	Max.	-46.9	-6.64
		Min.	-56.8	-8.56
	Groundwater	Max.	-36	-4.32
		Min.	-57	-8.14
	Stream	Max.	-39.2	-5.08
		Min.	-57.2	-8.48
	Hot springs and drilled wells	Max.	-50.1	-6.8
		Min.	-60.9	-8.56
Fang, A. Fang, Chiang Mai	Stream	Max.	-54.2	-7.06
		Min.	-58.8	-8.49
	Hot springs and drilled wells	Max.	-58.1	-6.44
		Min.	-61..9	-8.58
Pa Pae, A. Mae Taeng , Chiang Mai	Stream	Max.	-49.7	-7.41
		Min.	-54.9	-7.94
	Hot springs and drilled wells	Max.	-55.6	-7.85
		Min.	-57.1	-8.08

บทที่ 3
การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำสำหรับเป็นพื้นที่กรณีศึกษา

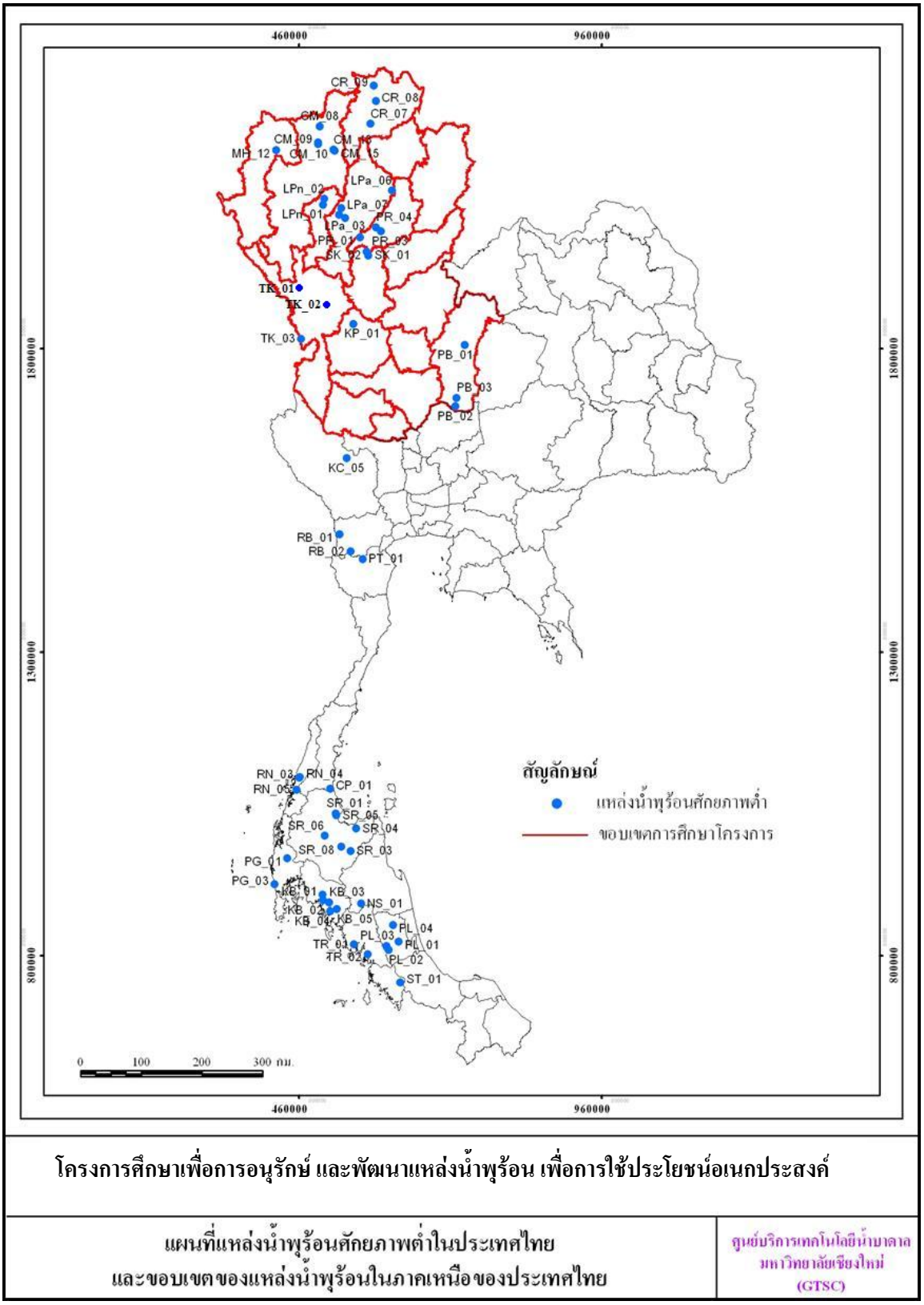
3.1 การคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จำนวน 10 แหล่ง

3.1.1 แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในภาคเหนือของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2549) ได้ให้ความหมายของแหล่งน้ำพุร้อนกลุ่มที่มีศักยภาพต่ำไว้ดังนี้ แหล่งน้ำพุร้อนที่มีศักยภาพต่ำ หมายถึงแหล่งที่มีอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผิวดินระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส และ/หรือ มีอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส และ/หรือ มีแหล่งกักเก็บความร้อนอยู่ที่ระดับความลึกมากกว่า 2 กิโลเมตร ซึ่งแหล่งน้ำพุร้อนเหล่านี้ สามารถนำน้ำร้อนมาใช้โดยตรงได้เพียงเพื่อการท่องเที่ยวและนันทนาการ แต่เมื่อใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพ ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีกอย่างน้อย 20 องศาเซลเซียสแล้ว สามารถนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กบางประเภทได้ (เช่นการเคลือบสารบนผิวส้มหรือมะนาว เพื่อคงความสดไว้) จากการศึกษาดังกล่าวนี้ พบว่าในประเทศไทยมีน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จำนวนมากถึง 52 แหล่ง จากจำนวนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 92 แหล่ง และมีทั้งหมด 24 แหล่งที่เป็นแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในภาคเหนือของประเทศไทยดังแสดงไว้ใน รูปที่ 3.1 โดยรายละเอียดที่ตั้งของแหล่งน้ำพุร้อน แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

3.1.2 สภาพธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้นของแหล่งพุน้ำร้อน ในภาคเหนือของประเทศไทย

ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการแปลความหมายโครงสร้างแนวเส้น (lineaments) บนผิวโลก ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้มีความสำคัญในการศึกษาแหล่งน้ำพุร้อน เนื่องจากอาจเป็นช่องทางให้น้ำพุร้อนจากที่ลึกขึ้นมาที่พื้นผิวได้ และหากทราบลักษณะการเกิด และการกระจายตัวของโครงสร้างเหล่านี้ ผู้สำรวจสามารถคาดเดาลักษณะเฉพาะบางอย่างของน้ำพุร้อนที่มีอยู่แล้ว หรือสามารถคาดเดาตำแหน่งของน้ำพุร้อนแหล่งใหม่ได้ (รูปที่ 3.2)โดยน้ำพุร้อนส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยตั้งอยู่บน หรือที่ตำแหน่งใกล้กับรอยแตกหรือรอยเลื่อน โดยรอยเลื่อนสำคัญในภาคเหนือที่เป็นที่ตั้งของน้ำพุร้อน ได้แก่ รอยเลื่อนแม่จัน เชียงราย แม่ฮ่องสอน - สบเมย แม่ทา แพร่ และปาย ทั้งนี้น้ำพุร้อนอาจเกิดบนรอยเลื่อนหลัก หรือรอยเลื่อนขนาดเล็กและรอยแตกที่เกิดภายในโซนรอยเลื่อนหลักหรือพื้นที่ใกล้เคียง



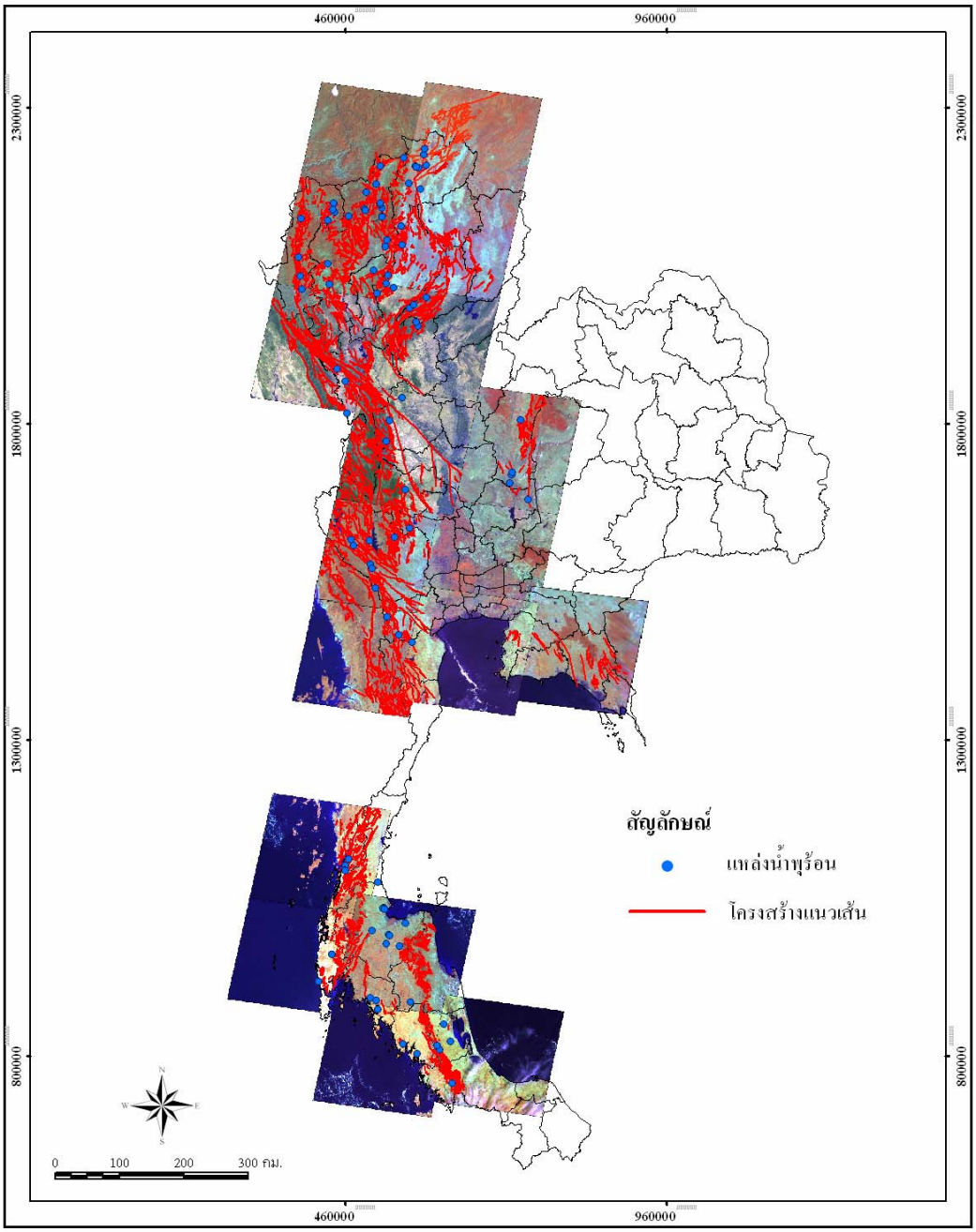
โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์อเนกประสงค์

แผนที่แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในประเทศไทย และขอบเขตของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย	ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 3.1 แผนที่แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในประเทศไทย และขอบเขตของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย (ดัดแปลงจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549)

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำในภาคเหนือของประเทศไทย

รหัส	แหล่งน้ำพุร้อน	พิกัด ตะวันออก	พิกัดเหนือ	ระวางแผนที่	หมายเลข ระวาง	อำเภอ	จังหวัด
CR_07	ห้วยทรายขาว	577900	2171300	อำเภอแม่สรวย	4948 III	พาน	เชียงราย
CR_08	โป่งพระบาท	587100	2209200	จังหวัดเชียงราย	4948 I	เมือง	
CR_09	นาโป่ง	584200	2235200	อำเภอแม่จัน	4949 II	แม่จัน	
CM_08	บ้านโป่งอ่าง	494245	2166883	บ้านนาหวาย	4748 I	เชียงดาว	เชียงใหม่
CM_09	บ้านยางปู่โต๊ะ	491881	2140947	อำเภอเชียงดาว	4747 I	เชียงดาว	
CM_10	บ้านยางทุ่งโป่ง	492199	2138090	อำเภอเชียงดาว	4747 I	เชียงดาว	
CM_12	หนองครก	518500	2127100	อำเภอพร้าว	4847 IV	พร้าว	
CM_13	บ้านห้วยงู	518174	2128797	บ้านแม่หอพระ	4847 III	พร้าว	
CM_15	บ้านโป่งบัวบาน	518691	2127044	บ้านแม่หอพระ	4847 III	พร้าว	
LPn_02	หนองหล่ม	506100	2042900	อำเภอแม่ทา	4845 IV	เมือง	ลำพูน
LPa_02	เวียงเหนือ	524655	2021893	อำเภอแม่ลาว	4845 IV	ห้างฉัตร	ลำปาง
LPa_03	บ้านโป่งน้ำร้อน	536373	2016094	อำเภอเกาะคา	4845 II	เกาะคา	
LPa_07	โป่งน้ำร้อน	511200	2006100	อำเภอทุ่งหัวช้าง	4845 II	ห้างฉัตร	
PR_01	ปันเจน	516340	1983777	อำเภอวังชิ้น	4944 IV	วังชิ้น	แพร่
PR_03	โป่งน้ำร้อน	595840	1994144	อำเภอลอง	4945 II	ลอง	
PR_04	วัดสะแล่ง	587733	2000660	อำเภอลอง	4945 II	ลอง	
SK_01	โป่งลำปาง	574744	1954816	อำเภอศรีสัชนาลัย	4944 III	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย
SK_02	ห้วยน้ำร้อน	571672	1960620	อำเภอศรีสัชนาลัย	4944 III	ศรีสัชนาลัย	
TK_01	โพธิ์ทอง	461200	1869900	อำเภอแม่ละมาด	4742 IV	แม่สอด	ตาก
TK_02	หม่องวา	448600	1886400	บ้านแม่ละมาดน้อย	4743 III	แม่ละมาด	
TK_03	บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	463700	1817400	อำเภอพบพระ	4741 IV	พบพระ	
KP_01	พระร่วง	550000	1841800	กิ่งอำเภอโกสัมพี	4842 II	เมือง	กำแพงเพชร
PB_01	บ้านน้ำร้อน	733800	1807000	จังหวัดเพชรบูรณ์	5241 IV	เมือง	เพชรบูรณ์
PB_02	บ้านวังขาม	717800	1706200	อำเภอศรีเทพ	5239 IV	ศรีเทพ	
PB_03	บ้านพุขาม	719700	1720000	อำเภอวิเชียรบุรี	5240 III	วิเชียรบุรี	



โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์อเนกประสงค์

แผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างแนวเส้นกับแหล่งน้ำพุร้อน	ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างแนวเส้นกับแหล่งน้ำพุร้อน (ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549)

3.1.3 อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำพุร้อน

อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำร้อน จะทำการวัดโดยตรงจากน้ำร้อนที่ขึ้นมายังผิวดิน โดยอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำร้อน ของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำพุร้อน

แหล่งน้ำพุร้อน	อำเภอ	จังหวัด	อุณหภูมิ (^{0}C)	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)
ห้วยทรายขาว	พาน	เชียงราย	56.5	1.96
โป่งพระบาท	เมือง		60	3.8
นาโป่ง	แม่จัน		27.7	0.23
บ้านโป่งอ่าง	เชียงดาว	เชียงใหม่	52.3	0.78
บ้านยางปู่โต๊ะ	เชียงดาว		51.7	0.2
บ้านยางทุ่งโป่ง	เชียงดาว		42	0.65
หนองครก	พร้าว		68	3.5
บ้านห้วยงู	พร้าว		45.4	1.4
บ้านโป่งบัวบาน	พร้าว		55.8	0.81
หนองหล่ม	เมือง	ลำพูน	42.5	1.2
เวียงเหนือ	ห้างฉัตร	ลำปาง	55	0.94
บ้านโป่งน้ำร้อน	เกาะคา		56	1.12
โป่งน้ำร้อน	ห้างฉัตร		48	-
ปันเจน	วังชิ้น	แพร่	53.8	0.23
โป่งน้ำร้อน	ลอง		50	-
วัดสะแล่ง	ลอง		65.7	0.8
โป่งลำปาง	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	55.6	0.16
ห้วยน้ำร้อน	ศรีสัชนาลัย		49.8	0.05
โพธิ์ทอง	แม่สอด	ตาก	74.8	0.10
หม่องวา	แม่ละมาด		40.8	0.45
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	พบพระ		60	0.36
พระร่วง	เมือง	กำแพงเพชร	50.2	-
บ้านน้ำร้อน	เมือง	เพชรบูรณ์	48.8	0.09
บ้านวังขาม	ศรีเทพ		48.1	-
บ้านพุขาม	วิเชียรบุรี		49.5	-

3.1.4 สภาพธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2549) ได้เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อน และทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี โดยสภาพธรณีเคมีของแหล่งน้ำพุร้อนกลุ่มศักยภาพต่ำแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อน (ข้อมูลผลวิเคราะห์ส่วนที่ 1)

CODE	pH	Cond	TDS (mg/l)	TA (mg/l $CaCO_3$)	TH (mg/l $CaCO_3$)	CO_3^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Cl (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO_3 (mg/l)	F (mg/l)	H_2S (mg/l)
ห้วยทรายขาว	8.1	319	200.5	144	83	0.0	175.5	5.2	4.0	0.5	0.5	0.0
โป่งพระบาท	8.7	471	319.7	132	4	18.5	115.5	14.0	34.9	<0.2	13.9	2.9
นาโป่ง	8.0	658	450.3	295	9	0.0	360.2	11.4	5.6	<0.2	8.5	1.7
บ้านโป่งอ่าง	7.2	789	625	193	20.7	0	235	2.0	5.5	<0.2	8.2	0.3
บ้านยางปู่โต๊ะ	9.3	565	441	185	1.9	47.3	110	2.2	17.5	<0.2	12.5	26.4
บ้านยางทุ่งโป่ง	9.1	356	278	109	1.8	36.2	45	2.2	10.2	<0.2	10.5	10.5
หนองครก	8.0	814	570	445	57.2	0.0	543	3.7	11.5	<0.2	8.0	5.4
บ้านห้วยงู	7.5	488	330	230	55.6	0.0	280	6.6	15.3	<0.2	7.5	5
บ้านโป่งบัวบาน	7.9	532	373	266	38.3	6.0	310	10.3	10.2	<0.2	7.9	5.4
เวียงเหนือ	8.0	508	345.6	185	15	0.0	225.2	6.6	18.9	<0.2	11.2	7.5
บ้านโป่งน้ำร้อน	8.9	1,082	737.4	524	28	13.6	605.5	6.1	3.3	<0.2	4.2	0.0
หนองหล่ม	7.8	577	402	348	50	0.0	424.7	4.7	4.7	<0.2	4.5	3.3
โป่งน้ำร้อน	8.1	588	400.6	209	21	0.0	255.5	7.0	30.9	<0.2	10.2	5.0
ปันเจน	8.0	736	500.5	328	50	0.0	400.5	7.0	4.7	<0.2	5.0	0.4
วัดสะแล่ง	8.2	1,012	700.2	363	39	0.0	442.5	12.7	63.0	<0.2	5.2	0.0
โป่งลำปาง	8.3	1,636	1120.2	754	78	0.0	920	5.7	2.0	<0.2	2.5	0.8
ห้วยน้ำร้อน	8.2	958	680.5	451	86	0.0	550	4.4	2.2	<0.2	2.0	1.3
โพธิ์ทอง	7.8	489	340	263	194	0.0	720.5	9.4	54.5	<0.2	0.2	<0.2
หม่องวา	7.7	1,411	987	591	420	0.0	720.5	9.4	54.5	<0.2	10.2	5.0
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	8.8	531	372	209	245	0.0	255.5	85.1	14.5	<0.2	0.3	<0.2
พระร่วง	8.7	629	420	316	17	6.8	369.4	19.7	16.1	<0.2	9.5	<0.2
บ้านน้ำร้อน	7.5	3,510	2328	40	98	0.0	48.3	540.5	290.5	<0.2	2.1	0.2
วังขาม	8.9	336	235	179	3	54.3	85.5	15.9	25.0	<0.2	2.2	<0.2
บ้านพุขาม	9.0	405	283	214	5	74.7	79.4	18.7	18.2	0.4	2.1	<0.2

หมายเหตุ Cond. = Conductivity TA= Total Alkalinity TH = Total Hardness

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพุร้อน (ข้อมูลผลวิเคราะห์ส่วนที่ 2)

CODE	Na (mg/l)	K (mg/l)	Li (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	SiO_2 (mg/l)	%
ห้วยทรายขาว	24.180	8.021	0.103	18.600	8.779	0.100	0.194	0.049	<0.005	<0.002	<0.005	60.0	3.4
โป่งพระบาท	81.691	4.441	0.081	1.745	0.005	0.023	<0.005	0.069	<0.005	<0.002	<0.005	110.0	7.3
นาโป่ง	129.091	4.440	0.081	3.307	0.262	0.148	<0.005	0.020	<0.005	<0.002	<0.005	160.0	6.7
บ้านโป่งอ่าง	82.105	7.963	0.113	5.718	1.560	<0.005	0.038	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	57.5	2.9
บ้านยางปู่โต๊ะ	84.830	7.693	0.160	0.664	0.051	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	50.5	6.1
บ้านยางทุ่งโป่ง	53.170	2.787	0.129	0.676	0.021	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	49.2	6.4
หนองครก	170.071	13.671	0.269	17.528	3.248	0.006	0.018	0.039	<0.005	<0.002	<0.005	73.5	4.0
บ้านห้วยงู	89.001	9.415	0.076	17.640	2.789	0.019	0.093	0.038	<0.005	<0.002	<0.005	62.2	2.3
บ้านโป่งบัวบาน	107.601	8.728	0.124	11.173	2.512	0.028	0.118	0.062	<0.005	<0.002	<0.005	65.2	4.3
เวียงเหนือ	126.371	15.190	0.282	15.811	2.591	0.039	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	50.5	3.5
บ้านโป่งน้ำร้อน	87.791	8.071	0.231	4.867	0.602	<0.005	<0.005	0.059	<0.005	<0.002	<0.005	87.0	5.5
หนองหล่ม	209.851	5.380	0.113	8.450	1.580	<0.005	<0.005	0.062	<0.005	<0.002	<0.005	95.0	4.9
โป่งน้ำร้อน	115.911	10.681	0.049	18.800	0.717	0.183	0.070	0.079	<0.005	<0.002	<0.005	72.0	5.9
ปันเจน	164.121	18.781	0.288	20.270	0.795	0.169	0.174	0.096	<0.005	<0.002	<0.005	110.0	6.8
วัดสะแล่ง	170.021	10.642	0.429	14.069	0.970	0.110	0.103	0.078	<0.005	<0.002	<0.005	125.0	3.8
โป่งลำปาง	281.491	7.410	0.089	21.996	5.508	0.130	0.051	0.065	<0.005	<0.002	<0.005	114.0	4.8
ห้วยน้ำร้อน	149.871	3.072	0.090	25.154	5.542	0.070	0.044	0.050	<0.005	<0.002	<0.005	98.0	5.5
โพธิ์ทอง	24.341	7.662	0.083	75.431	13.801	0.025	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	59.5	5.7
หม่องวา	58.525	38.363	0.113	125.500	25.851	0.019	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	47.5	5.1
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	25.571	7.502	0.027	51.115	16.001	0.033	0.009	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	80.5	5.1
พระร่วง	160.100	12.315	0.104	6.194	0.363	0.019	0.005	0.013	<0.005	<0.002	<0.005	52.5	0.2
บ้านน้ำร้อน	383.130	18.415	0.203	37.850	0.734	0.006	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	60.2	7.5
วังขาม	97.941	11.658	0.013	1.289	0.023	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	47.8	3.7
บ้านพุขาม	116.260	6.021	0.031	1.762	0.054	0.012	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.005	70.5	4.9

3.1.5 การพิจารณาคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำ จำนวน 10 แหล่ง

จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้นของพื้นที่โดยรอบ อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำร้อน สภาพทางธรณีเคมีของน้ำร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยหลัก ที่จะบ่งชี้ถึงความสำเร็จ ในการเจาะเพื่อพัฒนาให้ได้น้ำร้อน รวมทั้งบ่งชี้ถึงแนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อน สามารถคัดเลือกพื้นที่เอาไว้ทั้งหมด 10 แหล่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.4 เจ้าของพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนในปัจจุบัน แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 แหล่งน้ำพุร้อนศักยภาพต่ำที่ทำการคัดเลือก จำนวน 10 แหล่ง

แหล่งน้ำพุร้อน	อำเภอ	จังหวัด
1. นาโป่ง	แม่จัน	เชียงราย
2. ห้วยทรายขาว	พาน	เชียงราย
3. ยางปู่โต๊ะ	เชียงดาว	เชียงใหม่
4. โป่งบัวบาน	พร้าว	เชียงใหม่
5. หนองครก	พร้าว	เชียงใหม่
6. หนองหล่ม	เมือง	ลำพูน
7. เวียงเหนือ	ห้างฉัตร	ลำปาง
8. ปันเจน	วังชิ้น	แพร่
9. บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	พบพระ	ตาก
10.โป่งลำปาง	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย

ตารางที่ 3.5 เจ้าของพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนในปัจจุบัน

แหล่งน้ำพุร้อน	เจ้าของพื้นที่	พื้นที่ที่สามารถพัฒนาได้	ลักษณะการใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน
นาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	องค์การบริหารส่วนตำบลศรีคำ	ประมาณ 2 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์
ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	แขวงการทางเชียงรายที่ 1	ประมาณ 3 ไร่	ใช้เพื่ออาบและบริโภค
ยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	องค์การบริหารส่วนตำบลเชียงดาว	ประมาณ 1 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์
โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	เทศบาลตำบลแม่ปั๋ง	ประมาณ 3 ไร่	เป็นที่อาบน้ำของพระสงฆ์ในวัดโป่งบัวบาน
หนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	องค์การบริหารส่วนตำบลสันทราย	ประมาณ 2 ไร่	ใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยว
หนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	องค์การบริหารส่วนตำบลศรีบัวบาน	ประมาณ 5 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์
เวียงเหนือ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองยาว	ประมาณ 2 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์
ปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	องค์การบริหารส่วนตำบลแม่เกิ๋ง	ประมาณ 2 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ	ประมาณ 3 ไร่	ใช้เพื่อการบริโภค
โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	องค์การบริหารส่วนตำบลแม่สิน	ประมาณ 3 ไร่	ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์

3.1.6 การศึกษาข้อมูลของแหล่งน้ำร้อนที่ทำการคัดเลือกไว้ในขั้นต้น จำนวน 10 แหล่ง

การศึกษาข้อมูลของแหล่งน้ำร้อน ที่ทำการคัดเลือกไว้ในขั้นต้น จำนวน 10 แหล่ง ประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสภาพธรณีวิทยา ข้อมูลโครงสร้างแนวเส้นที่ได้จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม รวมไปถึงข้อมูลด้านการเกษตรและการคมนาคม ทั้งนี้เพื่อต้องการนำข้อมูลมาประเมิน สำหรับการจัดแยกน้ำร้อน ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ที่ต้องการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์จากแหล่งน้ำร้อนที่มีศักยภาพต่ำ ในแง่ของการท่องเที่ยว การใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมเกษตร และการใช้เพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่

- ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ทำการศึกษารวบรวมจาก แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของการบรรยายลักษณะภูมิประเทศ และแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งน้ำร้อนแต่ละแหล่งลงในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 โดยมีขนาดของแผนที่ตามความเหมาะสมสำหรับนำเสนอในรายงาน ขนาดหน้ากระดาษ A4

- ข้อมูลสภาพธรณีวิทยา

ข้อมูลสภาพธรณีวิทยา ทำการศึกษารวบรวมจาก แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 กองทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของการบรรยายลักษณะของหินในพื้นที่ และแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งน้ำร้อนแต่ละแหล่งลงในแผนที่ธรณีวิทยาโดยมีขนาดของแผนที่ตามความเหมาะสมสำหรับนำเสนอในรายงาน ขนาดหน้ากระดาษ A4

- ข้อมูลโครงสร้างแนวเส้นที่ได้จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม

ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพรวมระหว่าง band 3 band 4 และ band 5 เพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะรอยเลื่อน ซึ่งเห็นเป็นแนวเส้นในภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งน้ำร้อนกับรอยเลื่อน อันเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาศักยภาพของแหล่งน้ำร้อน

- การศึกษาข้อมูลด้านการเกษตรและการคมนาคม

ข้อมูลด้านการเกษตร หมายรวมถึงชนิดของพืชผล และพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งข้อมูลของแต่ละแหล่งน้ำร้อน จะจัดทำในลักษณะของข้อมูลระดับอำเภอ นอกจากนั้น ข้อมูลด้านสภาพสังคมเศรษฐกิจ ได้แก่ จำนวนประชากร รายได้เฉลี่ยต่อคนต่อปี และเส้นทางคมนาคม ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความยากง่าย/ความสะดวก ในการเดินทางเข้าถึง ทั้งในแง่ของการท่องเที่ยวและการขนถ่ายสินค้า

- ผลการศึกษา

การศึกษาข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสภาพธรณีวิทยา ข้อมูลโครงสร้างแนวเส้นที่ได้จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม รวมไปถึงข้อมูลด้านการเกษตรและการคมนาคมของแหล่งน้ำร้อน ที่ทำการคัดเลือกไว้ในขั้นต้น จำนวน 10 แหล่ง แสดงไว้ทั้งในลักษณะของแผนที่และข้อมูลบรรยาย โดยมีรายละเอียดแสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การศึกษาข้อมูลของแหล่งน้ำร้อนศักยภาพต่ำ จำนวน 10 แหล่ง*

3.1.7 การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี

การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ในพื้นที่แหล่งน้ำร้อนที่ทำการคัดเลือกไว้ขั้นต้นจำนวน 10 แหล่ง ได้ดำเนินการโดยวัดอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำร้อนจำนวน 2 ตัวอย่างในแต่ละแหล่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี รายละเอียดของอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อนแสดงไว้ในตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.7

รายละเอียดของการสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี ในพื้นที่แหล่งน้ำร้อนที่ทำการคัดเลือกไว้ขั้นต้นจำนวน 10 แหล่ง ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมีของ แหล่งน้ำร้อนจำนวน 10 แหล่ง*

ตารางที่ 3.6 อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน

แหล่งน้ำร้อน	อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดิน (องศาเซลเซียส)	อัตราการไหลขอลน้ำร้อน (ลิตรต่อวินาที)
นาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	46.8	0.08
ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	43.3	0.10
ยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	46.2	0.06
โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	49.1	0.21
หนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	67.1	0.26
หนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	39.3	0.18
เวียงเหนือ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	60.3	0.10
ปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	48.8	0.05
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	60.8	0.50
โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	51.7	0.05

ตารางที่ 3.7 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำร้อน (ข้อมูลส่วนที่ 1)

แหล่งน้ำร้อน	pH	Cond	TDS (mg/l)	TA ($mg/LCaCO_3$)	TH ($mg/LCaCO_3$)	SiO_2 (mg/l)	H_2S (mg/l)
ห้วยทรายขาว	7.9	279	198	148	95	58.3	0.0
อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	7.7	277	197	139	96	52.9	0.0
นาโป่ง	7.9	670	397	289	12.1	172.4	1.4
อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	8.1	643	416	282	11.9	165.2	1.2
ยางปู่โต๊ะ	8.6	495	340	121	7	68.5	24.8
อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	8.7	498	342	111	6	67.9	27.2
หนองครก	7.5	767	540	377	100	91.5	4.8
อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	7.4	761	538	398	89	95.8	4.8
โป่งบัวบาน	7.2	488	340	221	54	68.7	0.9
อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	7.3	373	260	164	55	66.8	0.9
หนองหล่ม	7.3	509	355	254	84	42.8	3.8
อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	7.2	506	350	254	84	45.7	3.8
เวียงเหนือ	8.1	520	315.3	179	13	42.1	6.7
อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	8.0	483	300.4	192	12	49.6	7.8
ปันเจน	7.8	644	451	340	72	61.8	0.0
อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	7.2	638	436	348	94	63.9	0.0
โป่งลำปาง	7.2	1,396	977	705	84	51.2	0.0
อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	7.3	1,399	980	730	107	53.5	0.0
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	7.2	471	330	271	233	35.9	0.0
อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	7.2	475	332	254	236	38.5	0.0

ตารางที่ 3.7 (ข้อมูลส่วนที่ 2)

แหล่งน้ำร้อน	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (g/l)	Mn mg/l)	Li (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/L)	Zn (mg/l)
ห้วยทรายขาว	25.151	5.341	28.383	5.751	0.244	0.194	0.042	<0.005	<0.002	<0.005	0.006
อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	19.261	5.395	28.563	5.881	0.213	0.205	0.044	<0.005	<0.002	<0.005	0.005
นาโป่ง	127..831	4.147	3.251	0.365	0.112	<0.005	0.045	<0.005	<0.002	<0.005	0.013
อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	128.152	4.598	3.413	0.351	0.114	<0.005	0.049	<0.005	<0.002	<0.005	0.019
ยางปู่โต๊ะ	94.933	6.007	2.613	0.076	<0.005	<0.005	0.120	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	92.993	5.911	2.491	0.064	0.101	<0.005	0.119	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
หนองครก	142.813	7.571	34.056	3.575	0.094	0.048	0.181	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	145.271	7.845	29.736	3.476	0.118	0.024	0.181	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
โป่งบัวบาน	85.441	5.776	17.282	2.636	0.318	0.118	0.049	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	85.771	5.819	17.462	2.663	0.379	0.105	0.049	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
หนองหล่ม	79.251	5.871	29.112	2.647	0.159	0.108	0.146	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	83.771	6.159	29.209	2.621	0.143	0.116	0.148	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
เวียงเหนือ	124.256	16.354	14.867	2.347	0.045	<0.005	0.156	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	125.378	16.745	15.364	2.698	0.038	<0.005	0.197	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
ปันเจน	116.653	8.705	27.532	0.738	0.411	0.117	<0.002	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	119.221	8.045	27.382	6.123	0.298	0.103	<0.002	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
โป่งลำปาง	322.271	4.848	32.319	0.765	0.461	0.005	0.031	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	325.373	5.056	32.665	6.191	0.452	<0.005	0.032	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ	11.743	2.179	71.821	12.891	0.301	0.011	<0.002	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005
อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	9.911	2.199	75.113	11.821	0.284	0.025	<0.002	<0.005	<0.002	<0.005	<0.005

(Limit of Detection Cd<0.002 mg/L, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn<0.005mg/L)

ตารางที่ 3.7 (ข้อมูลส่วนที่ 3)

แหล่งน้ำร้อน	CO_3^{2-} (mg/L)	HCO^{3-} (mg/l)	Cl (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	F (mg/l)	NO^{3-} (mg/L)	ค่า คำนวณ Geothermomerter เป็นองศาเซลเซียส		
							Qtz no steam loss	Qtz max. steam loss	Ca/Na/K at ß =1/3
ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	0.0	180	5.0	1.8	0.2	<0.2	109.11	108.85	183.77
	0.0	170	4.8	4.3	0.2	0.2	104.46	104.84	194.30
นาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	0.0	341.2	10.3	4.9	8.2	<0.2	170.06	160.04	135.72
	0.0	338.6	11.9	5.2	8.4	<0.2	167.29	157.77	139.88
ยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	6.4	132	12.4	58.4	9.8	<0.2	117.09	115.68	164.26
	6.9	118	12.2	71.7	9.8	<0.2	116.65	115.30	164.54
หนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	0.0	460	4.6	5.7	6.5	0.3	132.29	128.58	141.82
	0.0	485	4.6	6.5	6.5	0.3	134.81	130.71	143.96
โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	0.0	270	4.8	5.9	5.2	<0.2	117.24	115.80	150.39
	0.0	200	7.6	6.2	5.0	<0.2	115.83	114.60	150.54
หนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	0.0	310	7.4	4.4	5.1	<0.2	94.69	96.40	149.43
	0.0	310	7.1	4.2	5.1	<0.2	97.66	98.967	149.91
เวียงเหนือ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	0.0	200.4	6.8	17.5	10.4	<0.2	93.96	95.75	192.86
	0.0	214.5	6.9	16.4	10.7	<0.2	101.44	102.23	193.56
ปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	0.0	415	8.2	1.5	5.1	<0.2	111.96	111.29	156.39
	0.0	425	8.1	1.6	5.1	<0.2	113.61	112.70	151.94
โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	0.0	860	6.2	0.8	2.2	<0.2	102.92	103.51	101.66
	0.0	890	6.0	0.7	2.1	<0.2	104.99	105.30	102.92
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	0.0	330	4.1	10.1	0.2	0.2	86.97	89.67	155.70
	0.0	310	3.8	8.9	0.2	0.2	90.00	92.32	161.33

3.2 การคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง

การคักเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ต้องทำการคัดเลือกจากพื้นที่ขั้นต้นจำนวน 10 แหล่ง ให้เหลือเพียง 3 แหล่ง สำหรับการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค

3.2.1 การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่มตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

- เพื่อการท่องเที่ยว

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้เพื่อการแหล่งท่องเที่ยวคือ พื้นที่ที่ทำการคัดเลือกต้องอยู่ใกล้เคียงกับแหล่งท่องเที่ยวอื่นที่มีอยู่แล้ว ในพื้นที่มีสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่ขึ้นชื่อ รวมไปถึงเป็นพื้นที่ที่มีความสะดวกสบายด้านการคมนาคมและที่พัก และที่สำคัญคือ ในพื้นที่ที่คัดเลือกนี้ ต้องยังไม่เคยได้รับการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวมาก่อน

รายละเอียดของการคัดเลือกพื้นที่ขั้นต้น แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่มตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์*

- เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม ในการนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรคือ มีผลิตผลที่จะอบแห้งตลอดปี พืชที่จะนำมาอบแห้งต้องอบที่อุณหภูมิไม่สูงมากนักโดยอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 90 องศาเซลเซียส และมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างห้องอบแห้ง

รายละเอียดของการคัดเลือกพื้นที่ขั้นต้น แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่มตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์*

- เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการปริโภค

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้เพื่อ นำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค ที่สำคัญที่สุดคือ แหล่งน้ำร้อนที่ได้รับการคัดเลือกนั้นจะต้องมีปริมาณฟลูออไรด์น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะสามารถทำน้ำแร่เพื่อการบริโภคได้ และบ่อน้ำร้อนต้องมีพื้นที่มากพอในการสร้างโรงงานผลิตน้ำแร่ในอนาคต

รายละเอียดของการคัดเลือกพื้นที่ขั้นต้น แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่มตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์*

การคัดเลือกพื้นที่ออกเป็นกลุ่ม ตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 การจัดแบ่งแหล่งน้ำร้อนตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

เพื่อนำน้ำร้อนมาใช้ด้านการท่องเที่ยว	เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร	เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค
แหล่งน้ำร้อนนาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	แหล่งน้ำร้อนหนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	แหล่งน้ำร้อนยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	แหล่งน้ำร้อนบ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
แหล่งน้ำร้อนหนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	แหล่งน้ำร้อนปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	-
แหล่งน้ำร้อนเวียงเหนือ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	-

3.2.2 การพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ตามความเหมาะสมของการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

การพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จำนวน 3 แหล่ง ได้ทำการประเมินตามความเหมาะสมของการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ ได้แก่ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่ โดยใช้ปัจจัยในการพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 3. 9 ทั้งนี้ ในการพิจารณา ได้กำหนดให้แต่ละปัจจัยมีคะแนนของความเหมาะสมเป็น 5 ลำดับ ได้แก่

ระดับคะแนน 5 เท่ากับ มากที่สุด
ระดับคะแนน 4 เท่ากับ มาก
ระดับคะแนน 3 เท่ากับ ปานกลาง
ระดับคะแนน 2 เท่ากับ น้อย
ระดับคะแนน 1 เท่ากับ น้อยมาก

เมื่อนำระดับคะแนนเข้าไปพิจารณา โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ได้ผลดังตารางที่ 3.10 ถึง 3.13

ตารางที่ 3.9 ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำร้อน เพื่อการพัฒนาใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

ความเหมาะสมเพื่อการพัฒนา	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา
เพื่อการท่องเที่ยว	1. ลักษณะภูมิประเทศ
	2. ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น
	3. การคมนาคม
	4. อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน
	5. ลักษณะทางธรณีเคมี
	6. แหล่งท่องเที่ยวที่ใกล้แหล่งน้ำร้อน
	7. สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์
	8. สถานที่พักที่ใกล้แหล่งน้ำร้อน
เพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้ง	1. ลักษณะภูมิประเทศ
	2. ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น
	3. การคมนาคม
	4. อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน
	5. ลักษณะทางธรณีเคมี
	6. ลักษณะของพืชผลทางการเกษตร
	7. สถานที่ในการสร้างห้องอบแห้ง
เพื่อผลิตน้ำแร่	1. ลักษณะภูมิประเทศ
	2. ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น
	3. การคมนาคม
	4. อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน
	5. ลักษณะทางธรณีเคมี
	6. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ
	7. สถานที่ในการสร้างโรงงานน้ำแร่

ตารางที่ 3.10 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อการท่องเที่ยว

แหล่งน้ำร้อน	ลักษณะภูมิประเทศ	ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น	การคมนาคม	อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน	ลักษณะทางธรณีเคมี	แหล่งท่องเที่ยวที่ใกล้แหล่งน้ำร้อน	สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์	สถานที่พักที่ใกล้แหล่งน้ำร้อน	คะแนนรวม
นาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	3	5	3	3	3	4	3	4	28
โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	5	5	3	4	3	3	3	3	29
หนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	3	3	2	3	3	3	4	3	24
เวียงเหนือ อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง	3	5	2	3	3	3	4	4	27

ตารางที่ 3.11 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อใช้พลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร

แหล่งน้ำร้อน	ลักษณะภูมิประเทศ	ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น	การคมนาคม	อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน	ลักษณะทางธรณีเคมี	ลักษณะของพืชผลทางการเกษตร	สถานที่ในการสร้างโรงอบแห้ง	คะแนนรวม
ยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	4	4	3	2	3	4	3	23
หนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	3	4	3	4	3	5	3	25
ปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	3	5	3	2	3	4	3	23
โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	5	5	3	3	3	4	4	27

ตารางที่ 3.12 สรุปคะแนนการประเมินแหล่งน้ำร้อนเพื่อใช้ในการผลิตน้ำแร่

แหล่งน้ำร้อน	ลักษณะภูมิประเทศ	ลักษณะธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวเส้น	การคมนาคม	อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินและอัตราการไหลของน้ำร้อน	ลักษณะทางธรณีเคมี	ปริมาณฟลูออไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ	สถานที่ในการสร้างโรงงานน้ำแร่	คะแนนรวม
ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	5	3	5	3	4	5	5	30
บ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก	5	3	3	5	4	5	3	28

ผลการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา จากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลักษณะของการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ ทำให้ได้แหล่งน้ำร้อนที่มีความเหมาะสมในการดำเนินโครงการ เรียงลำดับจากความเหมาะสมมากที่สุด ไปยังความเหมาะสมน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.13 ลำดับความเหมาะสมของการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา

ความเหมาะสม	เพื่อการท่องเที่ยว	เพื่อเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร	เพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่
ลำดับที่ 1	โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
ลำดับที่ 2	นาโป่ง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย	หนองครก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	บ่อน้ำร้อนพาเจริญ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
ลำดับที่ 3	เวียงเหนือ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	ยางปู่โต๊ะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	-
ลำดับที่ 4	หนองหล่ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	ปันเจน อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่	-

ดังนั้น การพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ศึกษา ได้ผลดังต่อไปนี้

- การพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยว ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่
- การพัฒนาเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการทำห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย
- การพัฒนาเพื่อ นำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

บทที่ 4
การสำรวจภาคสนามและการเจาะสำรวจ

4.1 การสำรวจด้านธรณีวิทยา

ทำการสำรวจ เพื่อศึกษาลักษณะหิน ธรณีวิทยาโครงสร้าง การเข้าใจถึงการเกิดและความเป็นมาของการเกิดโครงสร้างรอยเลื่อนที่สัมพันธ์กับตำแหน่งน้ำร้อน

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ ประกอบด้วย

- แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 กรมทรัพยากรธรณี
- แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร
- เครื่องมือกำหนดหาตำแหน่งจากดาวเทียม (Global Positioning System) ผลิตภัณฑ์ของ GARMIN รุ่น GPSmap 76
- ชุดอุปกรณ์ภาคสนาม
- ค้อนธรณีวิทยา

รายละเอียดของการสำรวจด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การสำรวจด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ในพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง*

4.1.1 การสำรวจธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

ในการสำรวจ ได้ใช้แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (2520) ระวาง PHAYAO (รูปที่ 4.1) และแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เลขระวาง 4847 III (บ้านแม่หอพระ) เป็นแผนที่ฐานในการสำรวจ

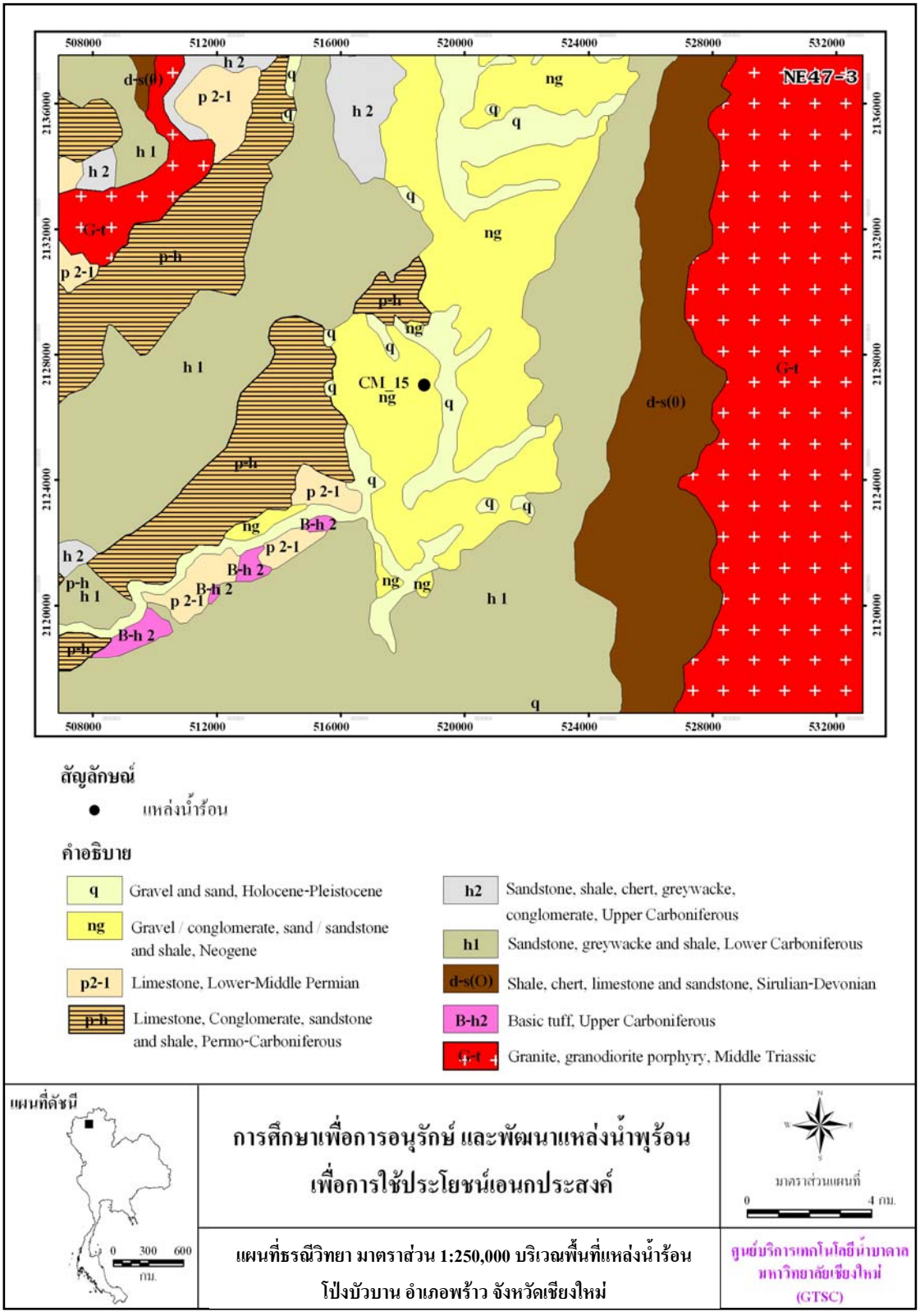
จากการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม (รูปที่ 4.2) พบว่าแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบานตั้งอยู่ในพื้นที่ตอนใต้ของแอ่งพร้าว ซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนเทอร์เชียรี ที่วางตัวโดยประมาณเหนือ - ใต้ และถูกควบคุมโดยรอยเลื่อนปกติที่ขอบแอ่ง ซึ่งวางตัวโดยประมาณเหนือ - ใต้ พื้นที่ภายในแอ่งประกอบด้วยตะกอนทรายและกรวด อายุเทอร์เชียรีและควอเทอร์นารี ซึ่งตกทับถมในรูปแบบของตะกอนรูปพัด และทางน้ำโค้งตวัด โดยในปัจจุบันทางน้ำหลักในพื้นที่คือ แม่น้ำแม่งัด เทือกเขาทั้งสองด้านของแอ่งประกอบด้วยหินตะกอนอายุคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียนได้แก่ หินทรายสลับกับหินดินดานและหินปูนที่พบมากบริเวณปลายตะวันออกเฉียงเหนือของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ในบริเวณเดียวกันพบหินเชิร์ตไม่ทราบอายุ ปรากฏเป็นหินโผล่ขนาดเล็กและวางตัวไม่ต่อเนื่อง หน่วยหินที่ขอบแอ่งทั้งหมดวางตัวโดยประมาณเหนือ - ใต้ เทือกเขาสูงทางด้านตะวันออกของแอ่ง (ประมาณ 10-15 กิโลเมตรจากขอบแอ่ง) เป็นหินแกรนิต อายุไทรแอสซิก รอยแตกและรอยเลื่อนในพื้นที่ส่วนใหญ่วางตัวเกือบเหนือ - ใต้ ซึ่งบางส่วนที่วางตัว ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ รอยแตกเหล่านี้ส่วนใหญ่ปรากฏที่ขอบแอ่งและในหินแข็งทั้งสองข้างของแอ่ง รอยแตกจำนวนหนึ่งซึ่ง

แปลความหมายได้ภายในแอ่ง มีลักษณะเป็นแนวยาวประมาณ 3-4 กิโลเมตร ตามแนวรอยต่อระหว่างตะกอนรูปพัด ที่ถูกยกตัวใกล้ขอบแอ่งและที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำแม่งัด คาดว่ารอยแตกเหล่านี้อาจเป็นรอยเลื่อนปกติอายุเทอร์เชียรี ที่อยู่ภายในแอ่ง แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน ตั้งอยู่บนรอยเลื่อนในลักษณะนี้ ซึ่งวางตัวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ คาดว่ารอยเลื่อนดังกล่าวน่าจะเป็นช่องทางให้น้ำร้อนไหลขึ้นมาจากระดับลึก โดยที่มาของความร้อนอาจได้มาจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในหินแกรนิตซึ่งแทรกอยู่ใต้หินตะกอนพาลีโอโซอิกตอนบน และตะกอนอายุเทอร์เชียรี

4.1.2 การสำรวจธรณีวิทยาบริเวณ แหล่งน้ำร้อน โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

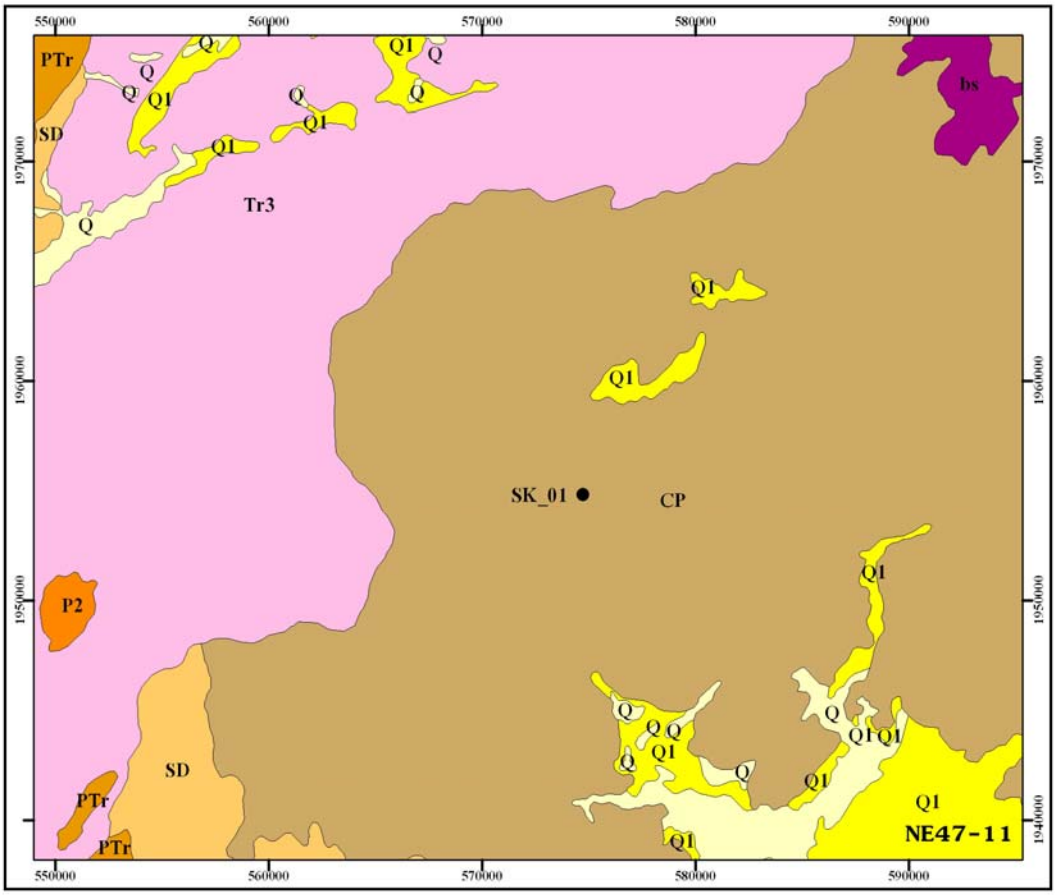
ในการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม ได้ใช้แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (2517) ระวาง UTTARADIT (รูปที่ 4.3) และแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เลขระวาง 4944III (บ้านดอนระเบียง) เป็นแผนที่ฐานในการสำรวจ

จากการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม (รูปที่ 4.4) พบว่าแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง ตั้งอยู่ในหมู่บ้านโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย พื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วยหินตะกอนเนื้อประสม ประเภทหินทรายและหินดินดานสลับชั้นกัน ชั้นหินมีความหนาตั้งแต่ 15 เซนติเมตร จนถึง 40 เซนติเมตร และแสดงสีผุน้ำตาลอ่อนถึงเทาเข้มบางส่วนของหน่วยหินแสดงลักษณะคล้ายหินตะกอนที่มีที่มาของตะกอนเป็นหินภูเขาไฟ (tuffaceous sedimentary rocks) หรือเป็นหินเถ้าภูเขาไฟ (tuff) ชั้นหินวางตัวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (ประมาณ N40E) และเอียงเทประมาณ 40 – 60 องศา ไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ การแปลความหมายธรณีสัณฐานชี้ว่า แหล่งน้ำร้อนตั้งอยู่บนรอยเลื่อนที่วางตัวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ ที่พาดผ่านตอนเหนือของดอยลำปาง (574600 E – 1954300 N) และทางด้านใต้ของวัดหาดแค (575400 E – 19556500 N) การแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียมบ่งชี้ว่า รอยเลื่อนดังกล่าวเป็นรอยเลื่อนแขนงของรอยเลื่อนเถิน – แพร่ ที่วางตัวในทิศทางเดียวกัน และพาดผ่านพื้นที่อำเภอวังชิ้นทางตอนเหนือของพื้นที่



รูปที่ 4.1 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2520)

รูปที่ 4.2 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

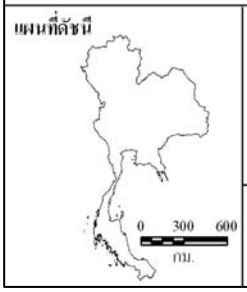


สัญลักษณ์

● แหล่งน้ำร้อน

คำอธิบาย

Q1	Terrace gravel, sand, silt, and clay, Holocene-Pleistocene	SD	Phyllite, quartzite, quartz-schist; chlorite-schist (greenschist facies) with rhyolitic tuff and andesite tuff, Silurian-Devonian
Q	River gravel, sand, silt, clay and mud, Quaternary	bs	Olivine and nepheline basalt, Pleistocene
CP	Undifferentiated sandstone, shale, chert, pebbly shale, tuff, Permian-Carboniferous	PTr	Rhyolite, andesite, tuff and agglomerate, Permo-Triassic
P2	Limestone, light grey, massive to thick-bedded with chert beds and intercalated sandstone and tuffaceous sandstone., Permian		



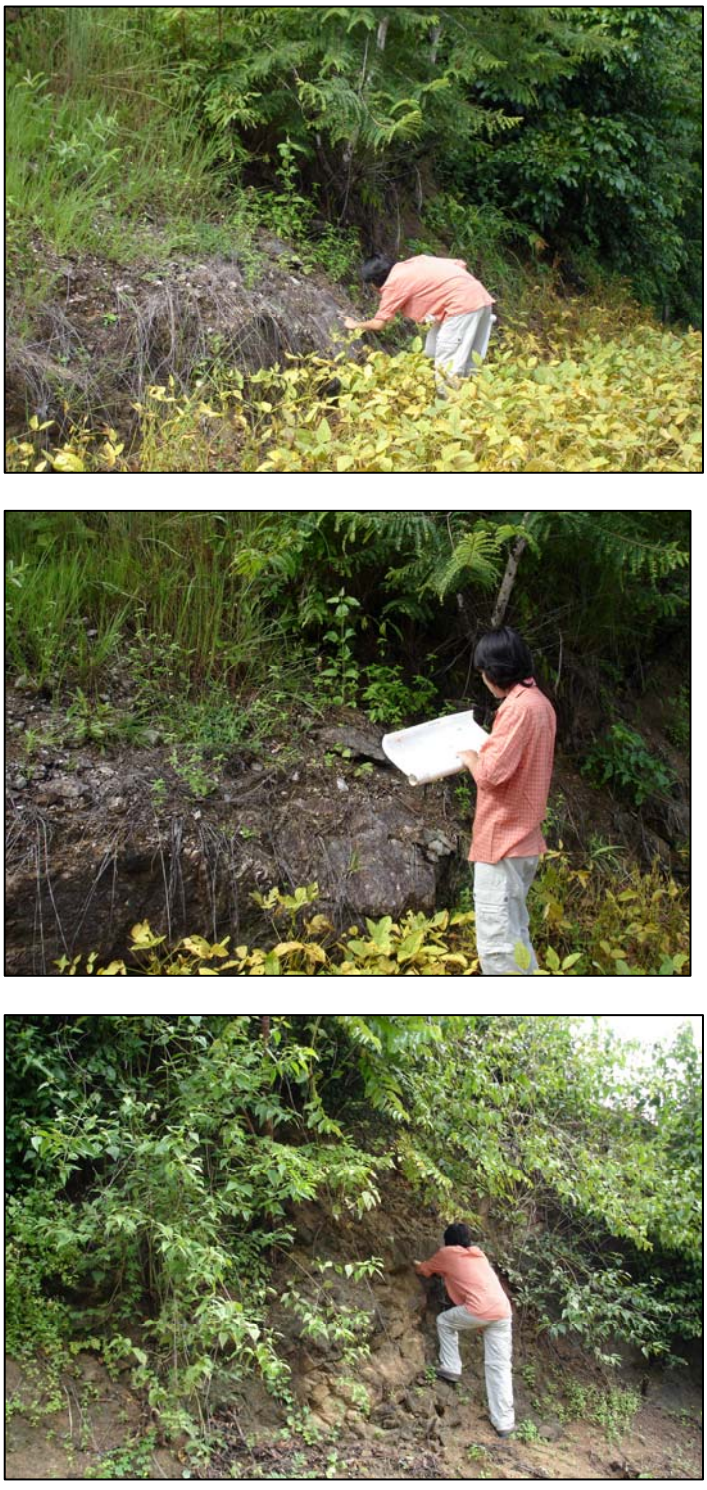
โครงการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อการใช้ประโยชน์อเนกประสงค์

มาตราส่วนแผนที่ 0 4 8 กม.

แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อน โป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสโขทัย

ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 4.3 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2517)

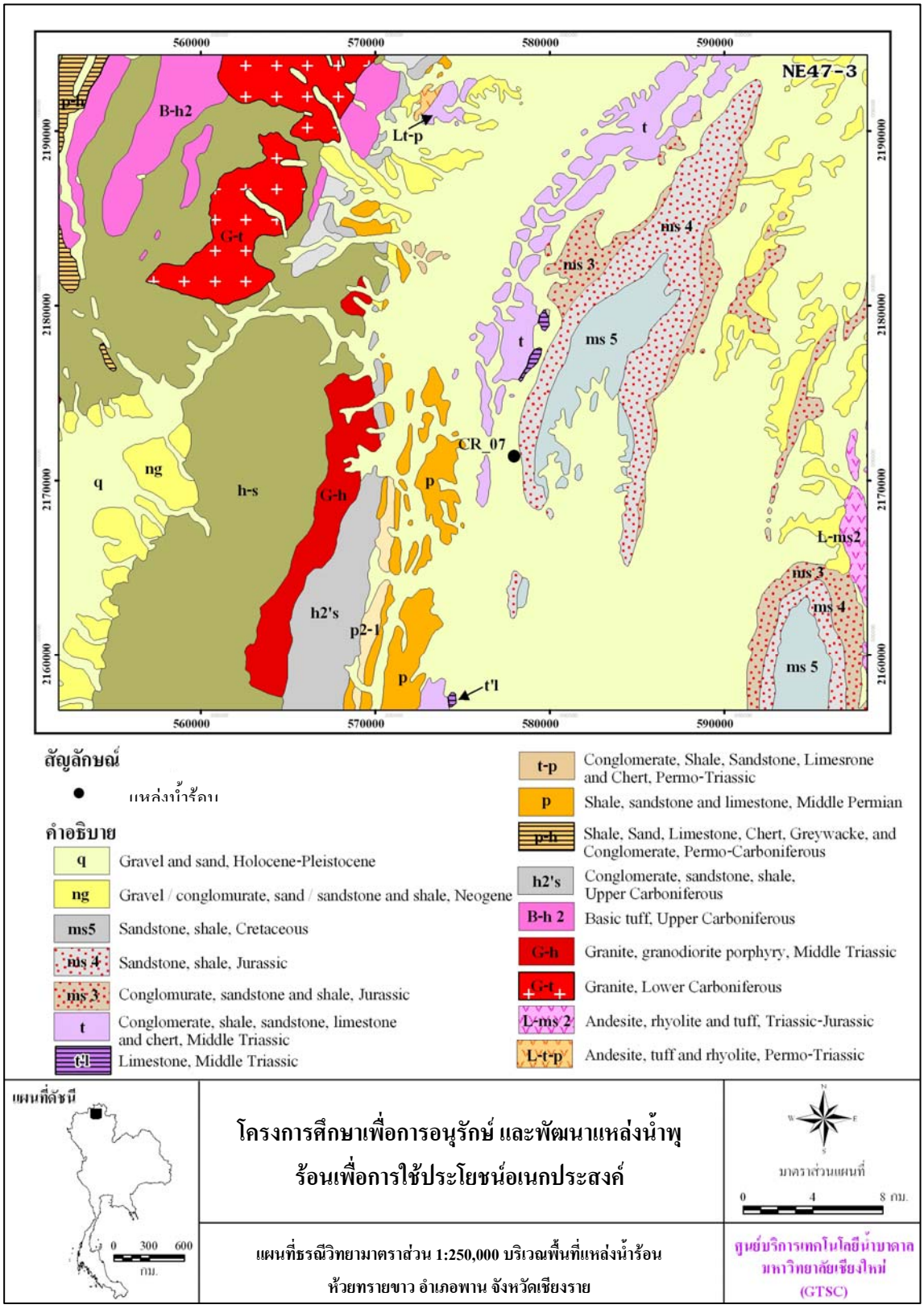


รูปที่ 4.4 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

4.1.3 การสำรวจธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อน ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ในการสำรวจ ธรณีวิทยาภาคสนามใช้แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (2519) ระวาง CHIANG RAI (รูปที่ 4.5) และแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เลขระวาง 4948III (อำเภอแม่สรวย) เป็นแผนที่ฐานในการสำรวจ

จากการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม(รูปที่ 4.6) พบว่าแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของแอ่งพะเยา ซึ่งพื้นที่ภายในแอ่งปัจจุบัน ประกอบด้วยตะกอนทางน้ำ อายุควอเทอร์นารี ตำแหน่งของแหล่งน้ำร้อนอยู่บนรอยต่อระหว่างตะกอนภายในแอ่ง และหินตะกอนอายุจูแรสซิก ที่ประกอบด้วยหินทรายสลับกับหินดินดาน ชั้นหินเหล่านี้มีการคดโค้งเป็นรูปประทุนหงาย โดยมีแกนของการคดโค้งวางตัวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ชั้นหินที่แขนของประทุนด้านตะวันตกเอียงเทค่อนข้างชันและพลิกกลับ (overturned) หินที่ขอบแอ่งด้านตะวันตก ประกอบด้วยหินทรายสลับหินดินดานและหินปูนเพียงเล็กน้อย อายุคาร์บอนิเฟอรัสถึงไทรแอสซิกโดยในบางบริเวณพบมวลหินแกรนิตแทรกอยู่ รอยแตกที่แปลความหมายได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำร้อน มีจำนวนค่อนข้างน้อย แต่จากการศึกษาในภาคสนามพบร่องรอยของรอยเลื่อนขนาดเล็กอยู่ทั่วไป รอยแตกส่วนใหญ่วางตัวเหนือ-ใต้ถึงตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ รอยเลื่อนหนึ่งแนวที่วางตัวขนานกับแขนด้านตะวันตกของโครงสร้างประทุนหงาย สามารถแปลความหมายโดยอาศัยหลักฐานการซ้ำกันของลำดับชั้นหินอายุจูแรสซิก ที่ตำแหน่งประมาณ 12 กิโลเมตรไปทางทิศเหนือ จากตำแหน่งแหล่งน้ำร้อน รอยเลื่อนดังกล่าวอาจเป็นช่องทางให้น้ำร้อนไหลขึ้นมา การเกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้งในพื้นที่ยังเป็นหลักฐานสนับสนุนว่า อาจมีรอยเลื่อนอื่นอีกในพื้นที่ แต่ไม่ปรากฏให้เห็นบนพื้นผิวโดยตรง กำเนิดความร้อนในบริเวณนี้ไม่ปรากฏเด่นชัด แต่คาดว่าอาจมีมวลหินแกรนิตที่ระดับลึก ซึ่งสัมพันธ์กับหินแกรนิตที่ปรากฏบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่งพะเยา



รูปที่ 4.5 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2519)

รูปที่ 4.6 การสำรวจภาคสนามด้านธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.2 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา

4.2.1 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วยหินชนิดต่างๆ มากมายหลายชนิด ทั้งที่เป็นหินร่วนและหินแข็ง และทั้งที่มีอายุตั้งแต่เกือบเก่าแก่ที่สุดจนถึงอ่อนที่สุด ตามเวลาทางธรณีกาล กับมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เอื้ออำนวยต่อคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ปรากฏอยู่ทั่วไป เช่น รอยเลื่อน (Faults) รอยแตก (Fractures) รอยคดโค้งของชั้นหิน (Folds) เป็นต้น โดยสภาพอุทกธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบานแสดงดังรูปที่ 4.7 มีรายละเอียดดังนี้

- **แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน**

แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน ประกอบขึ้นด้วยตะกอนจำพวก กรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ซึ่งยังไม่ประสานตัวหรือยังไม่จับตัวกัน โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำบาดาลประเภทนี้ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนต่างๆ

แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน สามารถจำแนกออกเป็นหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeologic Units) ได้ 2 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt)

ประกอบไปด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่สะสมอยู่ในบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบถัดขึ้นมาจากที่ราบลุ่มน้ำหลากของลำน้ำแม่งัด บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ ซึ่งมีตะกอนน้ำพาสะสมอยู่ โดยเนื้อตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวชั้นหนา ที่มีกระเปาะกรวดทราย จนถึงชั้นกรวดทรายชั้นหนา แทรกสลับอยู่ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ตามช่องว่างเม็ดกรวดและทราย ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 – 100 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์ 10 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในพื้นที่ส่วนที่อยู่ติดกับตะกอนน้ำพาในบางบริเวณ หินให้น้ำหน่วยนี้สามารถให้น้ำได้สูงขึ้นถึงมากกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot)

ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ค่อนข้างสูงถัดขึ้นมาจากตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ จนถึงบริเวณที่เป็นภูเขาสูง พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดและทราย ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 50 – 250 เมตร บางแห่งลึกถึง 300 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์ 2 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

- **ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง**

แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง ส่วนใหญ่น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของโครงสร้างต่างๆ อันได้แก่ รอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน รอยต่อระหว่างชั้นหิน โพรงหรือถ้ำในชั้นหิน และ

ช่องว่างของชั้นหินผุ ปริมาณน้ำบาดาลจะมีน้อยหรือมาก ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของโครงสร้างที่มีอยู่ในชั้นหินนั้นๆ กล่าวคือ ถ้าโครงสร้างมีขนาดใหญ่ และต่อเนื่องกันดี จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าโครงสร้างมีขนาดเล็กและไม่ค่อยต่อเนื่องถึงกัน จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่น้อย เป็นต้น หน่วยหินให้น้ำในชั้นหินแข็งของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน แบ่งออกได้เป็น 5 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตยุคเพอร์เมียน – คาร์บอนิเฟอรัส (PC)

เป็นกลุ่มหินปูนเนื้อแน่น หรือหินปูนที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ สีเทาถึงเทาเข้ม และมีกระเปาะหินเชิร์ตแทรกสลับ บางส่วนมีชั้นหินดินดานแทรกสลับอยู่ด้วย น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก และโพรงหรือถ้ำในชั้นหิน ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12-20 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 10 - 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบเล็กน้อยบริเวณตอนเหนือ และตอนใต้ของพื้นที่

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปรยุคเพอร์เมียน – คาร์บอนิเฟอรัส (PCms)

ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูน หินชนวน หินโคลน หินควอร์ตไซต์ และหินฟิลไลต์ น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12 - 30 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ชั้นหินอุ้มน้ำนี้กระจายตัวตัวเป็นบริเวณกว้างบริเวณตอนกลางและตะวันตกของพื้นที่

ค) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรยุคแคมเบรียน – ดีโวเนียน (DEmm)

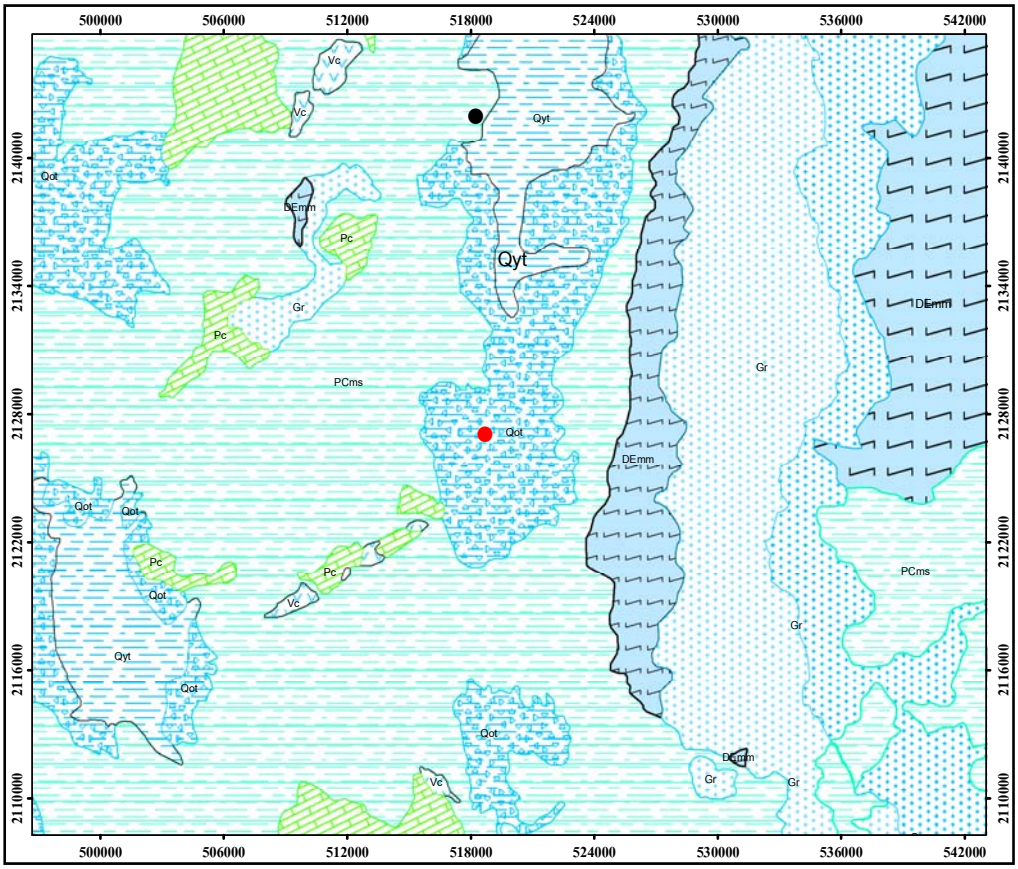
ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ หินชีสต์ หินฟิลไลต์ และหินไนส์ น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 - 40 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบเป็นแนวยาววางตัวเหนือใต้ทางตะวันออกของพื้นที่

ง) ชั้นหินอุ้มน้ำหินภูเขาไฟ (Vc)

ประกอบด้วย หินไรโอไรต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดมนภูเขาไฟ น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และบริเวณชั้นหินผุ ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 - 80 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบเล็กน้อยพบทางตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่

จ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต (Gr)

น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และชั้นหินผุ ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10 - 20 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบเป็นแนวยาววางตัวเหนือใต้ทางตะวันออกของพื้นที่



สัญลักษณ์

● แหล่งน้ำร้อน

คำอธิบาย

หินร่วน

Qyt ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่

Qot ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า

หินชั้นและหินชั้นกึ่งหินแปร

Pc ชั้นหินอุ้มน้ำหินหินคาร์บอเนตอายุเพอร์เมียน

PCms ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร

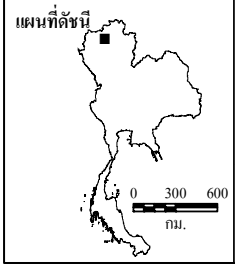
หินแปร

DEmm ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร

หินอัคนี

Vc ชั้นหินอุ้มน้ำหินภูเขาไฟ

Gr ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต



การศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 4.7 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546)

4.2.2 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ประกอบด้วยหินชนิดต่างๆ มากมายหลายชนิด ทั้งที่เป็นหินร่วนและหินแข็ง และทั้งที่มีอายุตั้งแต่เกือบเก่าแก่ที่สุดจนถึงอ่อนที่สุดตามเวลาทางธรณีกาล กับมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เอื้ออำนวยต่อคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ปรากฏอยู่ทั่วไป เช่น รอยเลื่อน (Faults) รอยแตก (Fractures) รอยคดโค้งของชั้นหิน (Folds) เป็นต้น โดยสภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง แสดงดังรูปที่ 4.8 มีรายละเอียดดังนี้

- **แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน**

แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน ประกอบขึ้นด้วยตะกอนจำพวก กรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ซึ่งยังไม่ประสานตัวหรือยังไม่จับตัวกัน โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำบาดาลประเภทนี้ ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนต่างๆ โดยแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง สามารถจำแนกออกเป็นหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา(Hydrogeologic Units) ได้ 3 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา (Qfd)

ประกอบด้วยตะกอนกรวดทราย ทรายแป้งและดินเหนียวที่สะสมตัวขนานลำน้ำยมบนคันดินธรรมชาติ ความกว้างของตะกอนชุดนี้เริ่มตั้งแต่ 2 – 3 กิโลเมตร ถึงช่วงที่กว้างที่สุดประมาณ 9 กิโลเมตร แต่บริเวณพื้นที่ศึกษาพบน้อยมาก ทางตอนเหนือของพื้นที่ ตะกอนที่สะสมตัวในชั้นน้ำนี้มีการคัดขนาดและเรียงตัวกันค่อนข้างดี จึงทำให้มีการไหลซึมจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลได้โดยตรง บ่อบาดาลระดับตื้นที่ขุดหรือเจาะถึงชั้นน้ำชั้นนี้ให้น้ำมากเพียงพอทำการเกษตรขนาดเล็กหรือใช้เป็นแหล่งน้ำเสริมในช่วงฝนทิ้งช่วงได้

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำตะพักยุคใหม่ (Qyt)

ประกอบด้วยตะกอนดินเหนียว ทรายและกรวดในที่ราบ โดยวางตัวถัดออกไปจากชั้นน้ำตะกอนน้ำพาทั้ง 2 ฝั่งของแม่น้ำยม ขนานไปกับลำน้ำยมตั้งแต่ตอนเหนือจนถึงตอนใต้ของพื้นที่ ความลึกถึงชั้นน้ำอยู่ที่ระดับ 50 - 80 เมตร ได้น้ำในอัตราไม่เกิน 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งได้น้ำน้อยเพราะชั้นน้ำมีดินเหนียวเป็นส่วนผสมมากขึ้น

ค) ชั้นหินอุ้มน้ำตะพักยุคเก่า (Qot)

เป็นชั้นน้ำที่เกิดจากการสะสมตัวของกรวด ทราย เศษหินในที่ราบสูงเชิงเขา ที่ราบเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกกัดเซาะออกไปโดยสาขาของทางน้ำปัจจุบันวางตัวขนานแม่น้ำยม และแผ่เป็นพื้นที่กว้างรองรับตะกอนลานตะพักยุคใหม่ และตะกอนน้ำพาบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ตะกอนของลานตะพักยุคเก่า มีกำเนิดมาจาก 2 สาเหตุ คือ เกิดจากการผุพังของชั้นหินแข็งที่วางตัวอยู่ใต้แอ่งหรือแนว

เอียงเทขอบแอ่งและมาจากการพัดพามาโดยแม่น้ำยมและสาขา ดังนั้นตะกอนจึงประกอบไปด้วย กรวด หรือ เศษหินขนาดใหญ่ ที่มีความกลมมน สลับกับชั้นดินเหนียวที่มีแทรกเป็นระยะ ดังนั้นจึงให้น้ำบาดาลในอัตราค่อนข้างมาก โดยเฉพาะที่ระดับลึกเกินกว่า 100 เมตร ลงไปอีกทั้งรอยเลื่อนของหินแข็งทำให้เกิดแอ่งย่อยๆ ในเขตอำเภอสวรรคโลก จึงทำให้เป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดี นอกเหนือไปจากบริเวณใจกลางแอ่งซึ่งมีตะกอนสะสมตัวกันหนามากกว่า 300 เมตร ชั้นน้ำชั้นนี้ให้น้ำมาก หลายแห่งเกินกว่า 40 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับลึก 120 - 140 เมตร เหมาะสมที่จะใช้ในการเกษตรขนาด 50 – 80 ไร่ ทำการอุตสาหกรรมน้ำดื่ม และอาหารกระป๋อง หรือก่อสร้างระบบประปาชนบทขนาดใหญ่

- **ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง**

แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง ส่วนใหญ่น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของโครงสร้างต่าง ๆ อันได้แก่ รอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน รอยต่อระหว่างชั้นหิน โพรงหรือถ้ำในชั้นหิน และช่องว่างของชั้นหินผุ ปริมาณน้ำบาดาลจะมีน้อยหรือมากก็ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของโครงสร้างที่มีอยู่ในชั้นหินนั้นๆ กล่าวคือ ถ้าโครงสร้างมีขนาดใหญ่ และต่อเนื่องกันดี ก็จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าโครงสร้างมีขนาดเล็กและไม่ค่อยต่อเนื่องถึงกัน ก็จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่น้อย เป็นต้น โดยหน่วยหินให้น้ำในชั้นหินแข็งของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปางแบ่งออกได้เป็น 6 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราชตอนล่าง (TRJlk)

ได้แก่หมวดหินภูกระดึง ซึ่งเป็นหินดินดาน หินทรายเนื้อละเอียด สีม่วงแดงถึงสีแดงปนสีน้ำตาล ปกติเป็นหินเนื้อเปราะจะมีน้ำบาดาลได้จากรอยแตก พบหินกลุ่มนี้ที่เขาอินทร์ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำยมเหนือบ้านแก่งหลวง ตำบลหนองอ้อ อำเภอศรีสัชนาลัย ทางตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ ให้น้ำในอัตรา 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ความลึกประมาณ 30 เมตร

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดลำปาง (TRlp)

ในพื้นที่นี้พบเฉพาะหมวดหินส่องหอยของกลุ่มหินลำปาง ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายสีเทาดำ เรียงสลับชั้นกัน น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ในรอยแตก รอยร้าวของหินดินดานที่มีความเปราะ ความลึกของชั้นน้ำไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนอยู่ในช่วย 30 - 40 เมตร และมีปริมาณน้ำไม่เกิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบบริเวณตะวันตกของพื้นที่

ค) ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตอายุไทรแอสซิก (TRc)

ประกอบด้วยหินปูน ของหมวดหินผาก้านในกลุ่มหินลำปาง หินปูนเพอร์เมี่ยนของหมวดหินผาหวด กลุ่มหินงาว และหินปูนคาร์บอนิเฟอรัส จากกลุ่มหินแม่ทาเป็นกลุ่มหินที่น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ในโพรงถ้ำ รอยแตกและรอยเลื่อนในชั้นหินปูน ความลึกถึงชั้นน้ำให้เฉลี่ย 30 เมตร มีอัตราให้น้ำไม่เกิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพราะโพรงไม่ต่อเนื่องกัน พบบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่

ง) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (PCms)

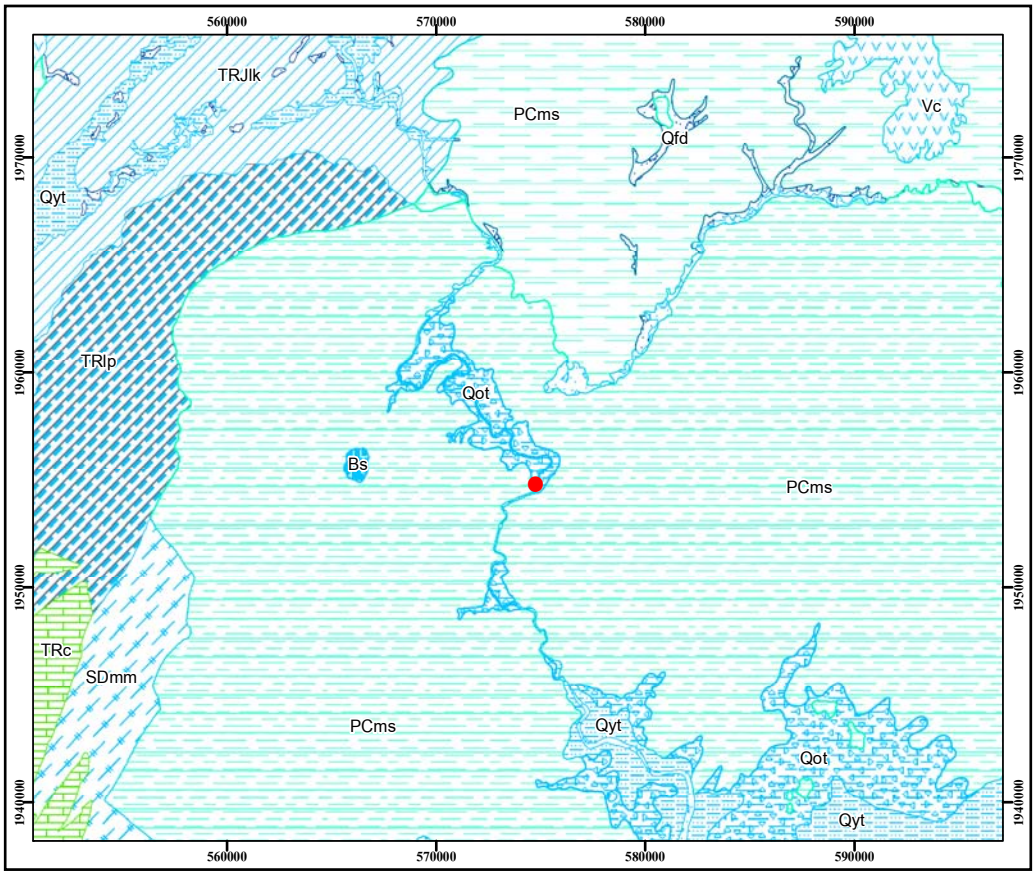
ประกอบด้วยหินทรายเนื้อละเอียดสลับกับหินดินดาน ที่แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้าง อายุเพอร์โมคาร์บอนิเฟอรัส และหินกรวดมน หินดินดาน หินเชิร์ต ของกลุ่มหินแม่ทา น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในชุดรอยแตก และรอยต่อระหว่างชั้นหินในความลึกเฉลี่ย 30 เมตร ให้น้ำประมาณ 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่งโมง ชั้นหินอุ้มน้ำนี้กระจายตัวเป็นวงกว้างบริเวณตอนกลาง และตะวันออกครอบคลุม ร้อยละ 80 ของพื้นที่

จ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร (SDmm)

ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ หินควอร์ตไซต์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินไรโอลิ-ติกทัฟฟ์ หินแอนดีซิกติกทัฟฟ์ และหินคลอไรต์ชีสต์ น้ำบาดาลถูกกักเก็บในรอยแตก ที่ความลึกประมาณ 40 เมตร โดยให้น้ำไม่เกิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่งโมง พบบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่

ฉ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินอัคนี

ประกอบด้วยหินภูเขาไฟ (Vc) ได้แก่ หินแกรนิต และหินบะซอลต์ (Bs) มีปริมาณน้ำน้อยและถูกกักเก็บอยู่ที่ช่วงความลึก 30 - 45 เมตร พบน้อยมากบริเวณตอนกลาง และตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ คาดว่าชั้นหินอุ้มน้ำนี้อาจเป็นต้นกำเนิดของน้ำร้อนโป่งลำปาง



สัญลักษณ์

- แหล่งน้ำร้อน

คำอธิบาย

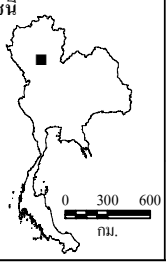
หินร่วน
- Qfd ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา
- Qyt ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่
- Qot ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า

หินชั้นและหินชั้นกึ่งหินแปร
- TRJlk ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราชตอนล่าง
- TRlp ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดลำปาง
- TRc ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตอายุไทรแอสซิก
- PCms ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร

หินแปร
- SDmm ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร

หินอัคนี
- Bs ชั้นหินอุ้มน้ำหินบะซอลต์
- Vc ชั้นหินอุ้มน้ำหินภูเขาไฟ

แผนที่ดัชนี



การศึกษาเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

มาตราส่วนแผนที่ 0 4 8 กม.

แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสโขทัย

ศูนย์บริการเทคโนโลยีน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (GTSC)

รูปที่ 4.8 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546)

4.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ประกอบด้วยหินชนิดต่างๆ มากมายหลายชนิด ทั้งที่เป็นหินร่วนและหินแข็ง และทั้งที่มีอายุตั้งแต่เกือบเก่าแก่ที่สุดจนถึงอ่อนที่สุด ตามเวลาทางธรณีกาล กับมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เอื้ออำนวยต่อคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ปรากฏอยู่ทั่วไป เช่น รอยเลื่อน (Faults) รอยแตก (Fractures) รอยคดโค้งของชั้นหิน (Folds) เป็นต้น โดยสภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว แสดงดังรูปที่ 4.9 มีรายละเอียดดังนี้

- **แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน**

แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน ประกอบขึ้นด้วยตะกอนจำพวก กรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ซึ่งยังไม่ประสานตัวหรือยังไม่จับตัวกัน โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำบาดาลประเภทนี้ ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนต่างๆ โดยแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว สามารถจำแนกออกเป็นหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeologic Units) ได้ 2 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt)

ประกอบด้วยชั้นทราย ชั้นดินเหนียวที่เกิดจากที่ราบน้ำท่วมถึง มีชั้นกรวดแทรกบ้างเล็กน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนเม็ดเล็กและเม็ดละเอียด พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำไหลเอ่อจากแม่น้ำไหลเข้าไปในที่ราบลุ่ม และนำตะกอนเม็ดเล็กและเม็ดละเอียดไปสะสม มีความหนาประมาณตั้งแต่ 20 - 50 เมตรให้น้ำบาดาลคุณภาพดีแต่มีปริมาณน้อยน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ถ้ามีชั้นกรวดแทรกสลับอยู่ด้วยจะทำให้มีน้ำบาดาลถูกกักเก็บมากขึ้น

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot)

ประกอบด้วยตะกอนทราย และกรวดสะสมตัวตามลำน้ำ บริเวณตอนเหนือและตะวันออกของพื้นที่ศึกษา กักเก็บน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดและเม็ดทราย มีความหนาตั้งแต่ 20 - 100 เมตร ให้น้ำบาดาลมีคุณภาพดี อาจจะมีสนิมเหล็กในบางแห่ง แต่โดยทั่วไปมีคุณภาพดี และมีปริมาณมากตั้งแต่ 2 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็นตะกอนร่วนที่ให้น้ำมากที่สุด

- **ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง**

แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง ส่วนใหญ่น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของโครงสร้างต่างๆ อันได้แก่ รอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน รอยต่อระหว่างชั้นหิน โพรงหรือถ้ำในชั้นหิน และช่องว่างของชั้นหินผุ ปริมาณน้ำบาดาลจะมีน้อยหรือมาก ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของโครงสร้างที่มีอยู่ในชั้นหินนั้นๆ กล่าวคือ ถ้าโครงสร้างมีขนาดใหญ่ และต่อเนื่องกันดี จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าโครงสร้างมีขนาดเล็กและไม่ค่อยต่อเนื่องถึงกัน จะมีน้ำบาดาล

กักเก็บอยู่น้อย เป็นต้น โดยหน่วยหินให้น้ำในชั้นหินแข็งของบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาวแบ่งออกได้เป็น 10 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราชตอนกลาง (Jmk)

เป็นกลุ่มหินโคราชตอนกลาง ได้แก่ หินหน่วยพระวิหาร หินหน่วยเสาขวา หินหน่วยภูพาน เป็นตะกอนทับถมภาคพื้นทวีปประกอบขึ้นด้วยหินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้งสีขาว และประกอบขึ้นด้วยทรายมาจากเม็ดควอร์ต ถ้าเป็นหินกรวดมนจะเป็นก้อนกรวดควอร์ตสีขาวหรือควอร์ตไซต์ และเม็ดเชิร์ตหรือฟริ้นสโตนสีดำกลมมน และเกลี้ยง มีเม็ดขนาดไล่เลี่ยกัน หินดินดานจะเป็นพวกมีชั้นบางๆ และมีสีน้ำตาลแดงน้ำบาดาลถูกกักเก็บไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดและเม็ดทรายหรือตามแนวชั้นของหินดินดาน น้ำบาดาลมีคุณภาพดี และมีปริมาณไม่มากประมาณ 2 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบบริเวณตะวันออก และตอนกลางของพื้นที่ศึกษาติดกับแหล่งน้ำร้อน

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราชตอนล่าง (TRJlk)

เป็นกลุ่มหินโคราชตอนล่าง ได้แก่ หินหน่วยน้ำพองและหินหน่วยภูกระดึง เป็นตะกอนทับถมภาคพื้นทวีปประกอบขึ้นด้วยหินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน บางแห่งจะพบก้อนคาร์บอเนตสีน้ำตาลแดงเหมือนกับหินดินดาน แต่แข็งและมีสารคาร์บอเนตผสมด้วย ชั้นหินให้น้ำชั้นนี้เก็บน้ำบาดาลในช่องว่างของทรายและก้อนกรวด และในหินดินดานจะมีรอยแตกและรอยเลื่อนมาก ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำบาดาลได้น้ำบาดาลมีคุณภาพดี มีปริมาณมากพอสมควร ถ้าบริเวณที่มีรอยแตกมากอาจจะให้น้ำมากถึง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบบริเวณตอนเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่

ค) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดน้ำลำปาง (TRlp)

เป็นกลุ่มหินชุดลำปาง เป็นตะกอนหินทับถมจากทะเลประกอบขึ้นด้วยตะกอนเศษหินของหน่วยพระธาตุ ผาก้าน ฮ่องหอย และดอยช้าง เช่นที่พบในจังหวัดลำปาง จึงไม่สามารถแยกออกเป็นหน่วยต่างๆ ได้ ประกอบขึ้นด้วยหินดินดานและหินทรายแป้ง หินทรายปนเถ้าภูเขาไฟ และหินกรวดมนภูเขาไฟ ส่วนใหญ่จะเป็นหินดินดานมีรอยแตกและรอยเลื่อน น้ำบาดาลจะกักเก็บอยู่ในรอยเลื่อน รอยแตก และช่องว่างของเม็ดทรายและเม็ดกรวด ให้น้ำบาดาลมีปริมาณไม่มาก แต่คุณภาพดี พบเป็นแนวยาววางตัวเหนือใต้พาดผ่านตอนกลางของพื้นที่

ง) ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตอายุไทรแอสซิก (TRc)

เปรียบเทียบได้กับหินหน่วยผาก้านของหินกลุ่มลำปาง พบน้อยมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา เป็นเขาเล็กๆ ไม่กว้างใหญ่มาก เป็นหินปูนที่มีรอยแตกและมีรูพรุนเป็นโพรงเล็กๆ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในรอยแตกและรูพรุนเหล่านี้ ให้น้ำบาดาลมีคุณภาพดี และปริมาณพอสมควรประมาณ 2 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

จ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตอายุเพอร์เมียน (Pc)

เป็นหินปูนกลุ่มราชบุรี เป็นชั้นหินให้น้ำคาร์บอเนตที่ให้น้ำบาดาลที่มี คุณภาพดีและมีปริมาณมาก ถ้าเป็นถ้ำใต้ดินอาจจะให้น้ำได้ถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ชั้นหินให้น้ำคาร์บอเนตชุดราชบุรีนี้พบตอนกลางของพื้นที่เล็กน้อย และตอนใต้ของพื้นที่

ฉ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (PCms)

เป็นหินตะกอนของกลุ่มราชบุรี รวมถึงกลุ่มหินแก่งกระจาน ประกอบขึ้นด้วยหินดินดาน หินทราย และหินฟิลลิติคเชล ชั้นหินให้น้ำกลุ่มนี้เป็นตะกอนเศษหินทั้งหมดและกลุ่มที่อยู่ส่วนล่างสุดซึ่งเทียบเท่ากับหินกลุ่มแก่งกระจานมีโผล่เป็นจำนวนน้อยมาก และมีลักษณะแตกต่างจาก หินแก่งกระจานเพราะส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งมีการสะสมตัวต่อเนื่องขึ้นมาหาหินปูนของกลุ่มราชบุรี ในที่นี้จึงไม่ได้แยกออกไป เพราะว่าหินเหล่านี้รองรับอยู่ใต้หินปูนกลุ่มราชบุรี ซึ่งอาจจะเป็นตะกอนเศษหินที่รองรับอยู่ใต้หินปูนตามที่ได้จัดแบ่งไว้เช่นกัน ชั้นหินอุ้มน้ำนี้วางตัวเหนือ - ใต้บริเวณตอนใต้ของพื้นที่

ช) ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (Cms)

เป็นหินแปรสภาพชั้นต่ำ ซึ่งอยู่ระหว่างหินแปรสภาพชั้นต่ำที่อยู่ใต้หินปูนเพอร์เมี่ยนและอยู่เหนือหินแปรสภาพของชุดกาญจนบุรี ซึ่งเทียบได้กับหินชุดแก่งกระจานจะเป็นพวกหินควอร์ตไซต์ ฟิลไลต์ ได้น้ำบาดาลในรอยแตก รอยแยกและรอยเลื่อนของหิน มีปริมาณน้ำ ตั้งแต่ 2 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำบาดาลมีคุณภาพดี พบบริเวณตอนเหนือของพื้นที่

ซ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร (Emm)

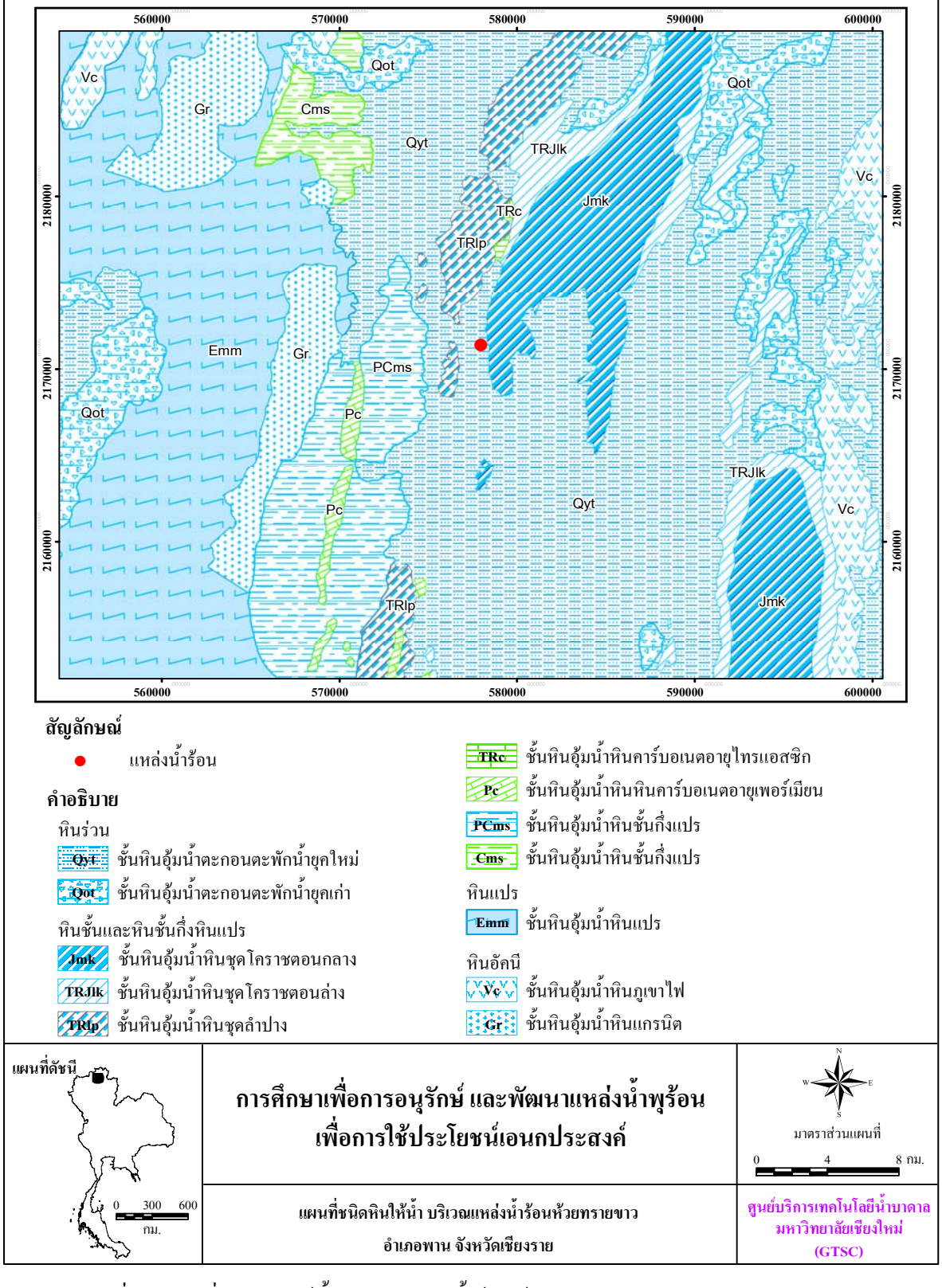
เปรียบเทียบได้กับหินชุดตะรุเตา เป็นหินตะกอนซึ่งแปรสภาพเป็นหินแปร ส่วนใหญ่จะเป็นหินควอร์ตไซต์และควอร์ตซีสต์ หินเหล่านี้จะมีเนื้อแน่นเกือบไม่มีช่องว่างเลย แต่จะมีรอยแตกและรอยเลื่อน ซึ่งให้น้ำบาดาลมีคุณภาพดีมีปริมาณ ตั้งแต่ 2 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ชั้นหินอุ้มน้ำวางตัวเป็นแนวยาวเหนือใต้บริเวณตะวันตกของพื้นที่

ฌ) ชั้นหินอุ้มน้ำหินภูเขาไฟ (Vc)

หินภูเขาไฟยุคต่างๆ ซึ่งได้แก่ หินภูเขาไฟแอนดีไซต์–ไรออไลต์ของยุคไทรแอสซิก - จูแรสซิก หินภูเขาไฟแอนดีไซต์ - ไรออไลต์ของยุคเปอร์โมไทรแอสซิก และเถ้าหินภูเขาไฟทั้งแบบ acid, basic และ intermediate ให้น้ำบาดาลในรอยแตกและแนวเลื่อน มีคุณภาพดีและมีปริมาณระหว่าง 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบบริเวณตะวันตกเหนือของพื้นที่ศึกษา และวางตัวเป็นแนวยาวเหนือ - ใต้บริเวณตะวันออกของพื้นที่

ญ) ชั้นหินอุ้มน้ำน้ำแกรนิต (Gr)

กลุ่มหินแกรนิตอายุต่างๆ ซึ่งได้แก่หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ประกอบขึ้นด้วยหินแกรนิต แกรโนไดออไรท์ ได้น้ำบาดาลในหินแกรนิตที่ผุและตามรอยแตกของหินมีปริมาณประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถ้ามีรอยแตกอาจจะให้ปริมาณน้ำมากถึง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบเล็กน้อยบริเวณตอนเหนือของพื้นที่



รูปที่ 4.9 แผนที่ชนิดหินให้น้ำ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
(ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2546)

4.2.4 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น

- **ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นบริเวณ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่**

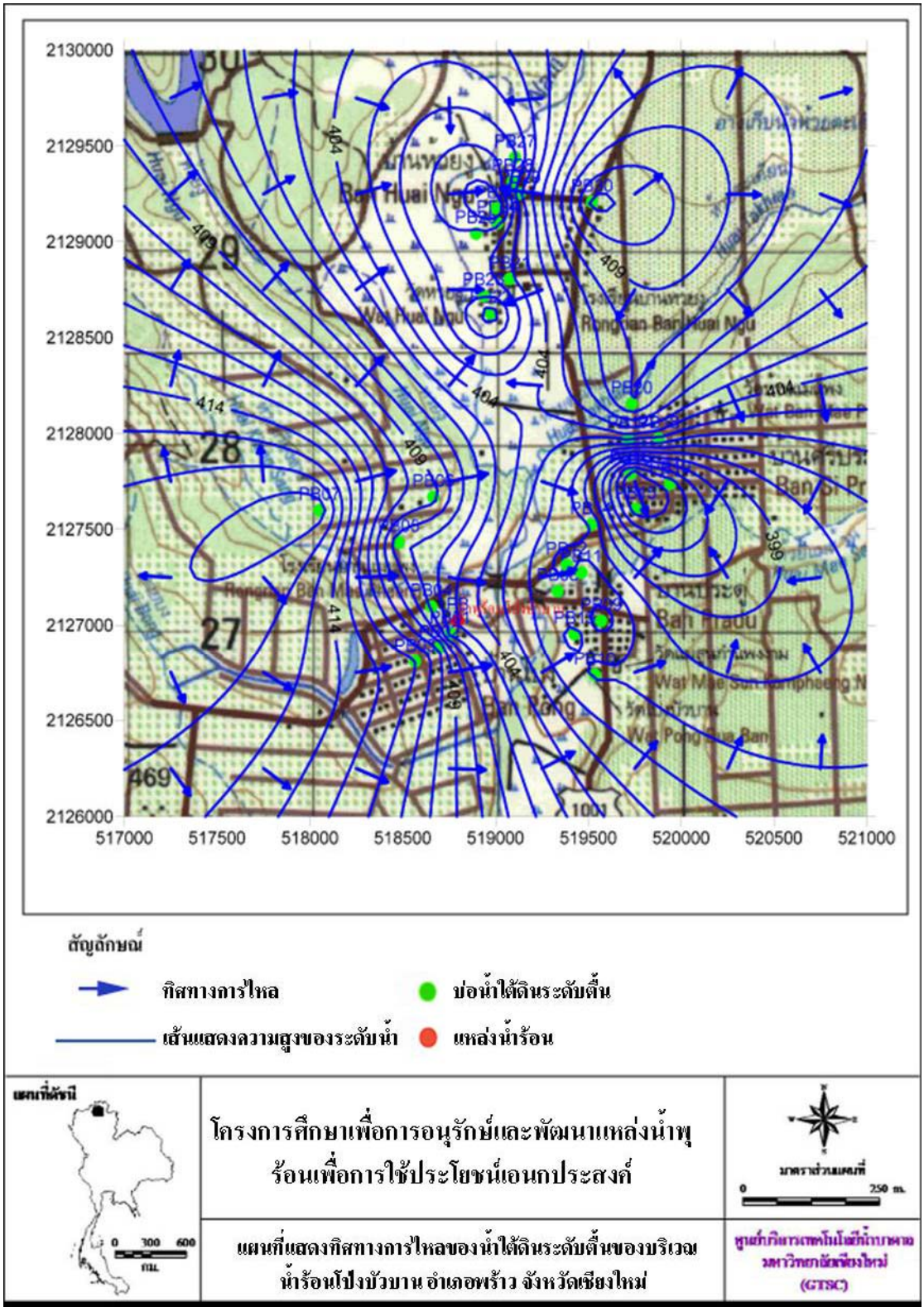
ได้ทำการวัดระดับน้ำใต้ดินของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (บ่อวง) ครอบคลุมบริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน จำนวนทั้งสิ้น 30 จุด พบว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น (รูปที่ 4.10) ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีแนวประมาณตะวันออก-ตะวันตกโดยไหลเข้าสู่น้ำแม่งัด และบางส่วนในทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา มีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากทิศใต้ไปทิศเหนือ

- **ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นบริเวณ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัช-นาลัย จังหวัดสุโขทัย**

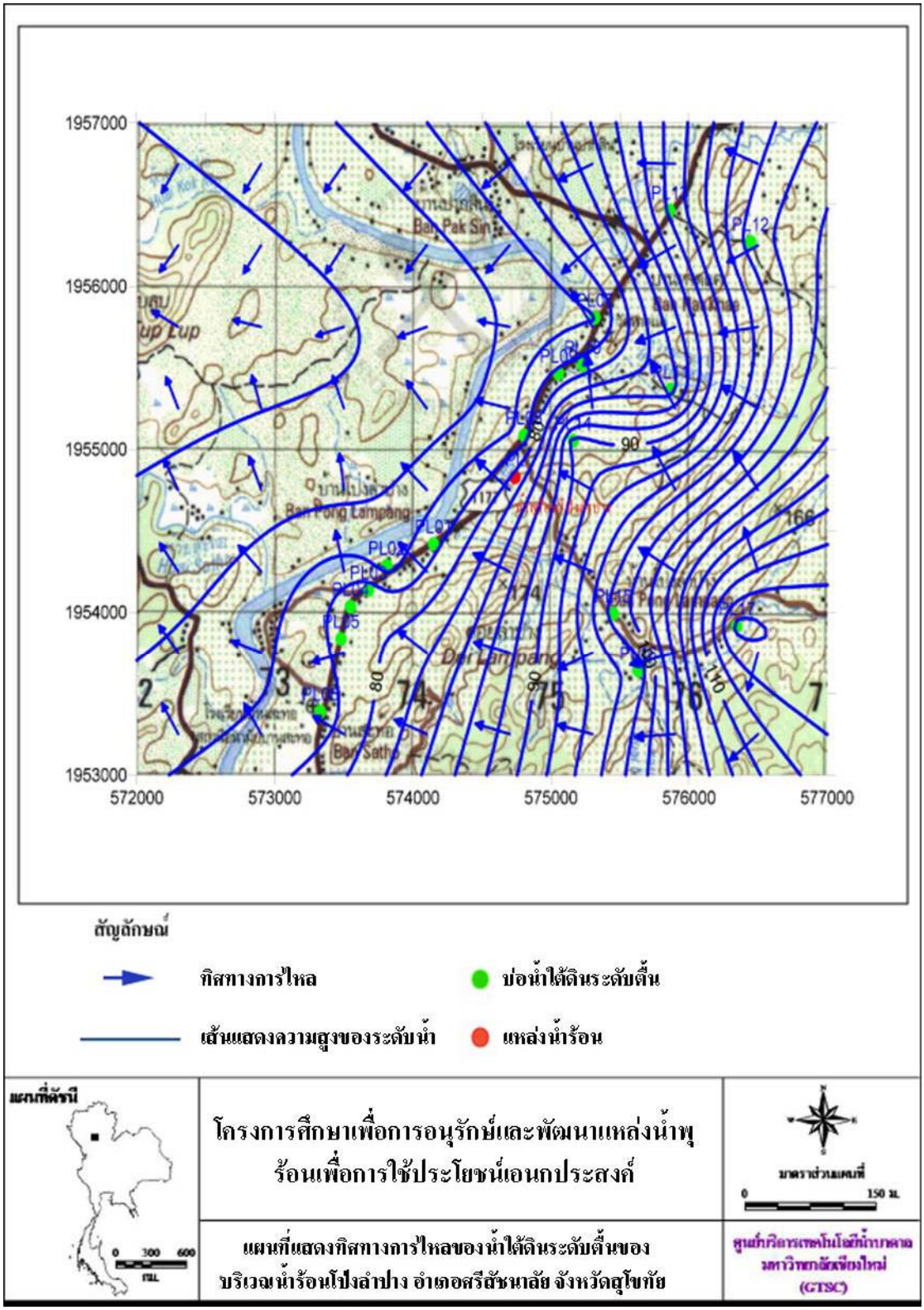
ได้ทำการวัดระดับน้ำใต้ดินของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (บ่อวง) ครอบคลุมบริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง จำนวนทั้งสิ้น 17 จุด พบว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น (รูปที่ 4.11) ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ไหลจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกเข้าสู่แม่น้ำยม และบางส่วนในตอนกลางของพื้นที่ศึกษา มีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากทิศใต้ไปทิศเหนือ

- **ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นบริเวณ แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย**

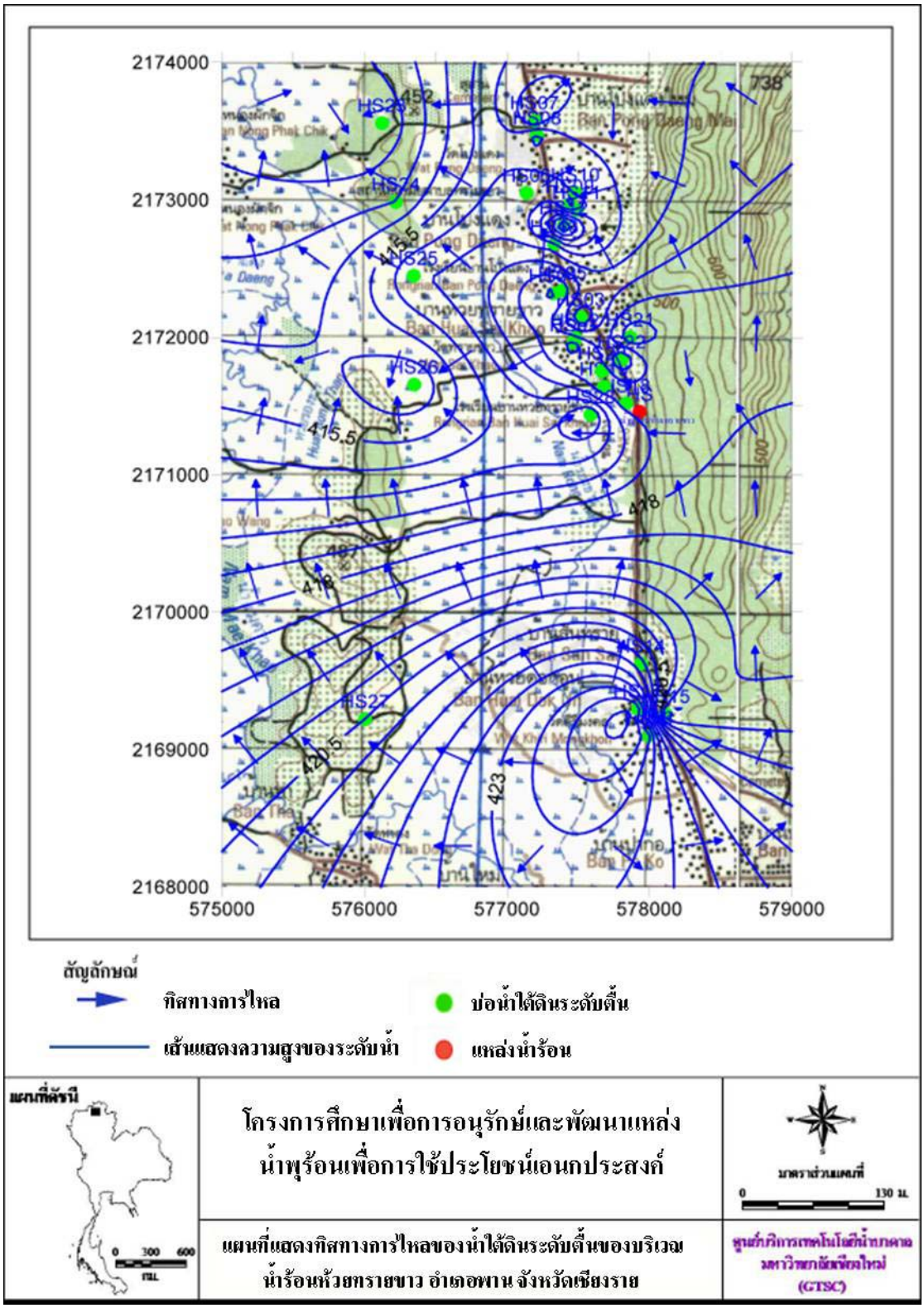
ได้ทำการวัดระดับน้ำใต้ดินของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (บ่อวง) ครอบคลุมบริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว จำนวนทั้งสิ้น 28 จุด พบว่าตอนเหนือของพื้นที่ศึกษามีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น (รูปที่ 4.12) ส่วนใหญ่ไหลจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ส่วนตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา มีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น 2 แนว คือจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก และจากทิศใต้ไปทิศเหนือ



รูปที่ 4.10 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย



รูปที่ 4.12 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.2.5 อัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ

จากการศึกษาแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย พบว่าต้นกำเนิดของน้ำที่กลายสภาพมาเป็นน้ำร้อนส่วนใหญ่มาจากน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนจึงมีความสำคัญมากต่อปริมาณน้ำร้อนที่จะนำมาขึ้นใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปแล้วธรรมชาติเป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำร้อนให้อยู่ในภาวะสมดุลย์ได้เอง แต่เนื่องจากการพัฒนาแหล่งน้ำร้อน อาจต้องใช้ปริมาณน้ำร้อนจำนวนมาก หากปริมาณน้ำร้อนที่นำมาใช้มีค่ามากกว่าปริมาณที่ไหลซึมลงไป จะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำร้อนที่ใช้งานในอนาคต ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำร้อนต่อไป

ได้ทำการประเมินอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำเบื้องต้นของแหล่งน้ำร้อนกรณีศึกษาทั้ง 3 แหล่งโดยการพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน 10 ปีย้อนหลัง อัตราการซึมได้น้อยที่สุดของชั้นหินอุ้มน้ำ และพื้นที่รับน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำ ซึ่งอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ แต่ละกรณีศึกษามีดังนี้

- **แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่**

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเป็นชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า อยู่ในแอ่งพร้าว โดยวางตัวเป็นแนวยาวต่อเนื่องมาจากตัวอำเภอพร้าว ซึ่งชั้นหินอุ้มน้ำประเภทนี้ อัตราการซึมได้น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 8 พื้นที่รับน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำเท่ากับ 50 ตารางกิโลเมตร ได้กำหนดให้ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (ตารางที่ 4.1) 1, 008.80 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 201,760,016.67 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 552,767.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

- **แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย**

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเป็นชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งหินแปร (silicified sandstone) โดยวางตัวเป็นแนวยาวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งชั้นหินอุ้มน้ำประเภทนี้ อัตราการซึมได้น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 2 พื้นที่รับน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำบริเวณนี้เท่ากับ 1.5 ตารางกิโลเมตร ได้กำหนดให้ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (ตารางที่ 4.2) 1,008.05 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 45,362.21 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 124.28 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

- **แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย**

พื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเป็นชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราช โดยวางตัวแนวเกือบเหนือ - ใต้ ซึ่งชั้นหินอุ้มน้ำประเภทนี้ อัตราการซึมได้น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 2 พื้นที่รับน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำบริเวณนี้เท่ากับ 4 ตารางกิโลเมตร ได้กำหนดให้ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (ตารางที่ 4.3) 1,009.40 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 323,006.72ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 884.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา)

ปี / เดือน	ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (มิลลิเมตร)									
	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
Jan	1011.70	1012.47	1010.56	1013.77	1014.32	1012.69	1012.25	1012.33	1014.31	1013.36
Feb	1012.60	1010.06	1009.28	1012.61	1012.03	1010.89	1010.38	1011.58	1011.53	1012.15
Mar	1006.30	1008.38	1008.80	1008.72	1009.71	1007.66	1010.28	1007.81	1008.11	1009.39
Apr	1006.00	1006.38	1006.04	1006.82	1007.09	1006.55	1008.44	1007.06	1007.85	1007.52
May	1006.40	1005.99	1005.38	1005.41	1005.36	1005.68	1005.25	1007.48	1006.68	1005.86
Jun	1004.90	1006.74	1004.30	1004.69	1004.86	1005.34	1003.50	1005.54	1004.64	1005.91
Jul	1003.37	1003.76	1003.97	1003.88	1005.64	1005.39	1004.90	1004.11	1005.05	1005.77
Aug	1005.90	1004.62	1004.36	1005.35	1004.98	1004.45	1005.05	1004.54	1004.54	1006.64
Sep	1007.02	1007.53	1007.16	1007.67	1006.73	1008.61	1007.29	1007.96	1006.38	1008.09
Oct	1010.33	1008.87	1010.28	1010.50	1010.71	1012.59	1011.23	1011.23	1009.83	1011.57
Nov	1011.89	1012.35	1014.07	1012.72	1012.28	1013.38	1011.93	1011.93	1013.07	1014.03
Dec	1016.03	1015.12	1015.08	1013.12	1014.97	1014.54	1013.86	1014.22	1012.56	1015.63
เฉลี่ย	1008.54	1008.52	1008.27	1008.8	1009.1	1008.98	1008.69	1008.81	1008.71	1009.66
เฉลี่ย 10 ปี										1008.80

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดสุโขทัย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา)

ปี / เดือน	ปริมาณน้ำฝนจังหวัดสุโขทัย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (มิลลิเมตร)									
	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
Jan	1010.55	1010.97	1009.39	1012.72	1013.36	1011.77	1011.51	1011.09	1013.55	1011.12
Feb	1011.35	1009.44	1008.52	1011.63	1010.76	1010.69	1009.38	1010.90	1010.83	1011.26
Mar	1004.74	1007.52	1008.18	1008.29	1009.41	1007.88	1009.96	1007.59	1007.76	1008.53
Apr	1005.76	1006.15	1005.71	1006.54	1006.65	1006.69	1008.19	1006.87	1008.07	1006.56
May	1005.92	1005.33	1005.06	1005.19	1004.72	1005.79	1004.52	1007.09	1006.5	1004.69
Jun	1004.72	1004.76	1004.19	1004.54	1004.93	1005.38	1003.38	1005.57	1004.57	1005.12
Jul	1003.30	1003.51	1003.77	1004.19	1005.69	1005.40	1004.61	1004.40	1005.13	1005.03
Aug	1005.60	1004.15	1004.02	1005.13	1004.69	1004.68	1004.71	1004.43	1004.28	1005.42
Sep	1006.24	1006.85	1006.45	1006.72	1006.17	1008.26	1006.37	1007.43	1005.73	1006.23
Oct	1009.11	1007.76	1009.04	1009.48	1009.78	1011.86	1010.04	1010.36	1008.68	1009.41
Nov	1010.59	1010.99	1012.74	1011.50	1011.04	1012.47	1010.78	1010.79	1011.58	1011.71
Dec	1014.29	1011.08	1013.94	1011.96	1014.07	1013.12	1012.54	1013.32	1010.85	1013.09
เฉลี่ย	1007.68	1007.37	1007.58	1008.15	1008.43	1008.66	1007.99	1008.32	1008.13	1008.18
เฉลี่ย 10 ปี										1008.05

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา)

ปี / เดือน	ปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ.2542 ถึง พ.ศ.2551 (มิลลิเมตร)									
	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
Jan	1012.70	1013.31	1011.36	1015.09	1015.49	1014.00	1013.63	1013.55	1015.85	1013.3
Feb	1013.20	1011.19	1009.92	1013.74	1013.16	1012.28	1011.30	1012.89	1012.96	1012.37
Mar	1005.60	1009.38	1009.43	1009.86	1010.72	1008.46	1011.68	1008.72	1008.8	1009.52
Apr	1006.30	1006.94	1006.33	1007.78	1007.89	1008.21	1009.31	1007.79	1009.02	1007.4
May	1006.70	1006.48	1005.90	1006.29	1005.64	1006.10	1005.86	1008.26	1007.14	1005.12
Jun	1004.60	1004.98	1004.05	1004.65	1004.84	1005.56	1003.67	1005.79	1004.86	1004.78
Jul	1002.90	1003.48	1003.80	1003.85	1005.99	1005.54	1005.07	1003.89	1005.02	1004.64
Aug	1005.70	1004.48	1004.30	1005.67	1004.92	1004.76	1004.98	1004.73	1004.54	1005.36
Sep	1007.20	1007.94	1007.54	1008.50	1007.29	1009.55	1007.90	1008.85	1006.86	1006.98
Oct	1011.20	1009.70	1011.31	1011.65	1011.90	1013.98	1012.50	1012.43	1010.93	1011.15
Nov	1013.10	1013.51	1015.53	1014.28	1013.83	1015.13	1013.26	1013.20	1014.64	1014.32
Dec	1018.10	1013.58	1016.66	1014.45	1016.71	1016.42	1015.80	1015.87	1013.59	1015.67
เฉลี่ย	1008.90	1008.74	1008.84	1009.65	1009.86	1009.99	1009.58	1009.66	1009.52	1009.20
เฉลี่ย 10 ปี										1009.40

4.3 การสำรวจด้านธรณีฟิสิกส์

4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ และวิธีการสำรวจภาคสนาม

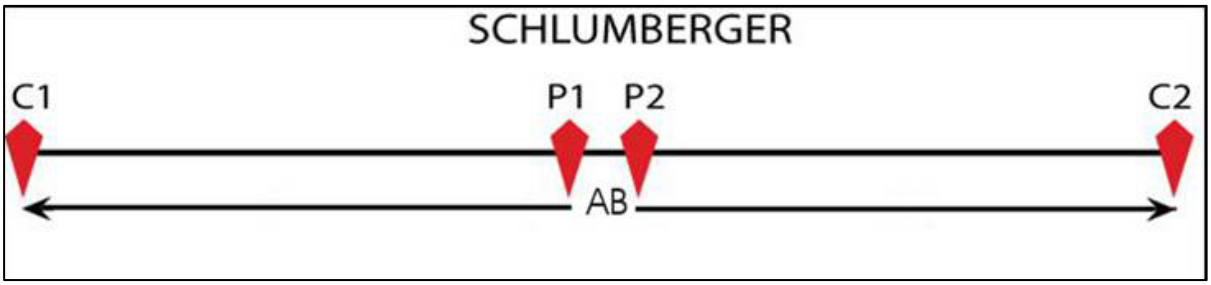
การสำรวจธรณีฟิสิกส์ ได้ดำเนินการในลักษณะของ การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบแนวดิ่ง (Vertical depth sounding) ใช้การจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจร์ (Schlumberger configuration) โดยแหล่งน้ำร้อนแต่ละแหล่งทำการสำรวจทั้งหมด 20 จุด

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและแปลความหมาย ประกอบด้วย

- เครื่องมือกำหนดหาตำแหน่งจากดาวเทียม (Global Positioning System) ผลิตภัณฑ์ของ GARMIN รุ่น GPSmap 76
- ชุดอุปกรณ์ภาคสนาม
- เครื่องมือวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ABEM Terrameter SAS 4000)
- วิทยุ รับ - ส่งสนาม จำนวน 5 เครื่อง
- เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม Resist 87®

วิธีการสำรวจภาคสนาม มีดังนี้

- กำหนดจุดสำรวจให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด บันทึกค่าตำแหน่งพิกัดจุดสำรวจไว้
- ทำการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ตามจุดสำรวจและแนวสำรวจที่กำหนด โดยใช้เครื่องมือ ABEM Terrameter SAS 4000 จัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration) ดังรูปที่ 4.13 โดยการปล่อยไฟฟ้ากระแสตรง ชักนำลงไปที่ขั้วกระแส C_1 และ C_2 และทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วศักย์ P_1 และ P_2 จากปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ชักนำลงไป ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และระยะห่างของขั้วสามารถคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏของชั้นดินและชั้นหินได้ จากนั้นบันทึกความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



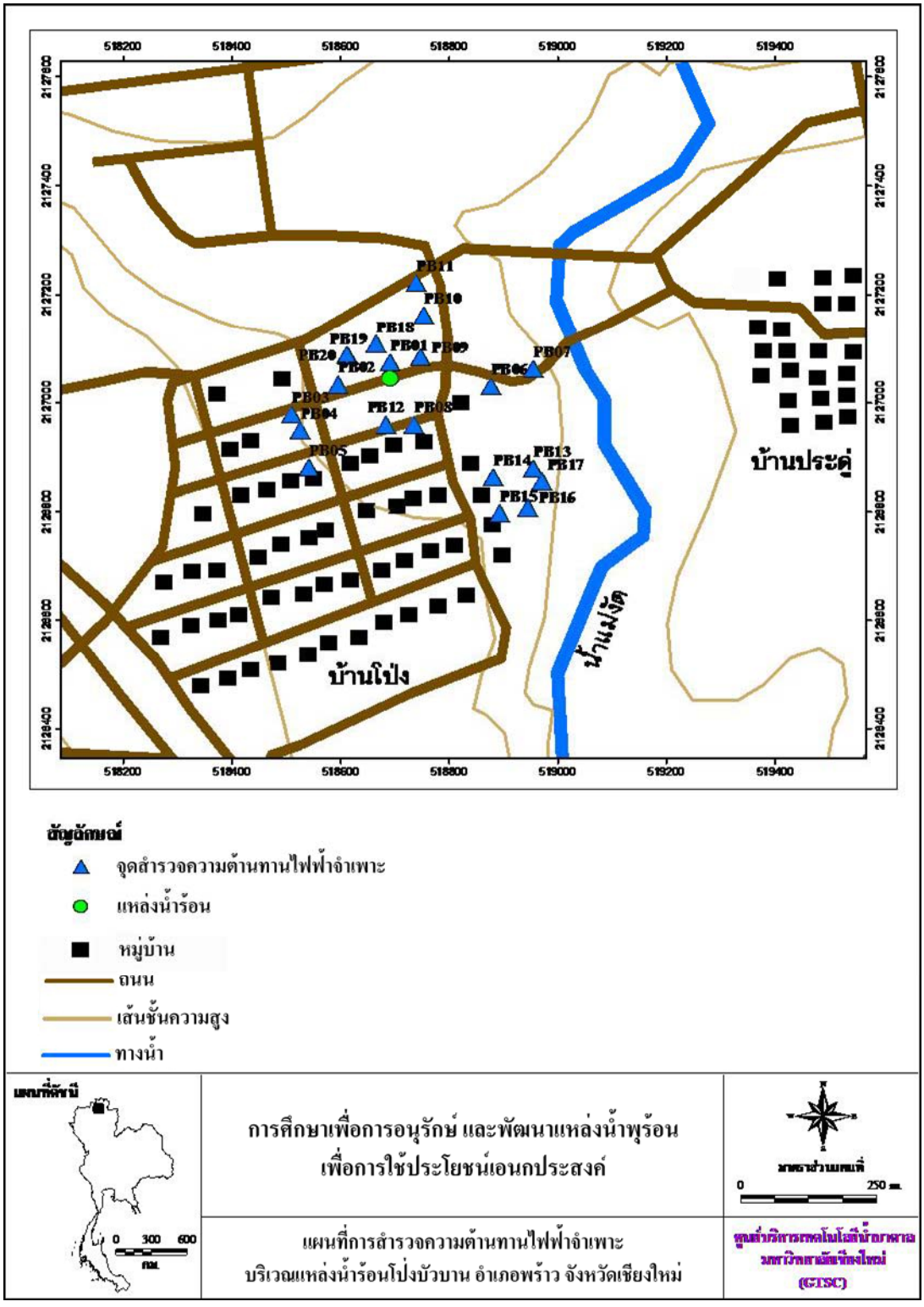
รูปที่ 4.13 การจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจร์

4.3.2 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง

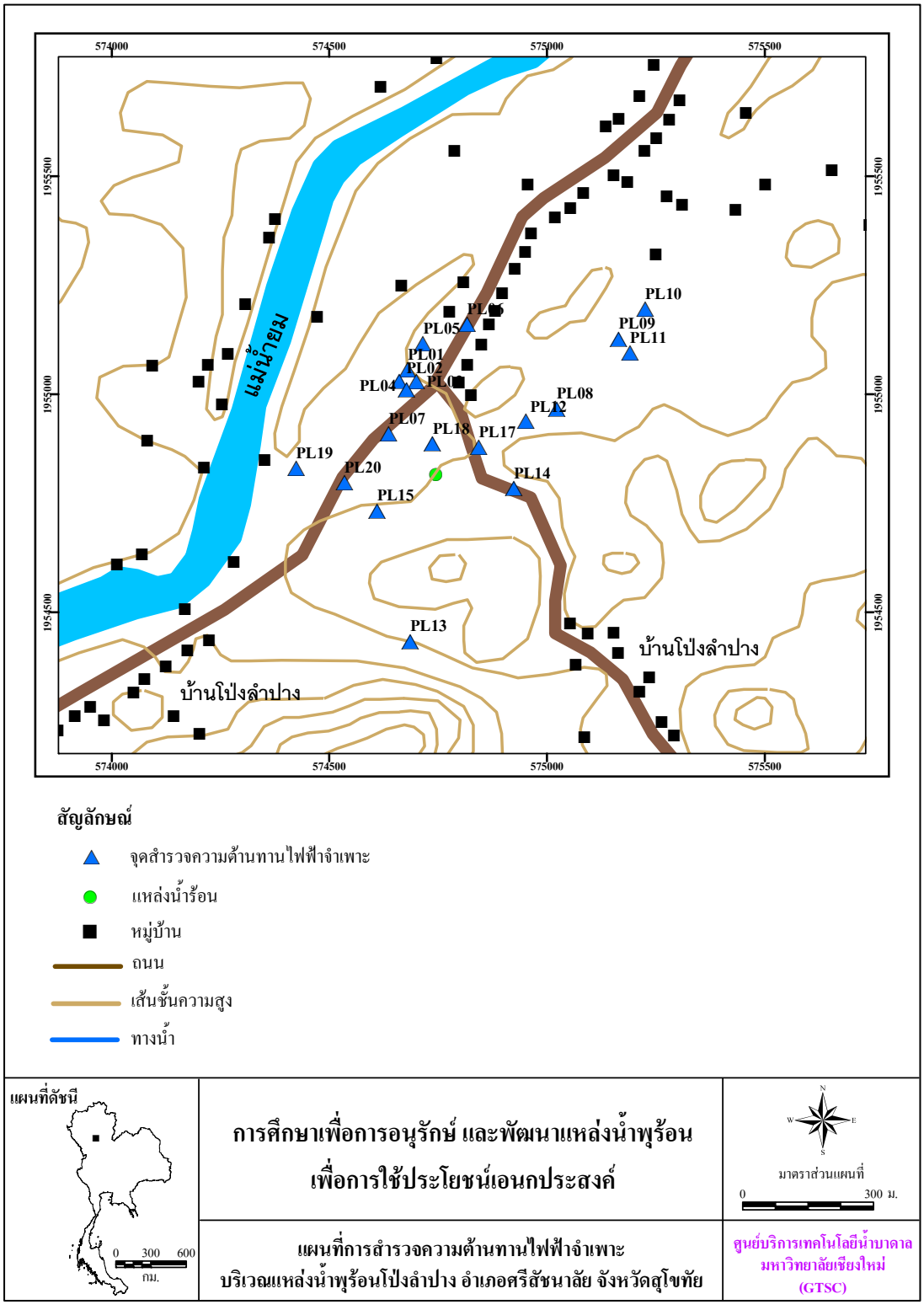
ทำการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ในบริเวณพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 3 แหล่ง คือ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ในแต่ละพื้นที่ จำนวน 20 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 ซึ่งภาพการสำรวจภาคสนาม แสดงไว้ในรูปที่ 4.17

ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม ได้ถูกนำมาแปลความหมาย โดยการใช้โปรแกรม Resist 87® เพื่อแสดงจำนวนของชั้นดิน /ชั้นหิน ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา โดยแยกตามความแตกต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อันเนื่องมาจากชนิดหิน และ/หรือ ปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ นอกจากนั้น ได้นำค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ กัน มาจัดทำเป็นแผนที่สามมิติ ซึ่งแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่สัมพันธ์กับความลึก โดยใช้โปรแกรม Surfer® ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ถึงรูปที่ 4.20

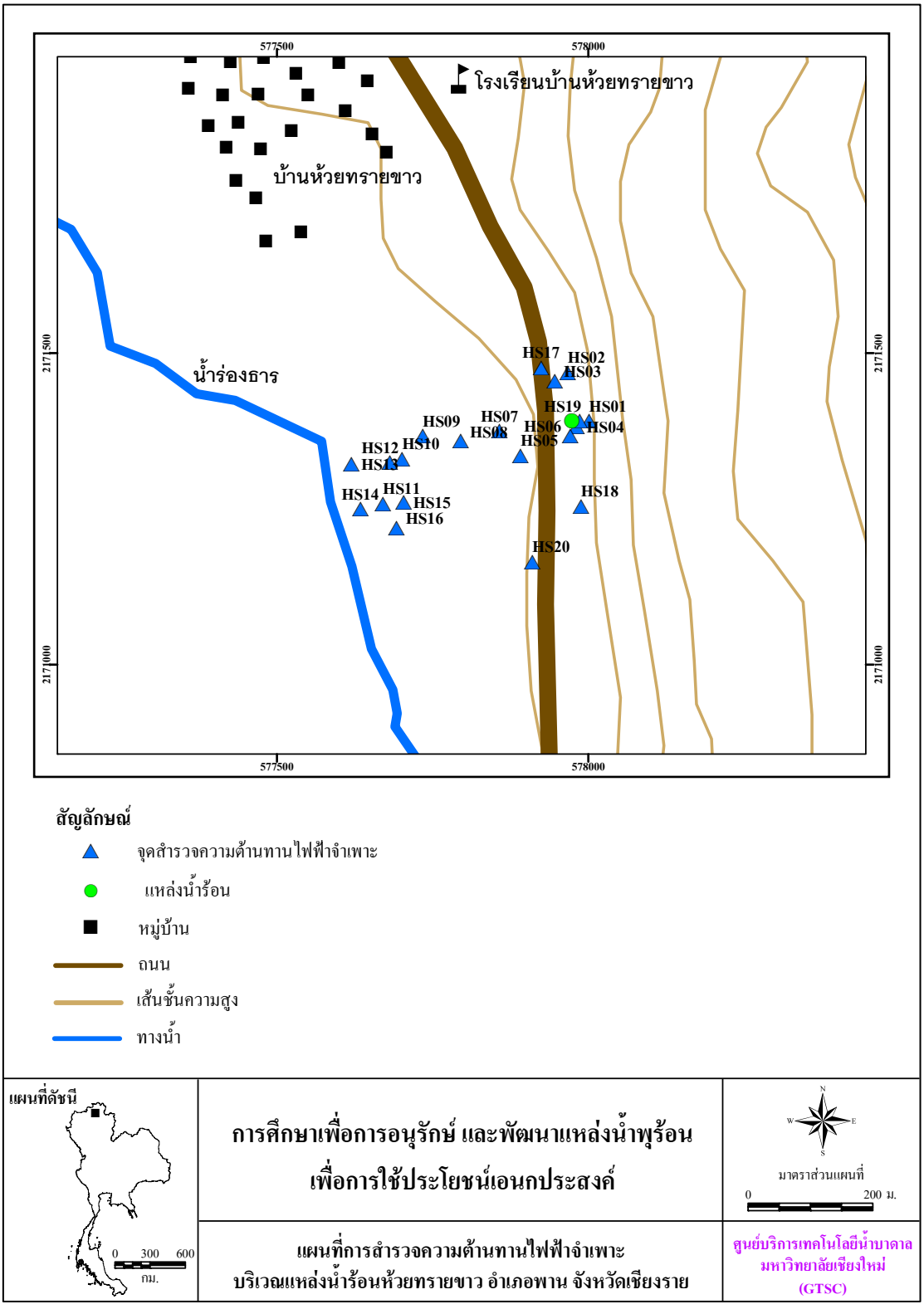
รายละเอียดของการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ในพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง*



รูปที่ 4.14 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

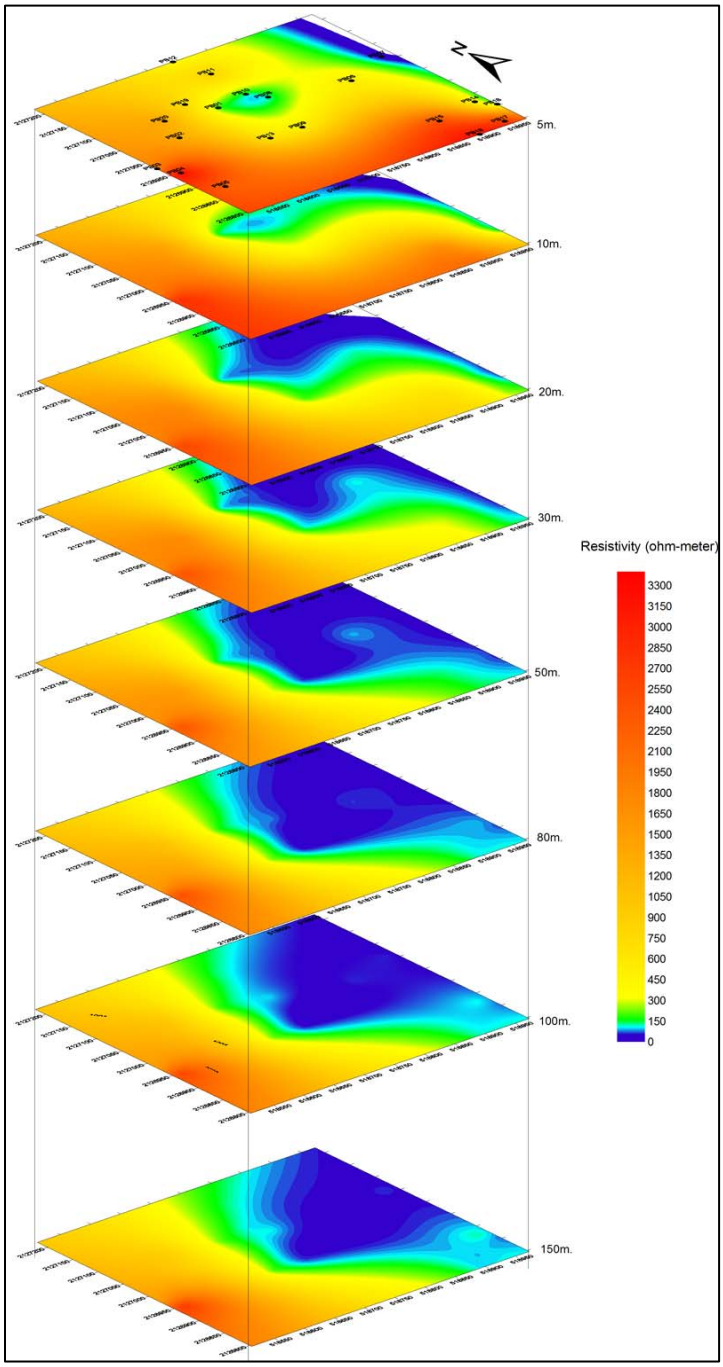


รูปที่ 4.15 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

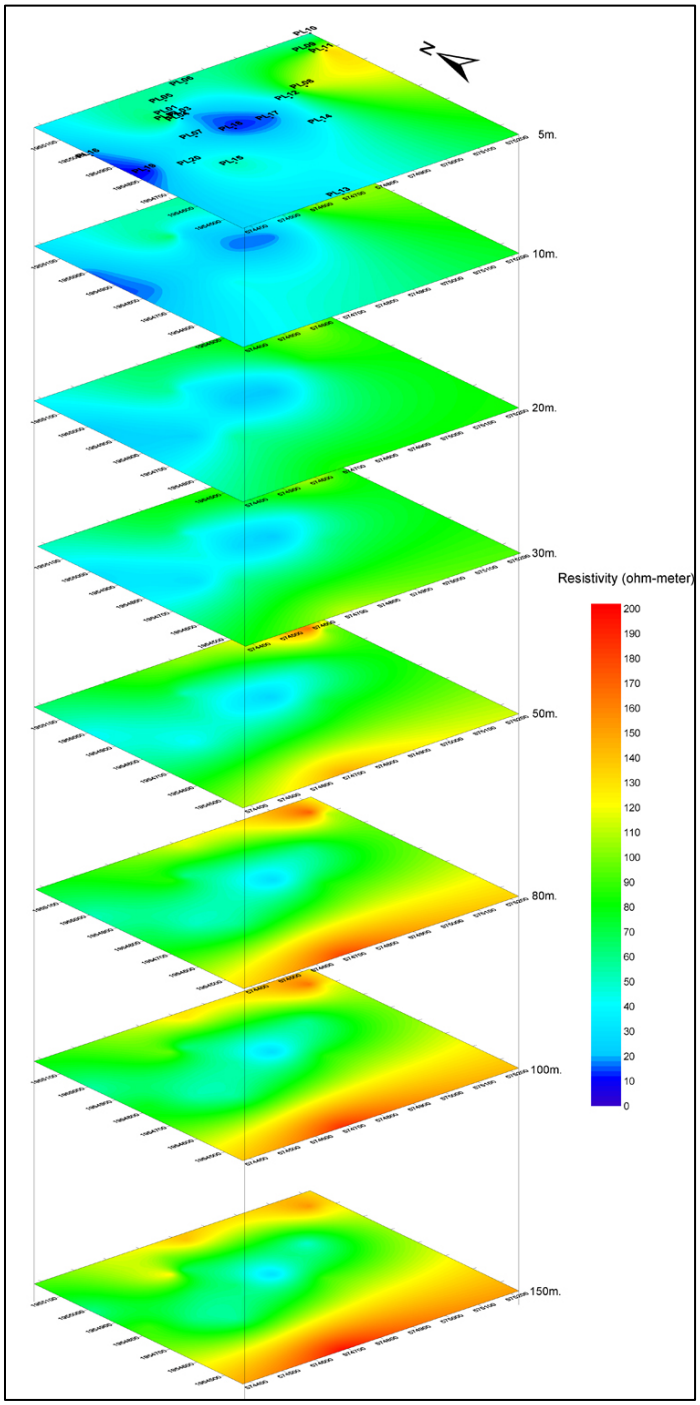


รูปที่ 4.16 จุดสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

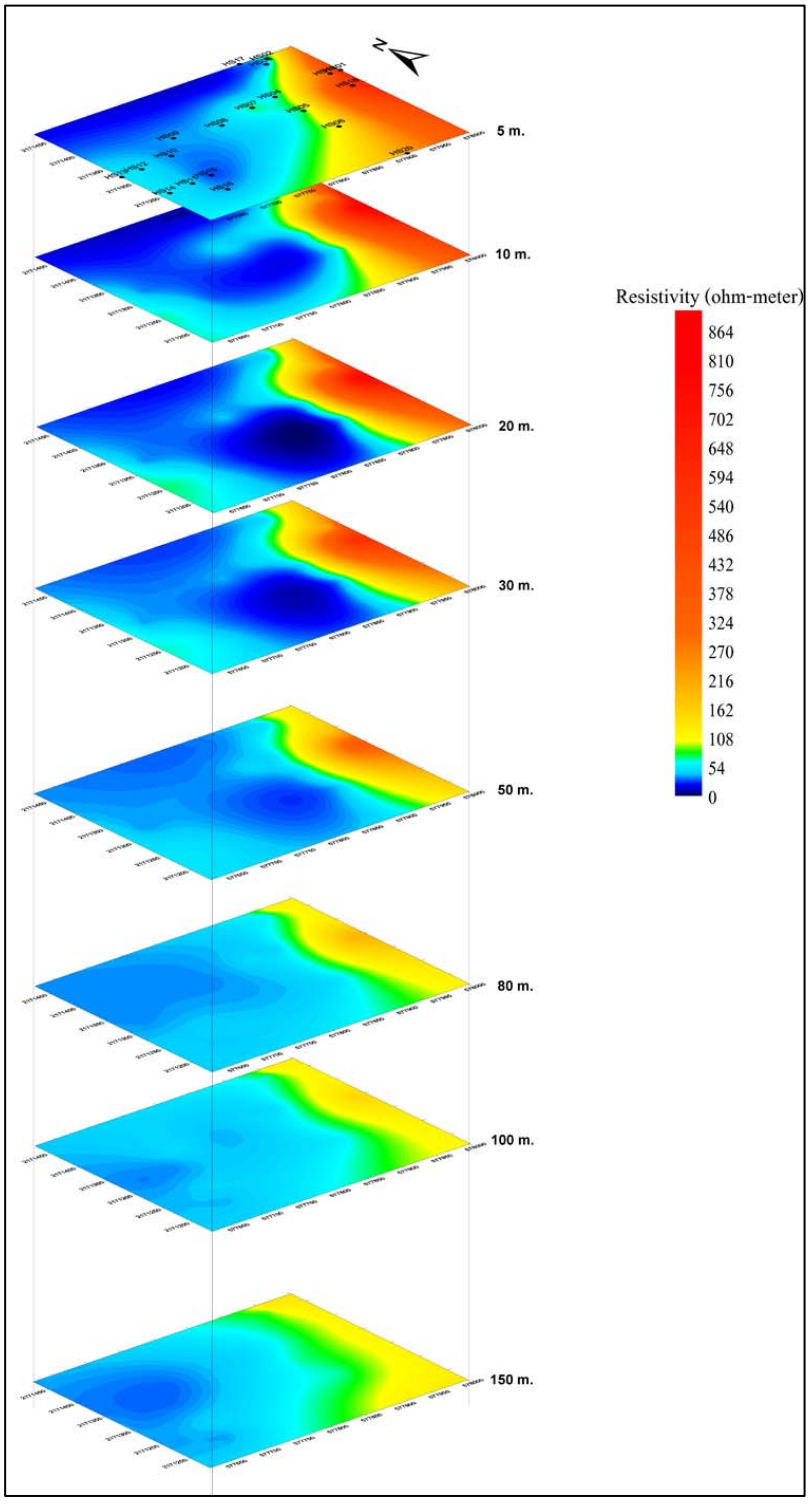
รูปที่ 4.17 การสำรวจภาคสนามด้านความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



รูปที่ 4.18 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 4.19 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย



รูปที่ 4.20 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ความลึกต่างๆ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.4 การวัดอุณหภูมิในหลุมเจาะระดับตื้น

4.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและวิธีการสำรวจภาคสนาม

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ และแปลความหมาย ประกอบด้วย

- เครื่องมือกำหนดหาตำแหน่งจากดาวเทียม (Global Positioning System) ผลิตภัณฑ์ของ GARMIN รุ่น GPSmap 76
- สว่านเจาะดินมือหมุน (Hand Auger)
- เทอร์มอมิเตอร์
- เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม Surfer®

วิธีการสำรวจภาคสนาม มีดังนี้

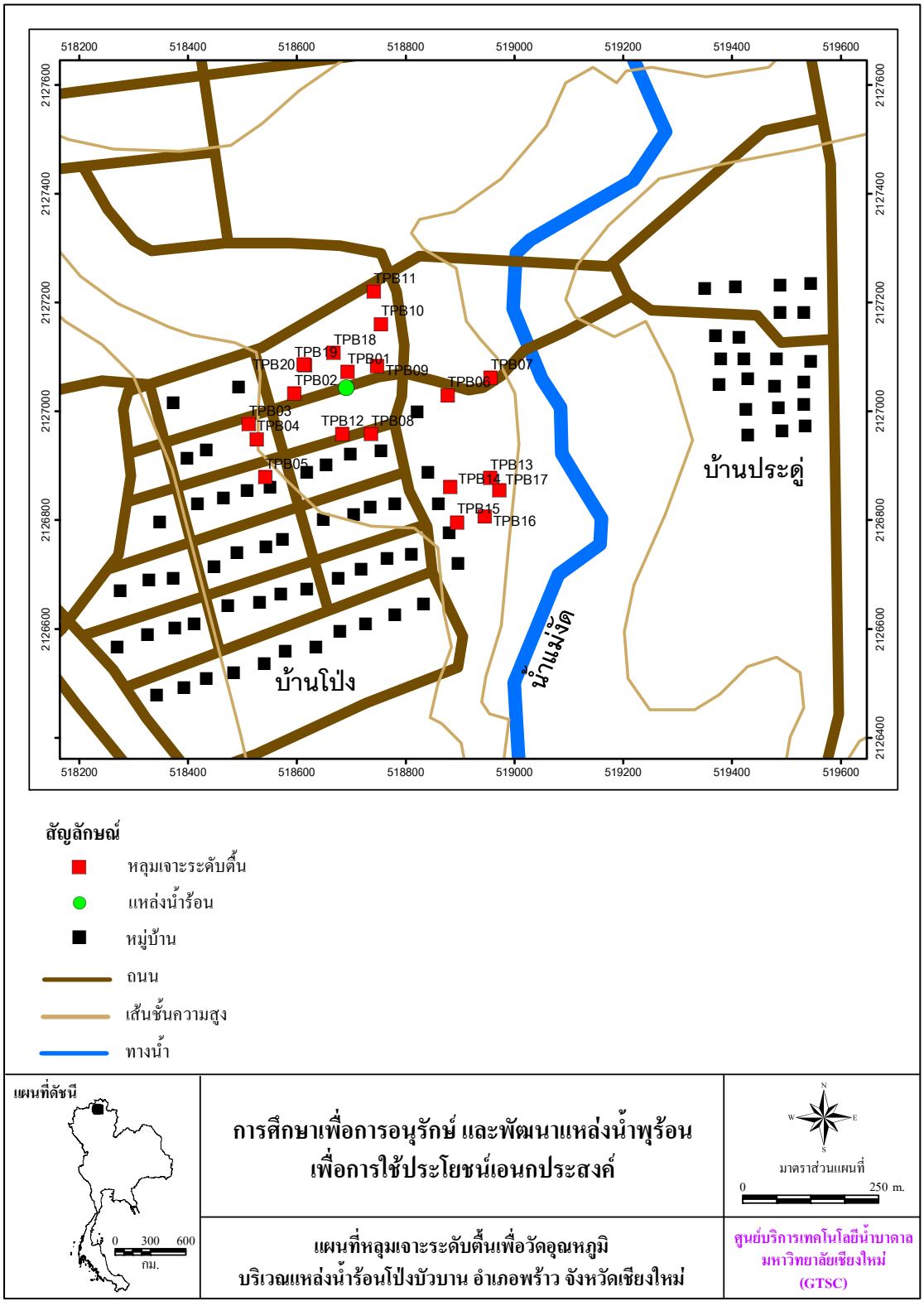
- กำหนดจุดเจาะหลุมให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด บันทึกค่าตำแหน่งพิกัดจุดเจาะไว้
- ทำการเจาะหลุม โดยใช้สว่านเจาะดินมือหมุน (Hand Auger) เจาะหลุมให้ได้ความลึกประมาณ 1 เมตร
- ใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในหลุมและบันทึกรายละเอียดไว้
- ใช้โปรแกรม Surfer® ทำการลงจุดข้อมูลอุณหภูมิกับตำแหน่งที่วัด แล้วแปลความหมาย

4.4.2 การเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง

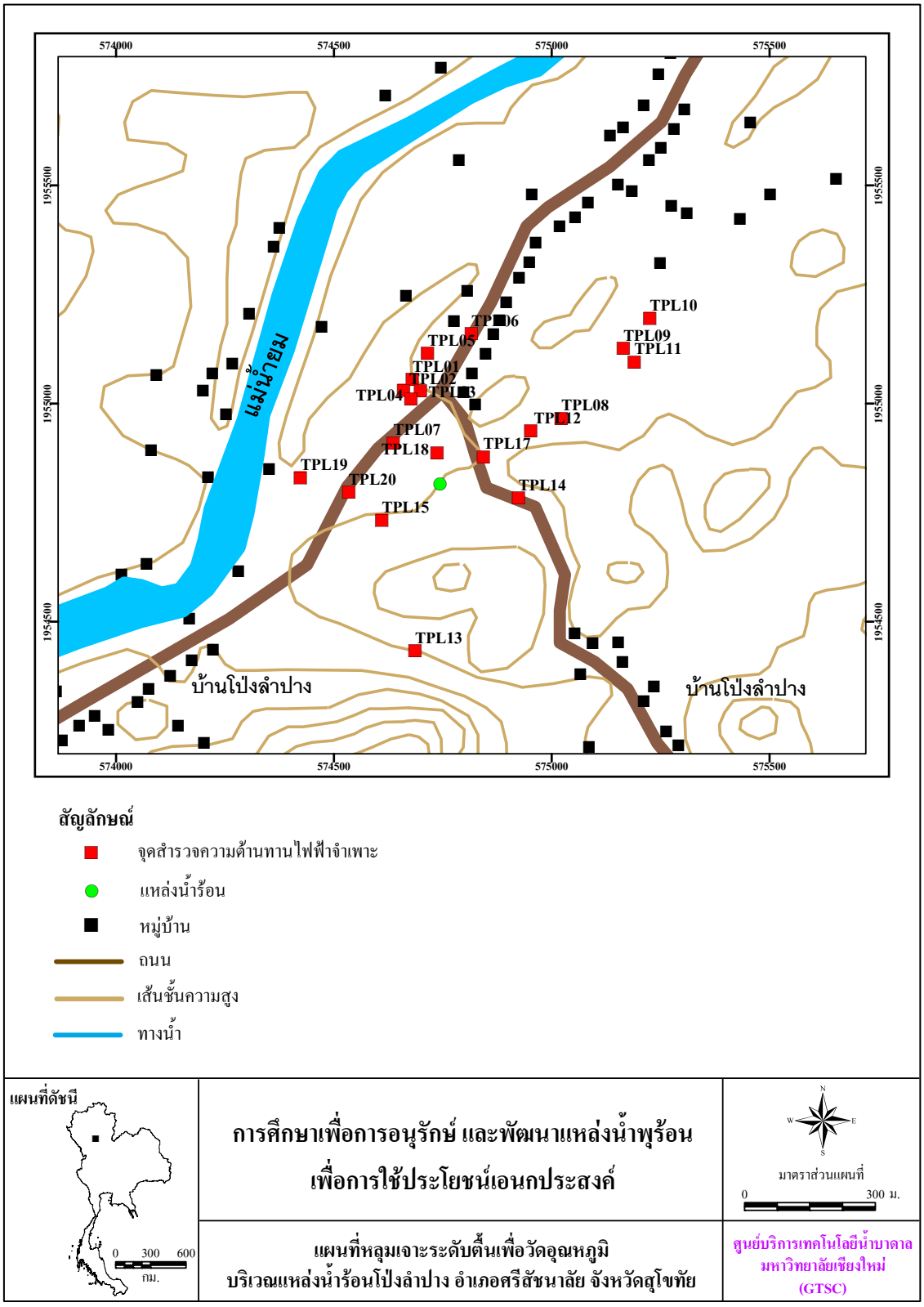
ทำการเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ ในบริเวณพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 3 แหล่ง คือ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ในแต่ละพื้นที่ จำนวน 20 หลุม ดังแสดงในรูปที่ 4.21, 4.22 และ 4.23 ซึ่งภาพการสำรวจภาคสนาม แสดงไว้ในรูปที่ 4.24

ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม ได้ถูกนำมาลงจุดและแปลความหมาย โดยการใช้โปรแกรม Surfer® เพื่อแสดงความสูง - ต่ำของอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.25 ถึงรูปที่ 4.27

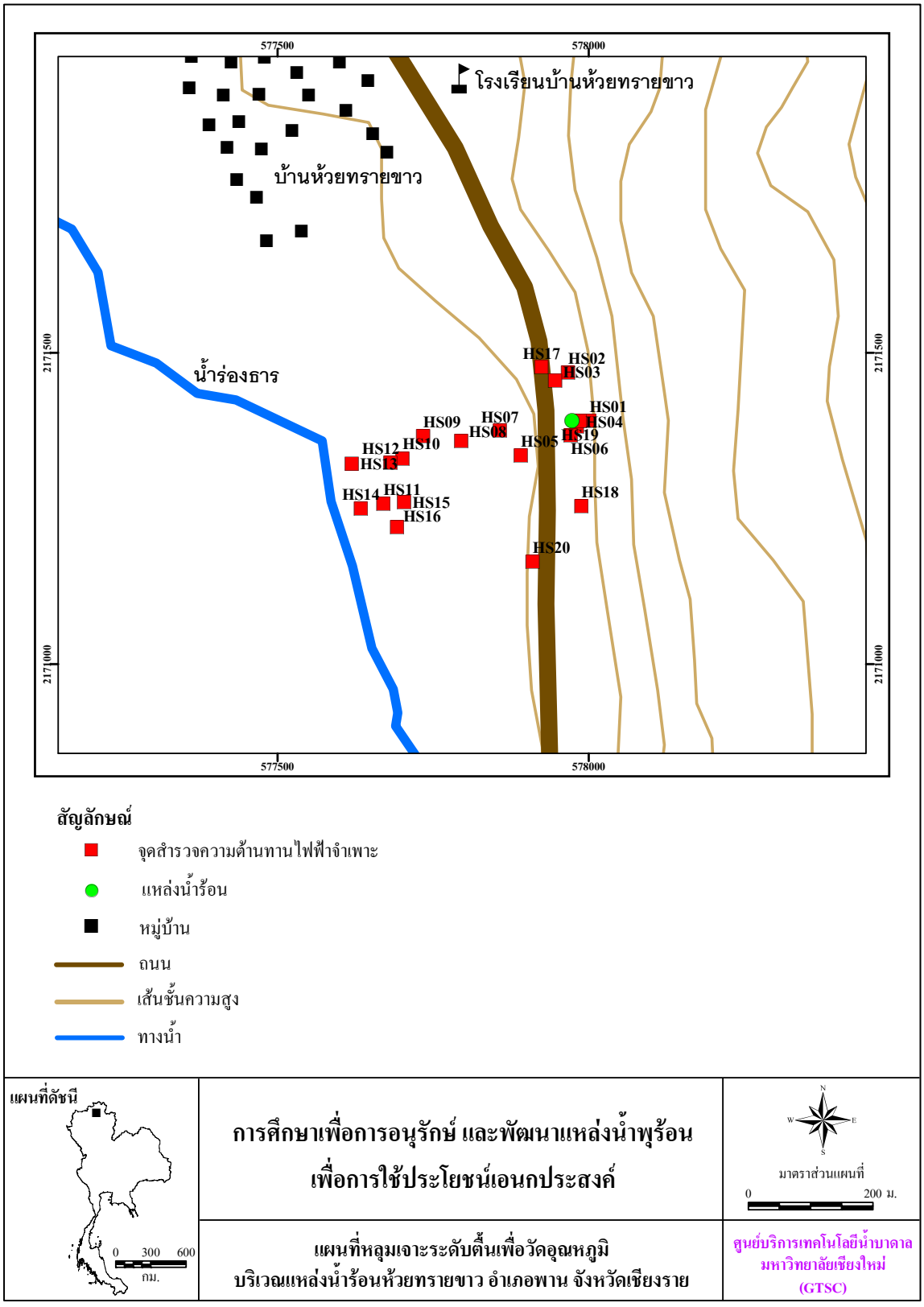
รายละเอียดของการเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ ในพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง*



รูปที่ 4.21 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

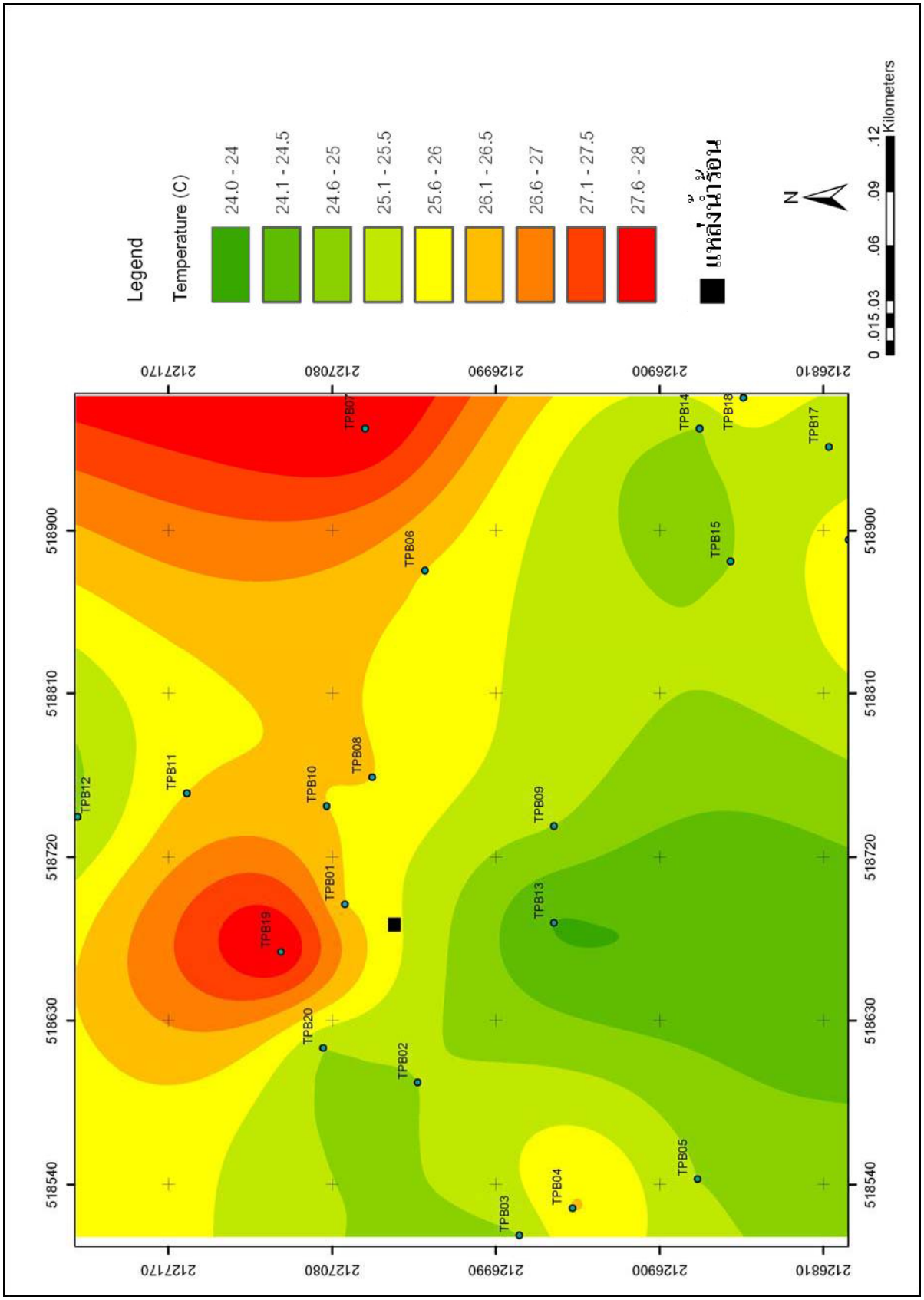


รูปที่ 4.22 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

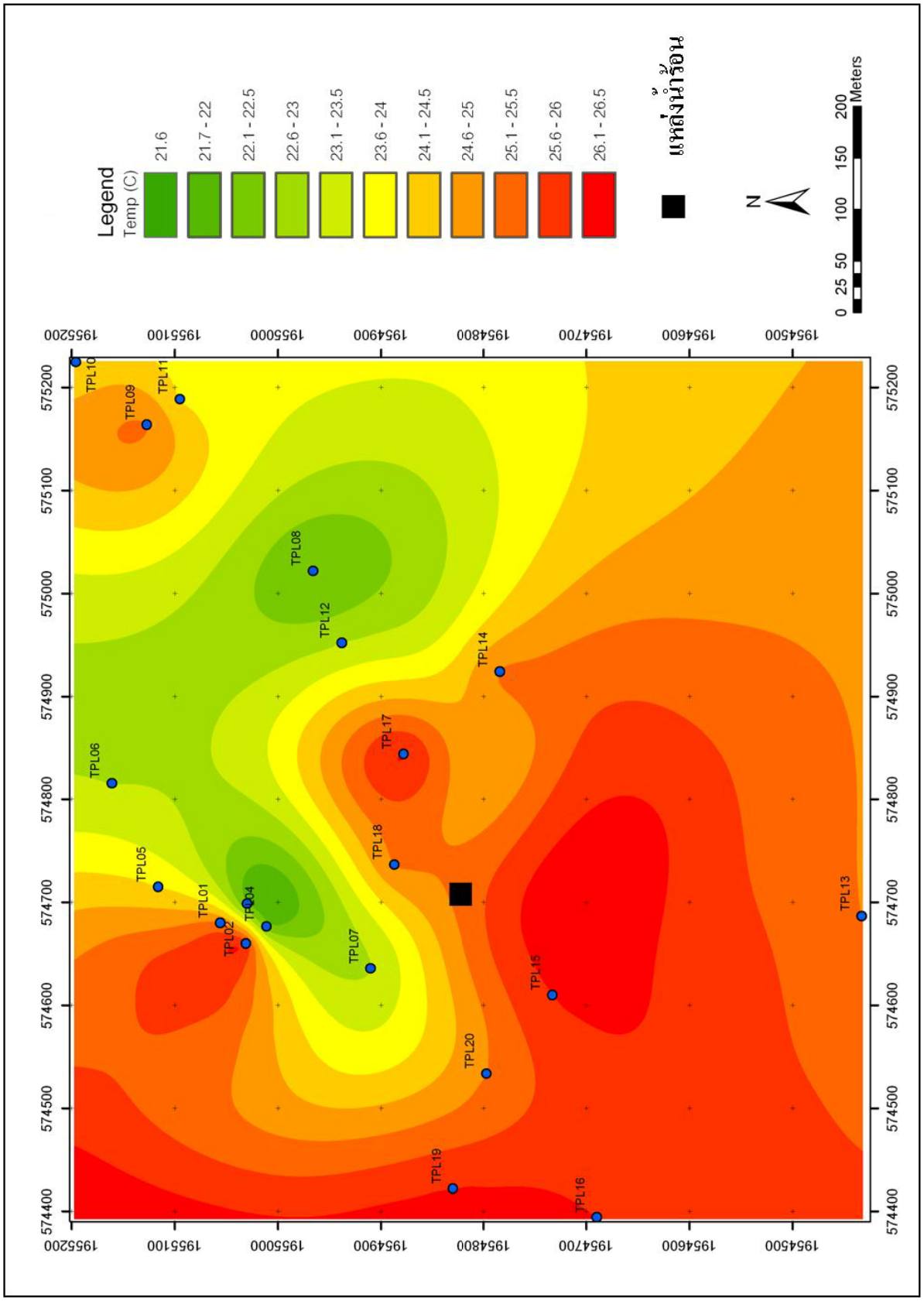


รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงจุดเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

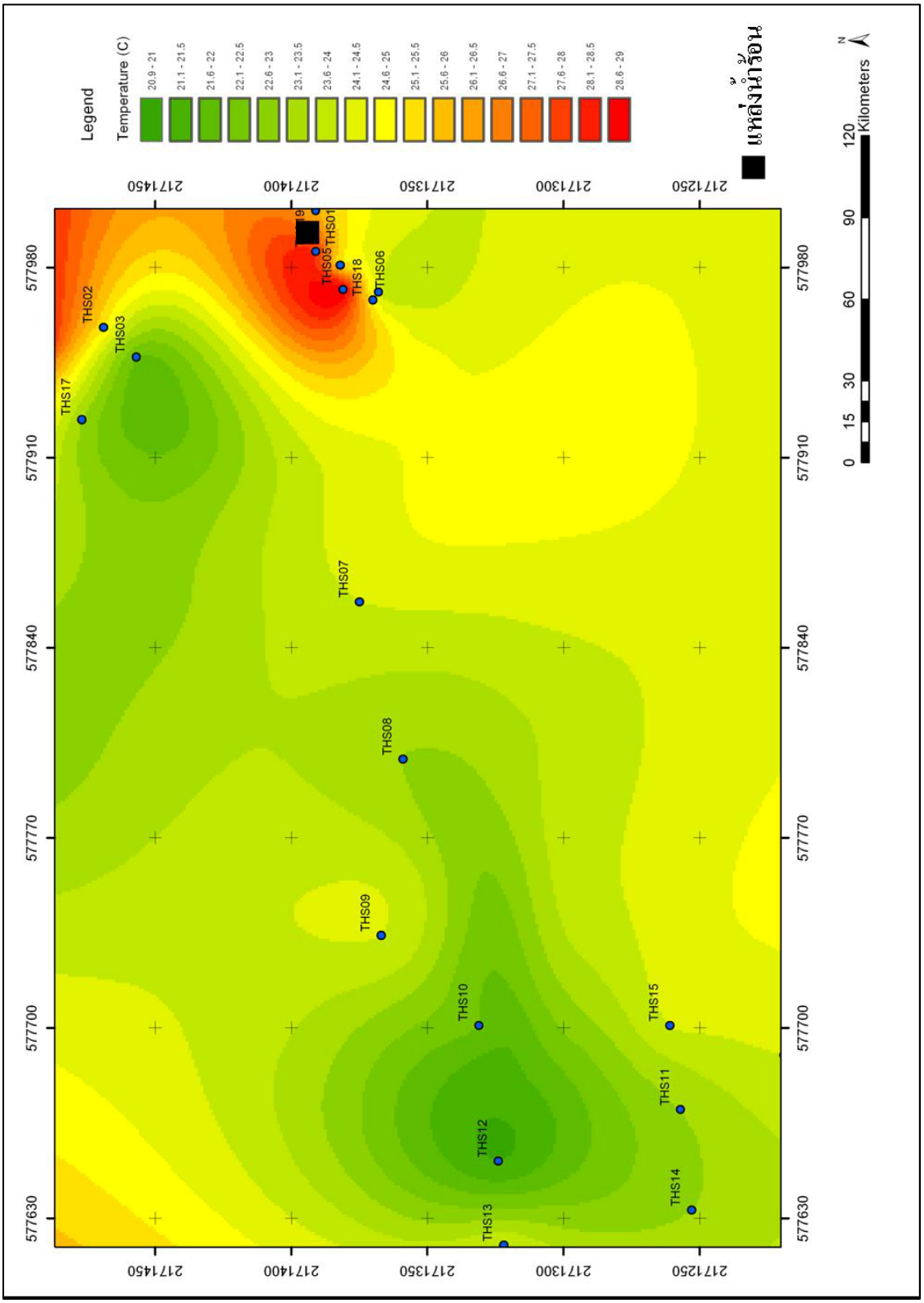
รูปที่ 4.24 การเจาะหลุมระดับตื้นเพื่อวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.25 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนไป่บ้วบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 4.26 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อน โป่งกำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย



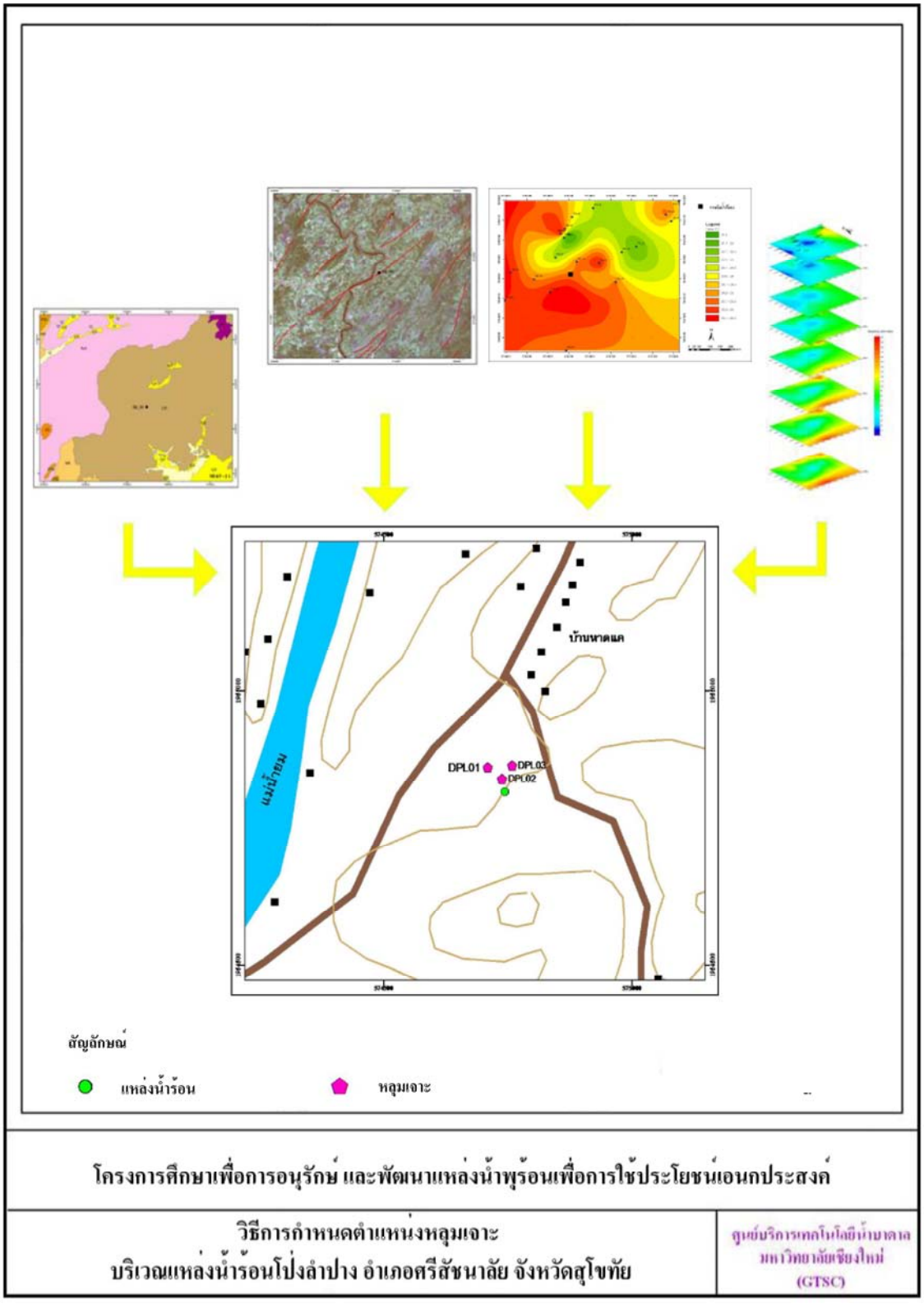
รูปที่ 4.27 การแปลความหมายข้อมูลอุณหภูมิระดับตื้น บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.5 การกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ

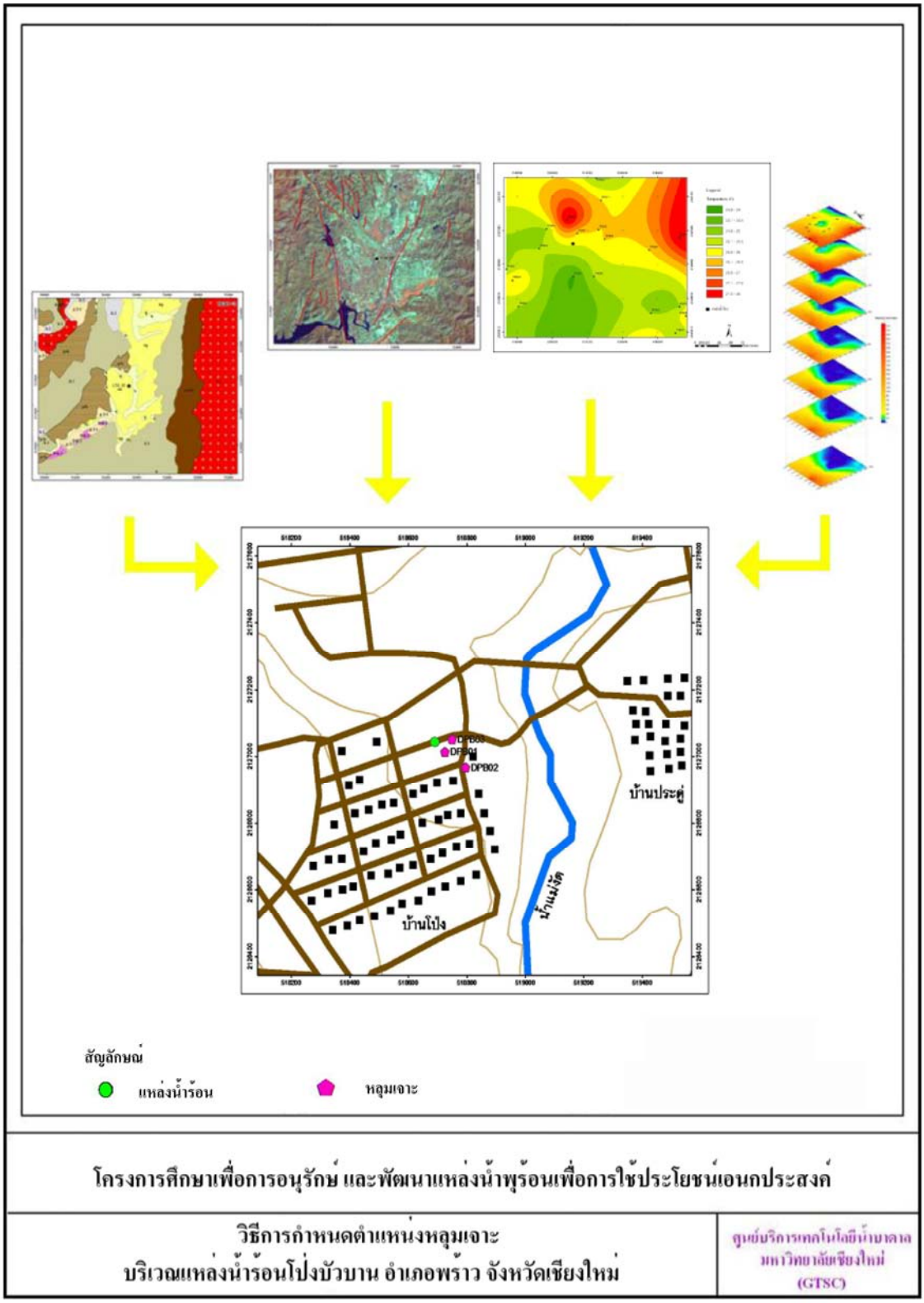
การกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ พิจารณาจากข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยา ธรณีวิทยาโครงสร้าง ธรณีฟิสิกส์ ทางด้านการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และผลการวัดอุณหภูมิระดับตื้น โดยในภาพรวม ข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยา จากพื้นที่ที่มีหน่วยหินที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดของน้ำพุร้อนได้แก่ หน่วยหินภูเขาไฟและหินแกรนิต ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง พิจารณาจากพื้นที่ที่มีโครงสร้างแนวเส้น (Linearment) พาดผ่าน ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางด้านการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ พิจารณาจากพื้นที่ที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำที่มีความลึกน้อยที่สุด สำหรับข้อมูลการวัดอุณหภูมิระดับตื้น พิจารณาจากพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งสัมพันธ์กับ Geothermal Gradient จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้มาบูรณาการเข้าด้วยกัน โดยสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงอีกอย่างหนึ่งคือ พื้นที่ที่จะทำการเจาะต้องเป็นพื้นที่สาธารณะประโยชน์ ไม่มีบุคคลใดครอบครอง ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ เพื่อสำรวจหาน้ำพุร้อนได้ ในพื้นที่แหล่งน้ำร้อนกรณีศึกษาทั้ง 3 แหล่ง โดยแต่ละพื้นที่ ได้กำหนดตำแหน่งเจาะหลุมไว้จำนวน 3 หลุมตามความเหมาะสม รายละเอียดของตำแหน่งหลุมเจาะ แสดงดังตารางที่ 4.4 วิธีการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะแสดงในรูปที่ 4.28 ถึง รูปที่ 4.30

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดตำแหน่งหลุมเจาะ

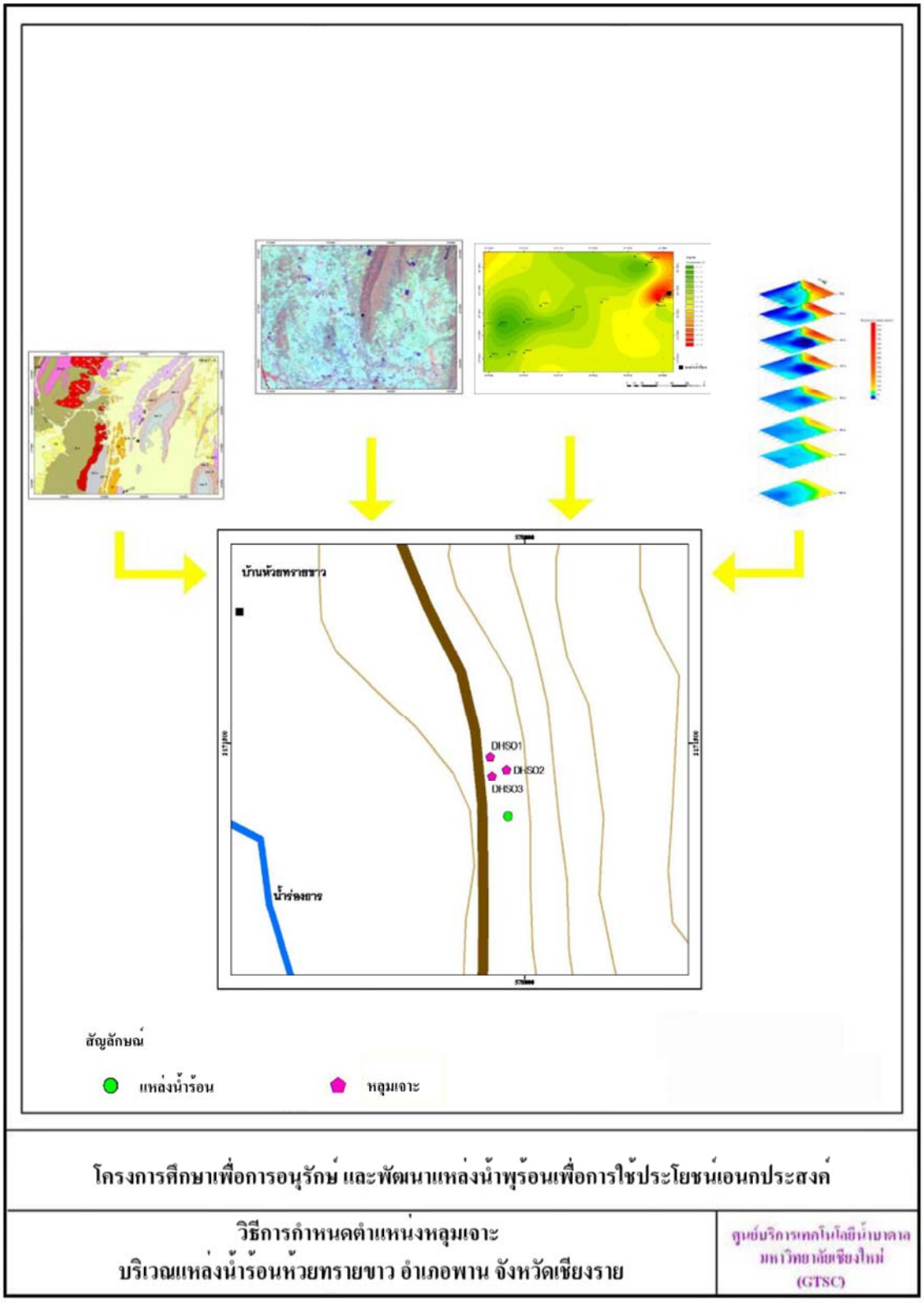
พื้นที่ศึกษา	รหัสหลุมเจาะ	พิกัด	
		ตะวันออก	ตะวันตก
แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	DPL01	574710	1954861
	DPL02	574739	1954840
	DPL03	574759	1954865
แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	DPB01	518726	2127015
	DPB02	518796	2126968
	DPB03	518750	2127052
แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	DHS01	577929	2171482
	DHS02	577956	2171462
	DHS03	577932	2171451



รูปที่ 4.28 วิธีการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย



รูปที่ 4.29 วิธีการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

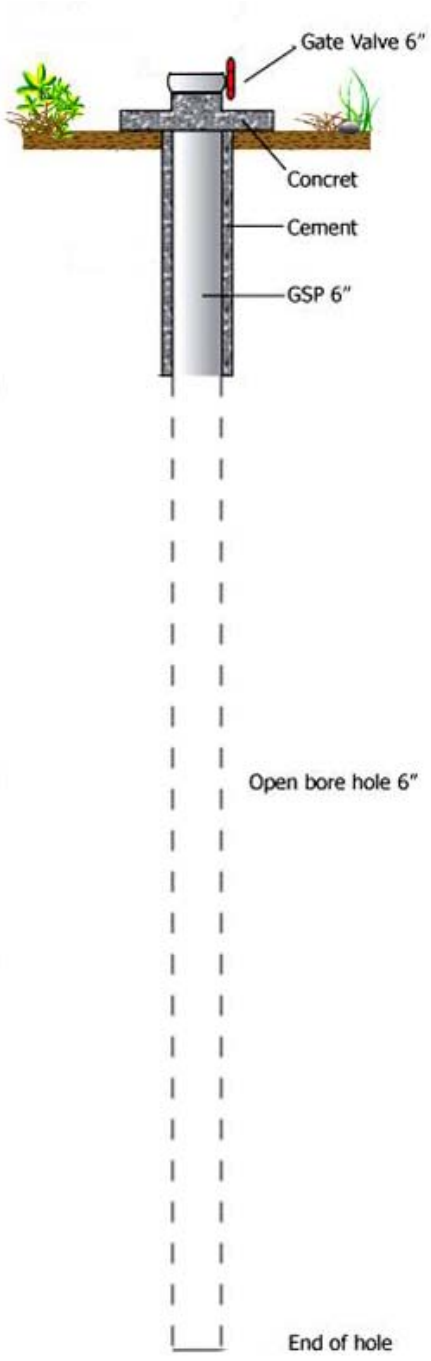


รูปที่ 4.30 วิธีการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.6 การเจาะสำรวจ

4.6.1 วิธีการเจาะและลักษณะของหลุมเจาะ

ได้ทำการเจาะแบบ Down the Hole Hammer โดยลงท่อกรุขนาด 6 นิ้ว ความลึกประมาณ 6 – 18 เมตร และอัดซีเมนต์รอบท่อกรุให้แน่นจนถึงปากหลุม ด้านบนปากหลุมได้ติดตั้งประตูน้ำ 6 นิ้ว เอาไว้จำนวน 1 ตัว รูปแบบโครงสร้างของหลุมเจาะ แสดงดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 โครงสร้างของหลุมเจาะ

4.6.2 การเจาะสำรวจบริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง

ได้ทำการเจาะสำรวจ บริเวณพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง คือ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยใช้วิธีการเจาะ และออกแบบหลุมเจาะ ตามวิธีการที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ บริเวณแหล่งน้ำร้อน โป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการเจาะสำรวจไปทั้งหมด 3 หลุม ได้แก่หลุมเจาะ DPB01, DPB02 และ DPB03 บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ได้ทำการเจาะสำรวจไปทั้งหมด 2 หลุม ได้แก่หลุมเจาะ DPL01 และหลุมเจาะ DPL02 และ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ได้ทำการเจาะสำรวจไปทั้งหมด 3 หลุม ได้แก่หลุมเจาะ DHS01, DHS02 และ DHS03

ข้อมูลความลึกของหลุมเจาะ ความลึกที่พบน้ำร้อน และอุณหภูมิของน้ำร้อน ในแต่ละหลุมเจาะ แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.5 ภาพการเจาะสำรวจ แสดงไว้ในรูปที่ 4.32 ภาพเศษหินตัวอย่าง (cutting) ที่ได้จากการเจาะ แสดงไว้ในรูปที่ 4.33

รายละเอียดของการเจาะหลุม ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การเจาะหลุมสำรวจ ในพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง*

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลของหลุมเจาะสำรวจ

พื้นที่ศึกษา	รหัสหลุมเจาะ	พิกัดหลุมเจาะ		ความลึกที่เจาะ (เมตร)	ความลึกที่พบน้ำร้อน (เมตร)	อุณหภูมิของน้ำร้อน (^{0}C)
		ตะวันออก	ตะวันตก			
แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่	DPB01	518726	2127015	41.0	33.0	56.4
	DPB02	518796	2126968	53.0 *	52.0	45.7
	DPB03	518750	2127052	47.0	26.0	44.0
แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย	DPL01	574710	1954861	26	17.0	44.5
	DPL02	574739	1954840	30	5.0	57.2
แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	DHS01	577929	2171482	30.0	18.0	44.0
	DHS02	577956	2171462	45.0	15.0	47.0
	DHS03	577932	2171451	50.0	35.0	39.2
หมายเหตุ * ไม่สามารถพัฒนาหลุมได้ เนื่องจากหัวเจาะติดอยู่ในหลุม และหลุมพัง						

รูปที่ 4.32 การเจาะหลุมสำรวจ

รูปที่ 4.33 เศษหินตัวอย่าง (cutting)

บทที่ 5
การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) ได้กล่าวถึงประโยชน์การใช้โป่งพุร้อน ไว้ว่า จากการสำรวจการใช้ประโยชน์ในแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน ในประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

- ประโยชน์ด้านนันทนาการ การท่องเที่ยว และธรรมชาติบำบัด
- ประโยชน์ด้านแหล่งน้ำแร่เพื่อการบริโภค
- ประโยชน์ด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ
- คุณค่าและความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อนในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ธรณีเคมี จุลชีววิทยา

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการใช้ประโยชน์ได้ในหลายรูปแบบ แต่การพัฒนาโป่งพุร้อน มักจะจำกัดอยู่เฉพาะแหล่งที่มีอุณหภูมิของน้ำร้อนสูงเท่านั้น เนื่องจากสามารถพัฒนาใช้งานได้เลย นอกจากนั้น การพัฒนาใช้ประโยชน์จากโป่งพุร้อน ซึ่งดำเนินงานโดยหลากหลายหน่วยงาน ทั้งของภาครัฐและเอกชน มักส่งผลกระทบต่อแหล่งธรรมชาติแหล่งนั้นๆ เนื่องจาก การบริหารจัดการ เป็นไปอย่างไม่มีระบบ รวมทั้งไม่มีมาตรฐานทางด้านวิชาการรองรับ ดังนั้น สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้จัดทำ มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน

การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ของโครงการที่ดำเนินการอยู่นี้ เน้นเฉพาะ การพัฒนาจากแหล่งน้ำพุร้อนที่มีศักยภาพต่ำ เท่านั้น โดยให้พัฒนาในแง่ของการท่องเที่ยว การใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมเกษตร และการใช้เพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่ อันจะเอื้อประโยชน์ในส่วนของการเพิ่มงาน เพิ่มมูลค่าผลผลิต และยกระดับความเป็นอยู่ของประชากรในท้องถิ่น รวมทั้งเน้นการเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอน และวิธีการในการพัฒนาน้ำพุร้อนซึ่งเป็นทรัพยากรน้ำบาดาล ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและ เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน การดำเนินงานจึงวางกรอบให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.1 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการท่องเที่ยว

แหล่งน้ำร้อนที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา สำหรับการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการท่องเที่ยว ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งในสภาพการดำเนินงานของโครงการ ได้ทำการเจาะหลุมผลิตน้ำร้อนไว้แล้ว จำนวน 3 หลุม มีรายละเอียด ดังในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

ชื่อหลุมผลิต	ความลึก (m.)	อุณหภูมิน้ำร้อน (^{0}C)	ปริมาณน้ำร้อน (m^3/h)	หมายเหตุ
DPB01	41.0	56.4	17.0	น้ำมีแรงดันสูงจากผิวดิน 1.5 เมตร
DPB02	53.0	45.7	1.0	น้ำไม่มีแรงดัน
DPB03	47.0	44.0	1.5	น้ำมีแรงดันสูงจากผิวดิน 0.1 เมตร

รูปที่ 5.1 ภาพแสดงหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

5.1.1 โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดชียงใหม่

มีแนวทางการออกแบบ โดยรักษาสภาพทางธรรมชาติให้มากที่สุด ซึ่งมีลักษณะทางสถาปัตยกรรมแบบท้องถิ่น ออกแบบวางผังพื้นที่ ให้มีความเป็นธรรมชาติ มีการทำทางเดินที่โค้งลัดเลาะไปตามสภาพแวดล้อมเดิม เชื่อมโยงแต่ละส่วนโดยใช้บ่อน้ำร้อนเป็นจุดเชื่อม และสร้างจุดเด่นให้กับโครงการ

นอกจากนี้ภายในพื้นที่โครงการจะประกอบด้วย ส่วนต้อนรับภายนอกและส่วนต้อนรับภายใน สร้างขึ้นเพื่อให้บริการนักท่องเที่ยว ส่วนสระว่ายน้ำ สร้างขึ้นเพื่อนักท่องเที่ยวที่ชอบอาบน้ำแร่กลางแจ้ง ส่วนบ่อน้ำร้อน สร้างขึ้นเพื่อให้นักท่องเที่ยวเข้าชมความสวยงามของบ่อน้ำร้อน ส่วนอาบน้ำแร่และส่วนแช่น้ำแร่ สร้างขึ้นเพื่อนักท่องเที่ยวที่ต้องการใช้น้ำแร่แบบเป็นส่วนตัว ส่วนนวดหน้าและพอกหน้า สร้างขึ้นเพื่อนักท่องเที่ยวที่ต้องการผ่อนคลาย ส่วนศาลา สร้างขึ้นเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้นั่งพักผ่อน ดังรูปที่ 5.2 ทั้งนี้งบประมาณในการปรับภูมิทัศน์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 และภาพการปรับปรุงภูมิทัศน์แสดงในรูปที่ 5.3 ถึง 5.12

ตารางที่ 5.2 งบประมาณเบื้องต้นในการปรับภูมิทัศน์

	รายการ	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ราคาต่อตารางเมตร (บาท)	ราคารวม (บาท)
	สิ่งก่อสร้างพื้นฐาน			
ก	ส่วนพื้นที่บริการ			
	พื้นที่บริการ/พื้นที่ขยะ	100	5,000.00	500,000.00
	พื้นที่ซักล้าง	20	5,000.00	100,000.00
	เครื่องสูบ/ถังน้ำ	50	8,000.00	400,000.00
	รวมข้อ ก			1,000,000.00
ข	สิ่งก่อสร้างหลัก			
	1.ส่วนต้อนรับ ภายนอก			
	ส่วนขายของที่ระลึก	100	8,000.00	800,000.00
	ลานต้อนรับ/พักคอย	200	5,000.00	1,000,000.00
	ห้องน้ำส่วนต้อนรับ	25	8,000.00	200,000.00
	ศาลเจ้า	25	8,000.00	200,000.00
	ลานหน้าศาลเจ้า	100	5,000.00	500,000.00
	2.ส่วนต้อนรับ ภายใน			
	ซุ้มทางเข้า	15	8,000.00	120,000.00
	ทางเดินเชื่อม	60	5,000.00	300,000.00
	ศาลาชมวิว	36	8,000.00	288,000.00
	3.สระว่ายน้ำ			
	สระว่ายน้ำ	100	12,000.00	1,200,000.00
	ทางเดินรอบสระว่ายน้ำ	50	5,000.00	250,000.00
	ห้องน้ำและห้องอาบน้ำ	20	8,000.00	160,000.00

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

	รายการ	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ราคาต่อตารางเมตร (บาท)	ราคารวม (บาท)
	4.บ่อน้ำร้อน			
	บ่อน้ำร้อนแบบเจาะ	40	8,000.00	320,000.00
	ทางเดินรอบ	60	8,000.00	480,000.00
	บ่อน้ำร้อนธรรมชาติ	40	8,000.00	320,000.00
	ทางเดินรอบ	60	8,000.00	480,000.00
	บ่อนั่งแช่เท้าและทางเดินรอบ	100	8,000.00	800,000.00
	ทางเดินเชื่อม	80	5,000.00	400,000.00
	5.ส่วนห้องอาบน้ำแร่			
	อาคารอาบน้ำแร่	40	8,000.00	320,000.00
	ระเบียงด้านหน้า	16	5,000.00	80,000.00
	6.ส่วนแช่น้ำแร่			
	ห้องแช่น้ำแร่ 6 ห้อง	240	8,000.00	1,920,000.00
	ระเบียงเชื่อม	70	5,000.00	350,000.00
	โถงต้อนรับ	40	10,000.00	400,000.00
	ห้องน้ำ	20	10,000.00	200,000.00
	7.ส่วนนวดตัวและพอกหน้า			
	อาคารนวดตัวและพอกหน้า 4 หลัง	60	8,000.00	480,000.00
	ระเบียงเชื่อม	60	5,000.00	300,000.00
	โถงต้อนรับ	40	5,000.00	200,000.00
	ห้องน้ำ	20	8,000.00	160,000.00
	8.ส่วนศาลา			
	ศาลาเอนกประสงค์	60	8,000.00	480,000.00
	ลานเอนกประสงค์	60	5,000.00	300,000.00
	ศาลาชมวิว	60	8,000.00	480,000.00
	รวมข้อ ข			13,488,000.00
	ราคารวมทั้งสิ้น			14,488,000.00

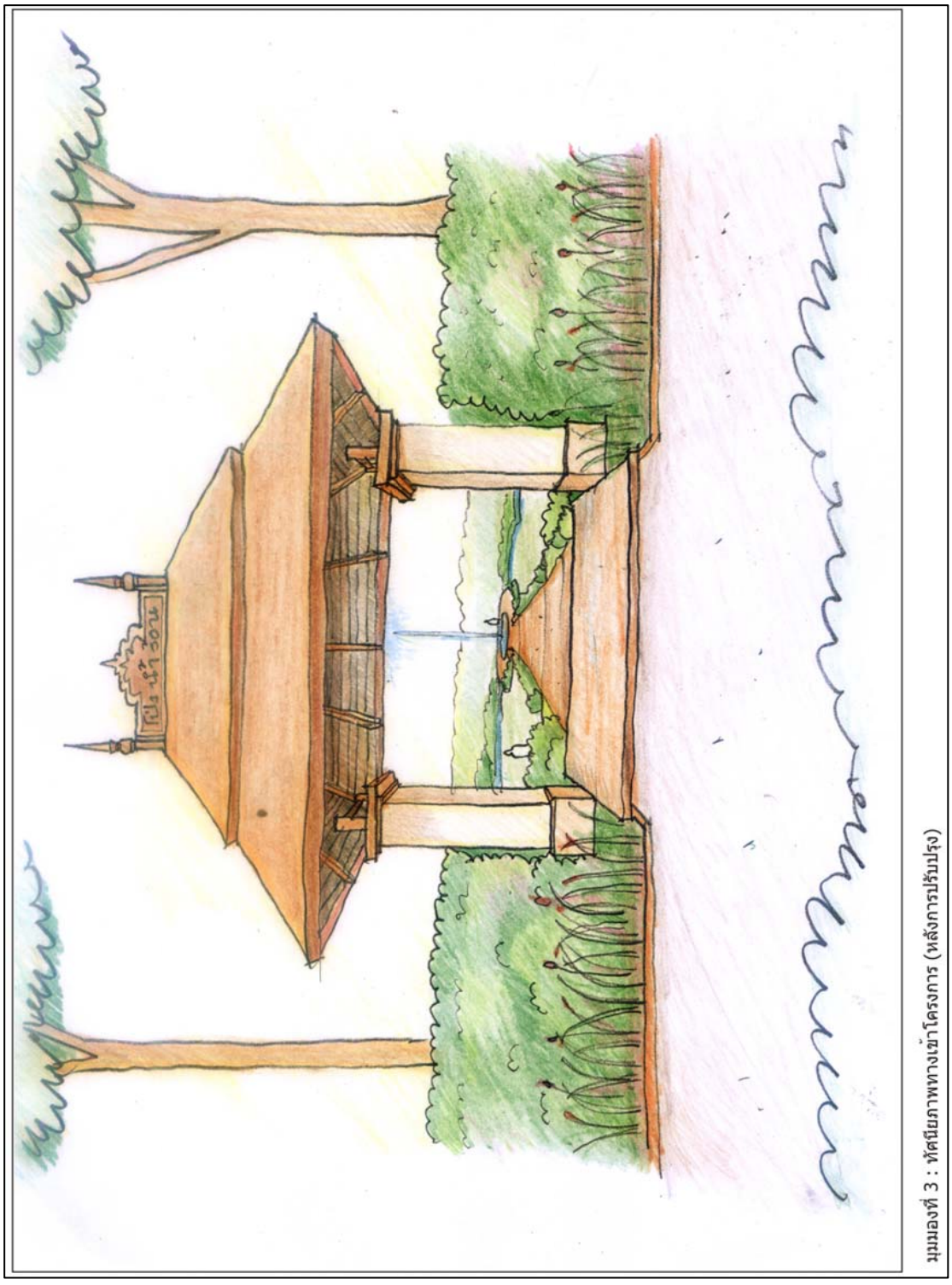
หมายเหตุ : ราคาข้างต้นไม่รวม

- สิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ
- ภูมิทัศน์
- การตกแต่งภายใน
- ระบบกรองน้ำ
- หรืออื่นๆที่ไม่ได้กล่าวถึง

รูปที่ 5.2 แผนผังการปรับปรุงภูมิทัศน์ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้านบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

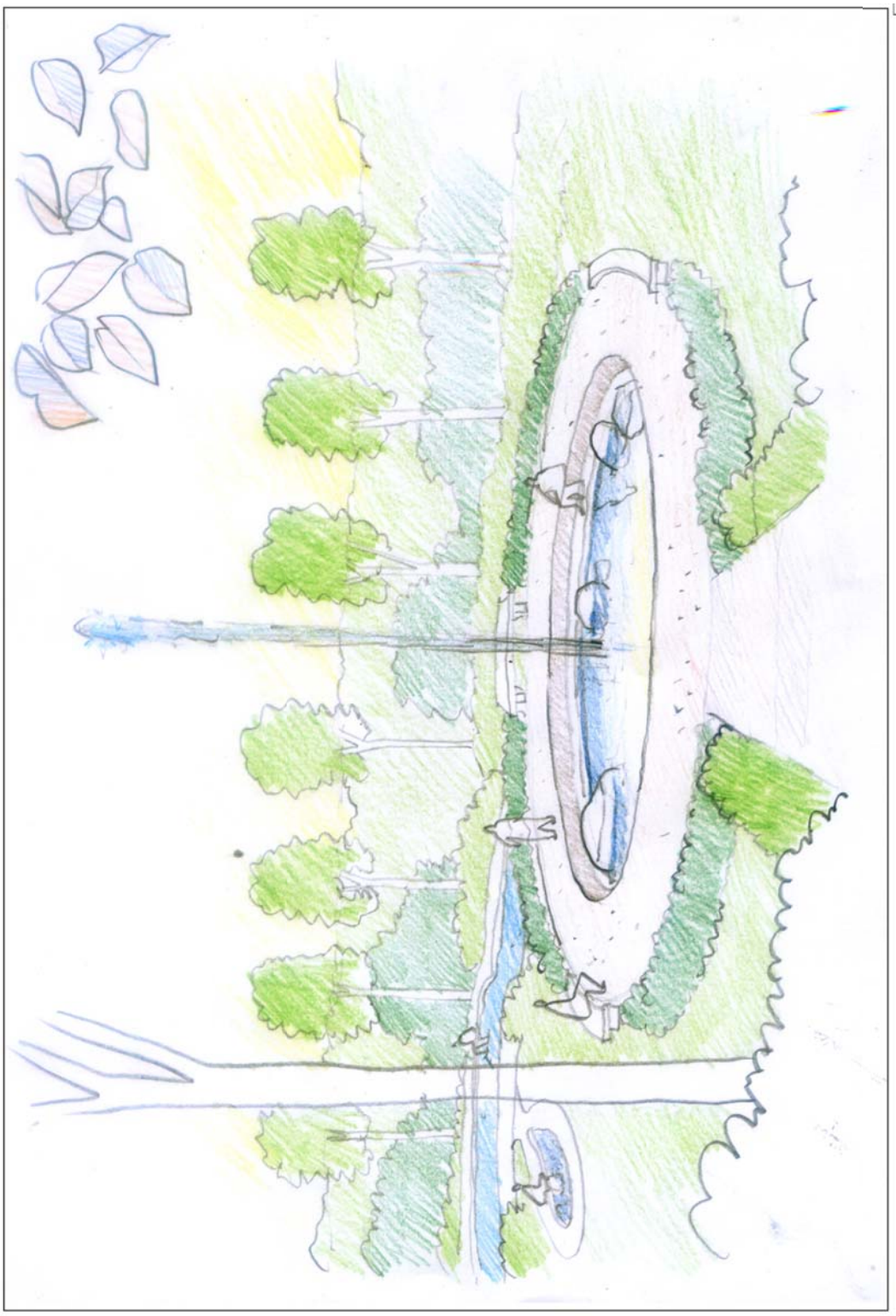
รูปที่ 5.3 การปรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 1 บริเวณถนนทางเข้า ของแหล่งน้ำร้อนไป่ป้องบ้านหนองเขียว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.4 การปรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 2 บริเวณถนนทางด้านทิศตะวันออก ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้วบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 5.5 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 3 บริเวณทางเข้าโครงการ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบ่วบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.6 การปรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 4 บริเวณพื้นที่ศาลเจ้า ของแหล่งน้ำร้อน โป่งบ้านอ้อ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

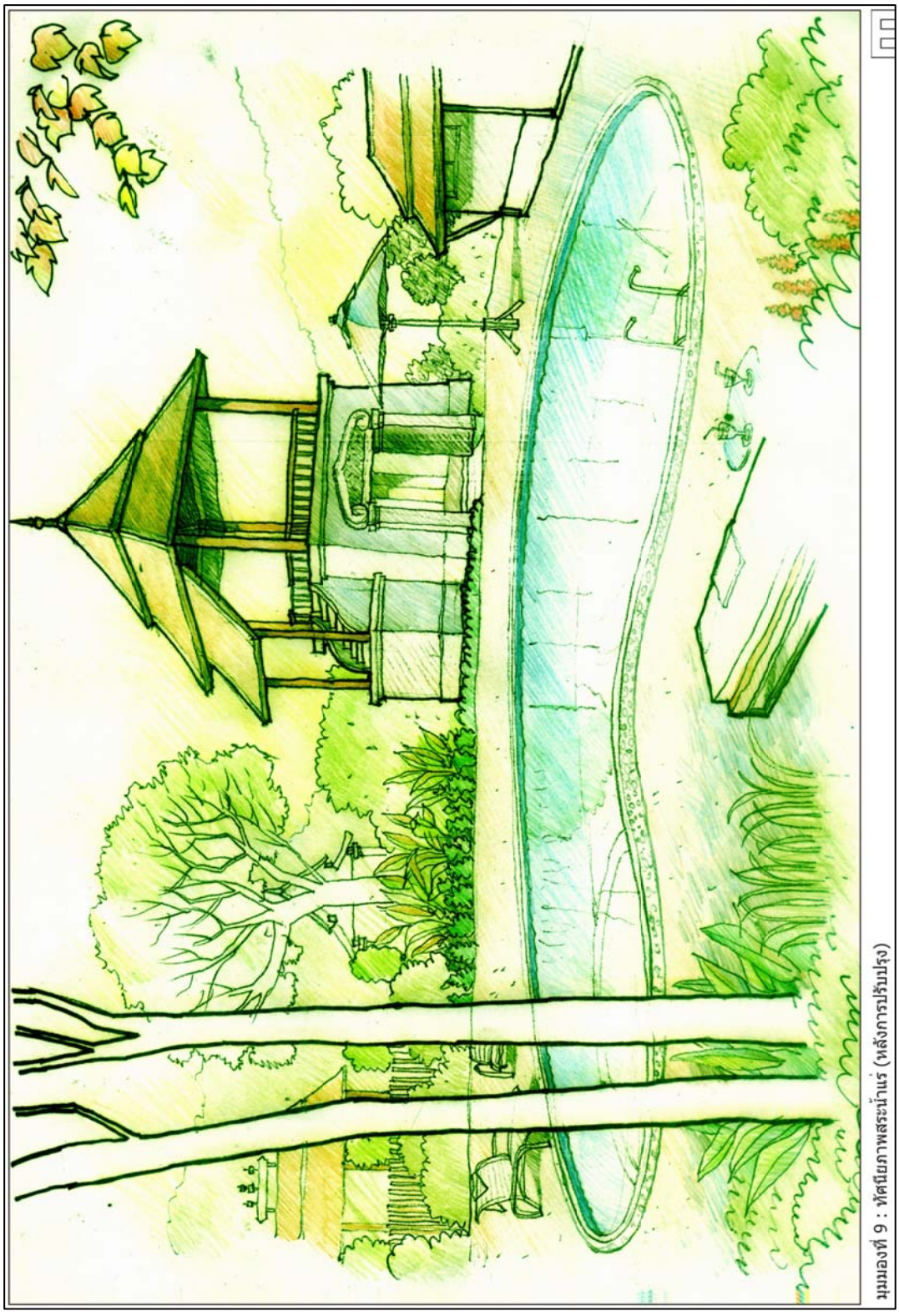


รูปที่ 5.7 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 5 บริเวณน้ำพุร้อน(ที่ทำการเจาะ) ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้านอ้อ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.8 การปรับปรุงภูมิทัศน์ ในมุมมองที่ 6 บริเวณบ่อน้ำร้อน (เกิดตามธรรมชาติ) ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้วบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.9 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 7 บริเวณห้องแช่น้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อน โป่งบวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.10 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 8 บริเวณห้องอาบน้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อน โป่งบวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 5.11 ทัศนียภาพในมุมมองที่ 9 บริเวณสระน้ำแร่ ของแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้วบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 5.12 ทัศนียภาพ ทางเข้าแหล่งน้ำร้อน บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบ้านอ่าน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

5.1.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหนียว

การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหนียว มีจุดประสงค์สำหรับใช้เป็นข้อมูลเสริมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน โดยเฉพาะเพื่อส่งเสริมการทำโคลนพอกตัว

- **วิธีการศึกษา**

ทำโดยการเก็บตัวอย่างดินและดินโคลนในพื้นที่ สามหมู่บ้านของตำบลแม่ปั๋ง ได้แก่ บ้านโป่งบัวบาน บ้านห้วยงู และบ้านประดู่ รวมทั้ง ตัวอย่างทราย จากบ้านศรีประดู่ รวมจำนวน 13 ตัวอย่าง (ตารางที่ 5.3และรูปที่ 5.13) เพื่อนำมาวิเคราะห์ หาความเป็นไปได้ของการใช้ในการพอกตัวและขัดผิว เพื่อใช้เป็นข้อมูลเสริมสำหรับการพัฒนาด้านการท่องเที่ยว โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางแร่ การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน และการวิเคราะห์จุลินทรีย์ปนเปื้อน ตามข้อกำหนดมาตรฐานในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia, 2000) และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์พอกหน้า (มผช 175/2546)

รายละเอียดของตัวอย่างดิน ได้แสดงไว้ใน*รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหนียว*

ตารางที่ 5.3 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน/ทราย

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งกริด Coordination		ลักษณะพื้นที่และลักษณะตัวอย่าง
	EAST	NORTH	
C1	521215	2124689	สวนลำใยของคุณประทุม ข้างห้วยฮ้าย เป็นดินเหนียวสีดำ มีอินทรีย์สารที่ยังสลายตัวไม่หมดปนเล็กน้อย
C2	518676	2127056	บริเวณน้ำร้อนบ้านโป่งบัวบาน เป็นดินโคลนเหนียวสีดำ มีอินทรีย์สารที่ยังสลายตัวไม่หมดปน
C3	518887	2126994	ข้างห้วยน้ำร้อนบ้านโป่งบัวบานที่ลงสู่น้ำแม่งัด เป็นดินโคลนเหนียวสีดำ มีอินทรีย์สารที่ยังสลายตัวไม่หมดปนเล็กน้อย
C4	518510	2127234	ทุ่งนาบ้านโป่งบัวบานใกล้ Quary ทางไปบ้านห้วยเกี๋ยงซาน เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาล
C5	519063	2128763	ทุ่งนาหลังโรงเรียนห้วยงู เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาลดำ
C6	519026	2128619	ทุ่งนาหลังโรงเรียนห้วยงูถัดจาก C5 ทางทิศใต้ 150 เมตร เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาลดำ
C7	518848	2129017	สวนกล้วย ซอย 5 บ้านห้วยงู เป็นดินปนทรายสีน้ำตาลอ่อน
C8	519498	2127303	บ้านลุงบุญเลิศ ข้างห้วยประดู่ บ้านประดู่เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาลดำ
C9	519601	2126720	ทุ่งนาทางทิศใต้ของโรงเรียนบ้านประดู่ บริเวณน้ำซับเป็นดินโคลนเหนียวปนทรายสีน้ำตาล
C10	519367	2126286	ทุ่งนาทางใต้ของแปลงปลูกดอกไม้ บ้านประดู่เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาล
S1	519666	2128236	ทรายข้างห้วยตะเคียน บ้านศรีประดู่เป็นดินทรายค่อนข้างร่วนสีน้ำตาล

รูปที่ 5.13 การเก็บตัวอย่างดิน/ทราย บริเวณโดยรอบแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

- **ผลการศึกษา**

บ่งชี้ว่าแร่ที่พบในตัวอย่างทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 5.4) มีแร่หลักเป็นแร่ควอร์ต แร่รองเป็นแร่ดินเหนียว ประกอบด้วย แร่ที่พบในเกือบทุกตัวอย่าง คือมอนต์มอริลโลไนต์ (พบตั้งแต่ไม่มีเลย ถึงสูงสุด 14.48 %) อิลไลต์ (พบตั้งแต่ไม่มีเลย ถึงสูงสุด 10.96 %) และเคโอลิไนต์ (พบตั้งแต่ไม่มีเลย ถึงสูงสุด 10.18 %) โดยทั่วไปแล้ว ดินโคลนที่เหมาะจะเป็นโคลนพอกที่ดี ควรจะเป็นดินที่มีแร่มอนต์มอริล-โลไนต์สูง และอาจจะมีแร่เคโอลิไนต์ปนได้ด้วย แต่แร่คลอไรต์และเวอร์มิคิวไลต์ อาจจะมีส่วนที่ทำให้เกิดสีแดง ส่วนทรายขัดที่ดีควรจะเป็นทรายที่มีแร่ควอร์ตล้วน และมีขนาดเม็ดทรายเท่าๆกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ตัวอย่างดินที่นำมาศึกษาวิเคราะห์ สามารถดัดแปลงหรือปรุงแต่งเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของโคลนพอกและทรายขัดได้

ส่วนการวิเคราะห์แบคที่เรียและเชื้อรา ตามมาตรฐานของยาสมุนไพรและเครื่องสำอางค์ ในรายการผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรอง ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 :2005 ดังแสดงในตารางที่ 5.5 พบว่ามีแบคทีเรียประเภทที่ใช้อากาศและเชื้อราทั้งยีสและโมลด์ เป็นจำนวนมากเกินมาตรฐานในทุกตัวอย่าง โดยพบเชื้อจุลินทรีย์ ที่มาจากระบบภายในของสัตว์ ซึ่งเป็นเการพบปกติในดินที่เป็นพื้นที่มีสัตว์เลี้ยงอยู่ทั่วไป ส่วนเชื้อสแทฟิลโลคอคคัส ออรีอุส (*Staphylococcus aureus*) และ ซูโด-โมแนส ออรูจิโนซา (*Pseudomonas aeruginosa*) ไม่พบ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การที่จะนำดินและโคลน มาใช้ในการทำโคลนพอก ต้องใช้วิธีนึ่งให้ความร้อน อย่างน้อย เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อโรคโดย ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์จากตัวอย่างดินที่นำมาศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.4 ผลวิเคราะห์ชนิดดินโดยการใช้เครื่องมือ X-ray Diffraction

ชื่อตัวอย่าง	มอนต์มอริลโลไนต์	คลอไรต์	เวอมิคิวไลต์	อิลไลต์	ฮาลอยไซต์	เคโอลิไนต์	ควอร์ต	K เฟลด์สปาร์	Na-Ca เฟลด์สปาร์	แคลไซต์
C1	0	0	7.21	0	0	8.65	79.33	0	0	4.81
C2	8.68	2.43	0	0	0	5.56	83.33	0	0	0
C3	4.26	0	0	0	0	7.98	87.77	0	0	0
C4	4.99	0	0	5.24	0	0	82.29	4.99	0	2.49
C5	14.48	5.79	1.54	4.63	0	6.95	63.71	2.9	0	0
C6	6.33	2.71	7.47	2.26	2.26	10.18	62.22	3.39	0	3.17
C7	8.22	3.29	0	10.96	0	3.84	65.75	4.93	0	3.01
C8	0	0	0	4.07	0	0	95.93	0	0	0
C9	6.61	6.61	0	6.39	0	3.96	74.89	0	1.54	0
C10	10.39	9.01	4.62	6.93	9.7	0	53.12	6.24	0	0
S1(0-0.3m)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
S1(0.3-0.6m)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
S1(0.6-1.0 m)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
ค่าฉลี่ย	4.92	2.30	1.60	3.11	0.92	3.62	80.64	1.73	0.12	1.04
ค่าบ่ายเบนมาตรฐาน	4.77	3.08	2.86	3.58	2.71	3.88	15.97	2.40	0.43	1.69
ค่าสูงสุด	14.48	9.01	7.47	10.96	9.70	10.18	100.0	6.24	1.54	4.81
ค่าต่ำสุด	0	0	0	0	0	0	53.12	0	0	0

ตารางที่ 5.5 ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์

ชื่อตัวอย่าง	Total aerobic bacteria	Yeast and mould	*Staphylo-coccus aureus*	*Pseudomonas aeruginosa*	Entero-bacteria
	cfu/g	cfu/g	/g sample	/g sample	/g sample
1-C1	38,600	3,000	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
2-C2	7,550,000	300	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
3-C3	1,700,000	200,000	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
4-C4	1,120,000	2,900	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
5-C5	2,810,000	3,750	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
6-C6	97,500	2,000	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
7-C7	1,700,000	2,500	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
8-C8	7,800,000	7,300	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
9-C9	38,500	12,000	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
10-C10	82,000	3,200	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
11-S1/1	10,700,000	5,700	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ
เฉลี่ย	3,057,873	22,059			
ค่าบ่ายเบนมาตรฐาน	3,800,339	59,101			
ค่าสูงสุด	10,700,000	200,000			
ค่าต่ำสุด	38,500	300			

ตารางที่ 5.6 ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์จากตัวอย่างดินที่นำมาศึกษา

ชื่อตัวอย่าง	ขนาดหลักและลักษณะการคัดขนาด	ข้อแนะนำ
C1	ทรายหยาบ และมีกรวดเล็กปนเป็นกลุ่มใหญ่ มีรองลงมาเป็นทรายละเอียด	มีภาวะเป็นกรดเนื่องจากมีสารอินทรีย์ การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวดออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำโคลนพอกได้
C2	ทรายหยาบ และมีกรวดเล็กปนเป็นกลุ่มใหญ่ มีรองลงมาเป็นทรายละเอียด มีทรายแป้งปนในปริมาณที่สูง	มีภาวะเป็นกรดเนื่องจากมีสารอินทรีย์ การใช้งานต้องร่อนแยกเอาทรายหยาบออกและต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำโคลนพอกได้
C3	ทรายหยาบ และมีกรวดเล็กปนเป็นกลุ่มใหญ่ มีรองลงมาเป็นทรายละเอียด	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวด ทรายแป้งและเคลย์ออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
C4	ทรายละเอียดเป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นทรายกลางและทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวดละทรายหยาบออกให้เหลือทรายละเอียด ทรายแป้งและเคลย์ และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำโคลนพอกได้
C5	ส่วนใหญ่เป็นทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวด ทรายแป้งและเคลย์ออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
C6	ส่วนใหญ่เป็นทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวด ทรายแป้งและเคลย์ออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
C7	ทรายละเอียดเป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวดละทรายหยาบออกให้เหลือทรายละเอียด ทรายแป้งและเคลย์ และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำโคลนพอกได้
C8	กระจายตัวในทรายขนาดต่างๆ	ใช้เป็นทรายขัด โดยการล้างให้สะอาดเอาทรายแป้งและเคลย์ออก และอบหรือต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
C9	ส่วนใหญ่เป็นทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวด ทรายแป้งและเคลย์ออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
C10	ส่วนใหญ่เป็นทรายหยาบ	การใช้งานต้องร่อนแยกเอากรวด ทรายแป้งและเคลย์ออก และต้องอบหรือต้มฆ่าเชื้อโรค จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้
S1(0-0.3m)	ส่วนใหญ่เป็นทรายกลาง รองลงมาเป็นทรายละเอียด การคัดขนาดดี	ใช้เป็นทรายขัด โดยการล้างให้สะอาดเอาทรายแป้งและเคลย์ออก และอบหรือต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้ดี
S1(0.3-0.6m)	ส่วนใหญ่เป็นทรายกลาง และทรายละเอียดการคัดขนาดดี	ใช้เป็นทรายขัด โดยการล้างให้สะอาดเอาทรายแป้งและเคลย์ออก และอบหรือต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้ดี
S1(0.6-1.0m)	ส่วนใหญ่เป็นทรายกลาง รองลงมาเป็นทรายละเอียดการคัดขนาดดีมาก	ใช้เป็นทรายขัด โดยการล้างให้สะอาดเอาทรายแป้งและเคลย์ออก และอบหรือต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จะสามารถใช้ทำทรายขัดได้ดี

5.2 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานสำหรับห้องอบแห้ง

แหล่งน้ำร้อนที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา สำหรับการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานสำหรับห้องอบแห้ง ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ซึ่งในสภาพการดำเนินงานของโครงการ ได้ทำการเจาะหลุมผลิตน้ำร้อนไว้แล้ว จำนวน 2 หลุม และจัดสร้างห้องอบแห้งจำนวน 1 ห้อง มีรายละเอียด ดังในตารางที่ 5.7 รูปที่ 5.14 และ รูปที่ 5.15

ตารางที่ 5.7 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

ชื่อหลุมผลิต	ความลึก (m.)	อุณหภูมิน้ำร้อน (^{0}C)	ปริมาณน้ำร้อน (m^3/h)	หมายเหตุ
DPL01	26	57.2	15	น้ำไม่มีแรงดัน
DPL02	30	44.5	15	น้ำไม่มีแรงดัน

รูปที่ 5.14 หลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

รูปที่ 5.15 ห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

5.2.1 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ

การคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อน ให้แก่น้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ได้ทำการศึกษาทฤษฎีทางวิศวกรรม ที่เป็นไปได้ รวมไปถึงศึกษางานวิจัยต่างๆ ทั้งจากในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ มีดังต่อไปนี้

- **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

ทฤษฎีด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มศักยภาพด้านความร้อน ของน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ ดังนี้ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Vapor compression heat pump) ตัวแปลงความร้อน (Heat transformer)

ก) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

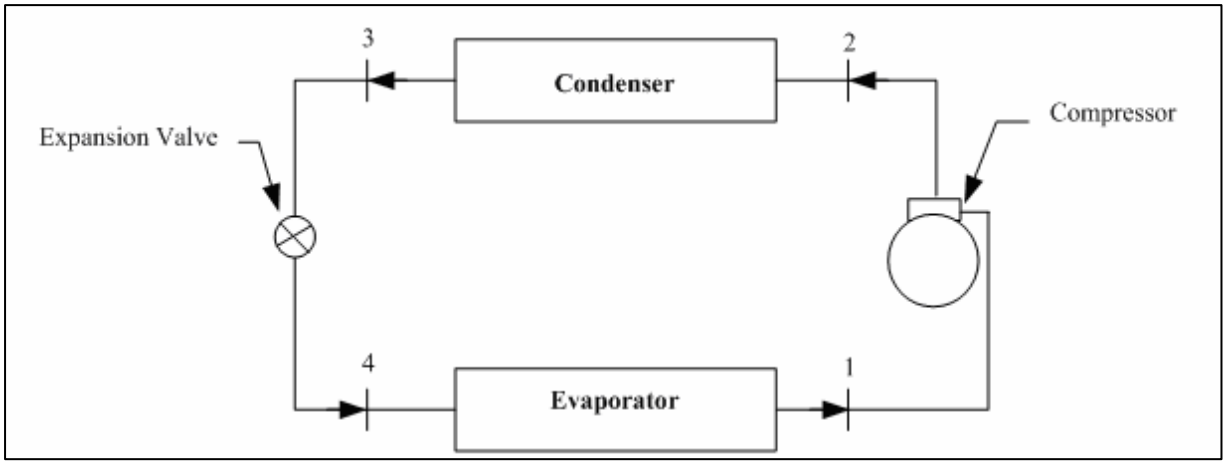
ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อน โดยอุปกรณ์ดังกล่าวถือว่ามีความสำคัญและจำเป็นในกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อน สามารถแบ่งแยกได้ตามลักษณะการใช้ ลักษณะการไหลของสารทำงาน และการสัมผัสกันของสารทำงาน

ข) ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นและระบบปั๊มความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่รับความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ ถ่ายเทให้กับสารทำความเย็น พาความร้อนที่ได้รับไปสู่แหล่งอุณหภูมิสูง ทั้งนี้โดยจะต้องป้อนงานให้แก่วัฏจักรของระบบทำความเย็นและระบบปั๊มความร้อน โดยหลักการทำงานของวัฏจักรซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ เหมือนกันมาก แต่ทั้งสองระบบนี้จะแตกต่างกันที่วัตถุประสงค์การนำไปใช้งานโดยที่ ระบบความเย็นจะมุ่งเน้นใช้ประโยชน์จากการดูดความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ ส่วนระบบปั๊มความร้อนนั้น จะมุ่งเน้นใช้ประโยชน์จากการคายความร้อนให้แก่แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงเป็นสำคัญ

ค) วัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอทางอุดมคติ (The ideal vapour compression heat pump cycle)

กระบวนการต่างๆ ของวัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอทางอุดมคติ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 4 อุปกรณ์ คือ เครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) เครื่องทำระเหย (Evaporator) และ วาล์วลดความดัน (Expansion valve) ดังแสดงในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 ส่วนประกอบของระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

จากรูปที่ 5.16 วัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอทางอุดมคติประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

กระบวนการ 1 - 2 คือ กระบวนที่สารทำความเย็นอัดแบบไอเซนทรอปิคด้วยเครื่องอัดไอให้ไอสารทำความเย็นมีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น

กระบวนการ 2 - 3 คือ กระบวนที่ไอสารทำความเย็นกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวคายความร้อนออกมา ซึ่งเกิดที่เครื่องควบแน่นเป็นกระบวนการความดันคงที่

กระบวนการ 3 - 4 คือ กระบวนการที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลวลดความดันด้วยวาล์วลดความดัน ซึ่งเป็นกระบวนการเอนธัลปีคงที่

กระบวนการ 4 - 1 คือ กระบวนการที่สารทำความเย็นสถานะเป็นของเหลวจะเดือดกลายเป็นไอจึงดูดความร้อนเข้าไปเกิดที่เครื่องทำระเหย ซึ่งเป็นกระบวนการความดันคงที่

ง) อุปกรณ์ตัวแปลงความร้อน

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มคุณภาพทางความร้อนโดยรับความร้อนจากแหล่งความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่ำและจ่ายความร้อนออกไปที่อุณหภูมิสูง ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลน้อยมากในการหมุนเวียนสารทำงาน เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนที่ได้รับจากอุปกรณ์ มีสารทำงานเป็นสารคู่ผสมโดยสารหนึ่งเป็นสารทำงานและ อีกสารหนึ่งเป็นสารดูดกลืน อุปกรณ์ของตัวแปลงความร้อนประกอบด้วย คอนเดนเซอร์ อีแวปปอเรเตอร์ เจนเนอเรเตอร์ และถังดูดกลืน

- **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในประเทศไทย ประกอบด้วยโครงการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย. (2549) และโครงการ งานพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนกลุ่มที่มีศักยภาพต่ำโดยใช้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อทำห้องอบแห้งสำหรับพืชผลทางการเกษตร. (2551) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและประทาน รักปรางค์. (2539) ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อน ทำการออกแบบสร้าง ประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและค่าใช้จ่าย

ส่วนการศึกษาของต่างประเทศ ทั้งในเรื่องของระบบการอบแห้ง และระบบปั๊มความร้อนมีจำนวนมาก อาทิ Chou et al. (1993) ศึกษาการอบแห้งผลไม้โดยปั๊มความร้อน ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างขนาดหนึ่งตันเป็นปั๊มความร้อน Clements et al. (1993) ศึกษาการอบแห้งแบบต่อเนื่องโดยใช้ปั๊มความร้อน โดยทำการเปรียบเทียบผลระหว่างการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วัสดุที่อบแห้งเป็นประเภทยาง Pendyala et al. (1990) ศึกษาการอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อนซึ่งเครื่องอบแห้งเป็นแบบขดลวดความร้อน Poduval and Srinivasa. (1992) ศึกษาสมรรถนะของระบบอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อน ประกอบกับขดลวดความร้อนอุ่นอากาศ Rossi et al. (1992) ศึกษาการอบแห้งผักโดยใช้ปั๊มความร้อน อบแห้งผักแบบถาดอยู่กับที่ Stromen and Kraner. (1994) ศึกษาการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้ปั๊มความร้อน โดยอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งสามารถปรับได้ Young et al. (1995) ศึกษาการอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อน เครื่องอบแห้งเป็นชนิดแบบถาดอยู่กับที่ Stephen. (1980) ศึกษาโดยกำหนดดัชนีที่ใช้ในการแสดงสมรรถนะการทำงานของตัวแปลงความร้อน โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้น ที่ถังดูดกลืนกับความร้อนที่ให้แก่อีแวปปอเรเตอร์และเจนเนอร์เรเตอร์ โดยให้คำนิยามใหม่ว่าเป็นอัตราส่วนความร้อน (Heat ratio) ซึ่งได้ทำการทดลองโดยใช้สารคู่ผสมระหว่าง แอมโมเนีย-น้ำ (NH_3- H_2O) Kiatsiriroat et al. (1987) ศึกษาการทำงานของตัวแปลงความร้อนแบบชั้นเดียวและสองชั้น โดยใช้สารคู่ผสมระหว่าง ลิเธียมโบรไมด์-น้ำ (LiBr-H_2O) Holland et al. (1990) ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของตัวแปลงความร้อน โดยใช้สารคู่ผสมระหว่าง ลิเธียมโบรไมด์ - น้ำ (LiBr-H_2O) ลิเธียมคลอไรด์ - น้ำ ($LiCl_2$ - H_2O) และนำลิเธียมโบรไมด์ผสมกับลิเธียมคลอไรด์ - น้ำ Best et al. (1987) ศึกษาข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในการออกแบบระบบปั๊มความร้อนแบบดูดกลืนโดยใช้สารคู่ผสมระหว่าง แอมโมเนีย - น้ำ (NH_3 - H_2O) ในระบบทำความร้อน Eisa et al. (1986) ศึกษาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของแต่ละอุปกรณ์กับสมรรถนะและอัตราการไหล โดยการออกแบบตัวแปลงความร้อนทางเทอร์โมไดนามิกส์และใช้สารคู่ผสมระหว่างลิเธียมโบรไมด์-น้ำ (LiBr-H_2O) Eisa et al. (1986) ศึกษาโดยเปลี่ยนสารคู่ผสมจาก ลิเธียมโบรไมด์ - น้ำ (LiBr - H_2O) มาเป็นแคลเซียมคลอไรด์ - น้ำ ($CaCl_2$ - H_2O)

- **ผลการศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยี**

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ ที่มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย คือ ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Heat pump system) เหตุผลที่ทำให้ Heat pump system มีความเหมาะสมมากกว่าระบบอื่นๆ มีดังนี้

- วัสดุอุปกรณ์ของ Heat pump system หาได้ง่ายในประเทศไทยและมีราคาไม่สูงมาก
- เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย
- เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยากและซับซ้อนจนเกินไป
- อุปกรณ์ภายในระบบมีจำนวนน้อยทำให้ดูแลรักษาได้ง่าย
- มีร้านซ่อมบำรุงที่สามารถซ่อมระบบได้กระจายอยู่ทั่วไปในประเทศไทย
- ง่ายต่อการประยุกต์กับน้ำพุร้อนที่มีสถานะเป็นของเหลว
- ง่ายต่อการล้างตะกรันที่มากับน้ำพุร้อนออกจากระบบ
- เป็นระบบที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

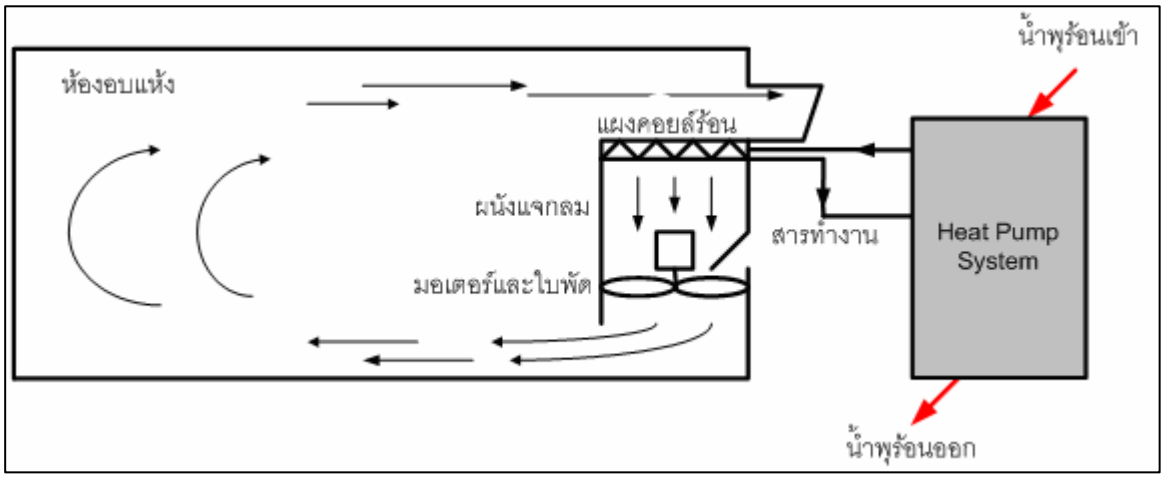
จากเหตุผลข้างต้น Heat pump system มีความเหมาะสมในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนของน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำมากกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ เนื่องจากระบบเทคโนโลยีอื่นๆ หาอุปกรณ์ภายในระบบยากและมีราคาสูง เช่น อุปกรณ์ตัวแปลงความร้อนที่หาอุปกรณ์ในระบบยากสำหรับประเทศไทย ทำให้ต้องสั่งอุปกรณ์ต่างๆ มาจากต่างประเทศและอุปกรณ์เหล่านี้มีราคาสูง อีกทั้งระบบเทคโนโลยีมีความสลับซับซ้อน ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจอย่างสูง ไม่เหมาะสำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปยังแหล่งน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำของประเทศไทย ในด้านเศรษฐศาสตร์ Heat pump system มีการลงทุนและค่าดูแลรักษาระบบต่ำกว่าระบบเทคโนโลยีอื่นๆ ทำให้ Heat pump system มีความเหมาะสมต่อการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อน ของน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำของประเทศไทยมากที่สุด

การนำน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำมาใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม สำหรับห้องอบแห้งพืชผลทางการเกษตร เป็นอีกแนวทางหนึ่งของการพัฒนาด้านพลังงานทดแทน โดยอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมมาเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อน (Thermal efficeincy) ให้แก่น้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว คือ การใช้ Heat pump system มาเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนหรือ geothermal heat pump โดยเรียกห้องอบแห้งที่ใช้ระบบดังกล่าวว่า ห้องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

ห้องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5.17 และมีขั้นตอนการทำงานเริ่มจาก น้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบทำความร้อนแบบปั๊มความร้อน เพื่อถ่ายเทความร้อนให้แก่ระบบ และทำให้สารทำงานในระบบปั๊มความร้อนระเหยกลายเป็นไอ ไอสารทำงานดังกล่าวจะถูกเพิ่มความดันโดยคอมเพรสเซอร์และวิ่งต่อไปยังแผงคอยล์ร้อนภายในห้องอบแห้ง อากาศภายในห้องอบแห้งจะถูกดูดมายัง

แผงคอยล์ร้อนโดยใบพัด และอากาศดังกล่าวจะร้อนขึ้น สามารถนำไปใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร

Geothermal heat pump สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้แก่อากาศภายในห้องอบแห้งได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส โดยคิดจากอุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่เข้าสู่ระบบ ตัวอย่างเช่น น้ำพุร้อนเข้าสู่ Geothermal heat pump ที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียสจะสามารถทำให้อากาศภายในห้องอบแห้งมีอุณหภูมิได้ประมาณ 70 องศาเซลเซียส แต่ในการใช้งานห้องอบแห้ง บางครั้งต้องการอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งมากกว่านั้น ดังนั้นการออกแบบระบบ Geothermal heat pump เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงใช้ระบบทำงานแบบ 2 Stage ซึ่งสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้มากกว่าแบบ 1 Stage ประมาณ 30 องศาเซลเซียสโดยเรียกระบบการทำงานดังกล่าวว่า 2 Stage Geothermal heat pump ทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการ



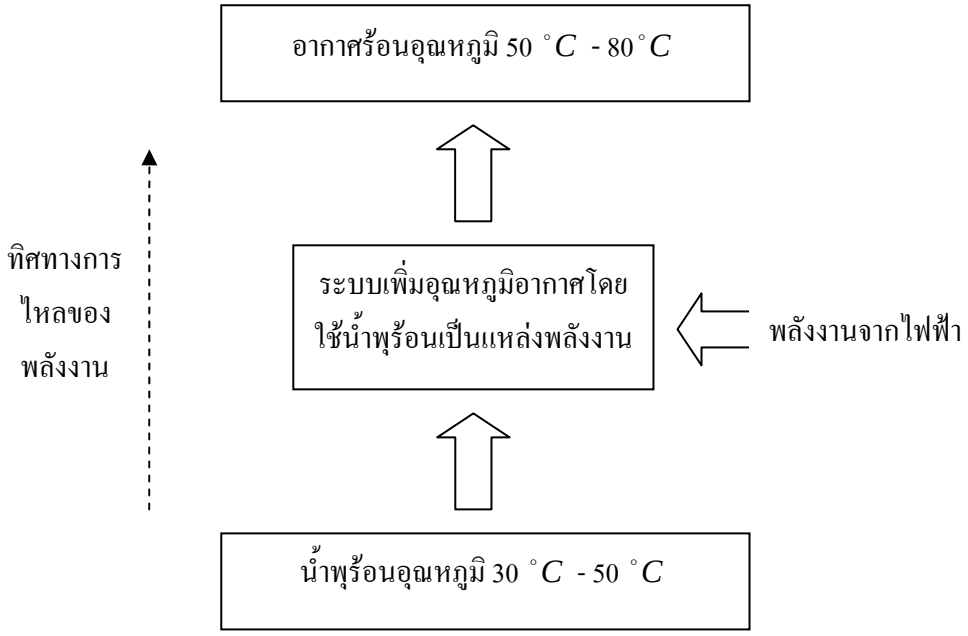
รูปที่ 5.17 ห้องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

5.2.2 การออกแบบ และพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งประสิทธิภาพสูง

- **ระบบ** 2 Stage Geothermal heat pump

ผลการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มอุณหภูมิอากาศ โดยใช้น้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงาน คือ การนำเทคโนโลยีปั๊มความร้อนมาใช้งาน โดยการประยุกต์เทคโนโลยีดังกล่าวร่วมกับพลังงานความร้อนใต้พิภพ (น้ำพุร้อน) เรียกว่า ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ หลากหลายชนิด ทั้งนี้ระบบเพิ่มอุณหภูมิอากาศ ต้องสามารถปรับอุณหภูมิอากาศให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการได้ โดยอุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งอยู่ระหว่าง 50 องศาเซลเซียส - 80 องศาเซลเซียส และปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบต้องไม่น้อยกว่า 10 กิโลวัตต์

ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ทำให้พลังงานไหลจากแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ (น้ำพุร้อน) ไปยังแหล่งอุณหภูมิสูง (อากาศร้อน) ได้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามาเป็นตัวขับ ดังรูปที่ 5.18



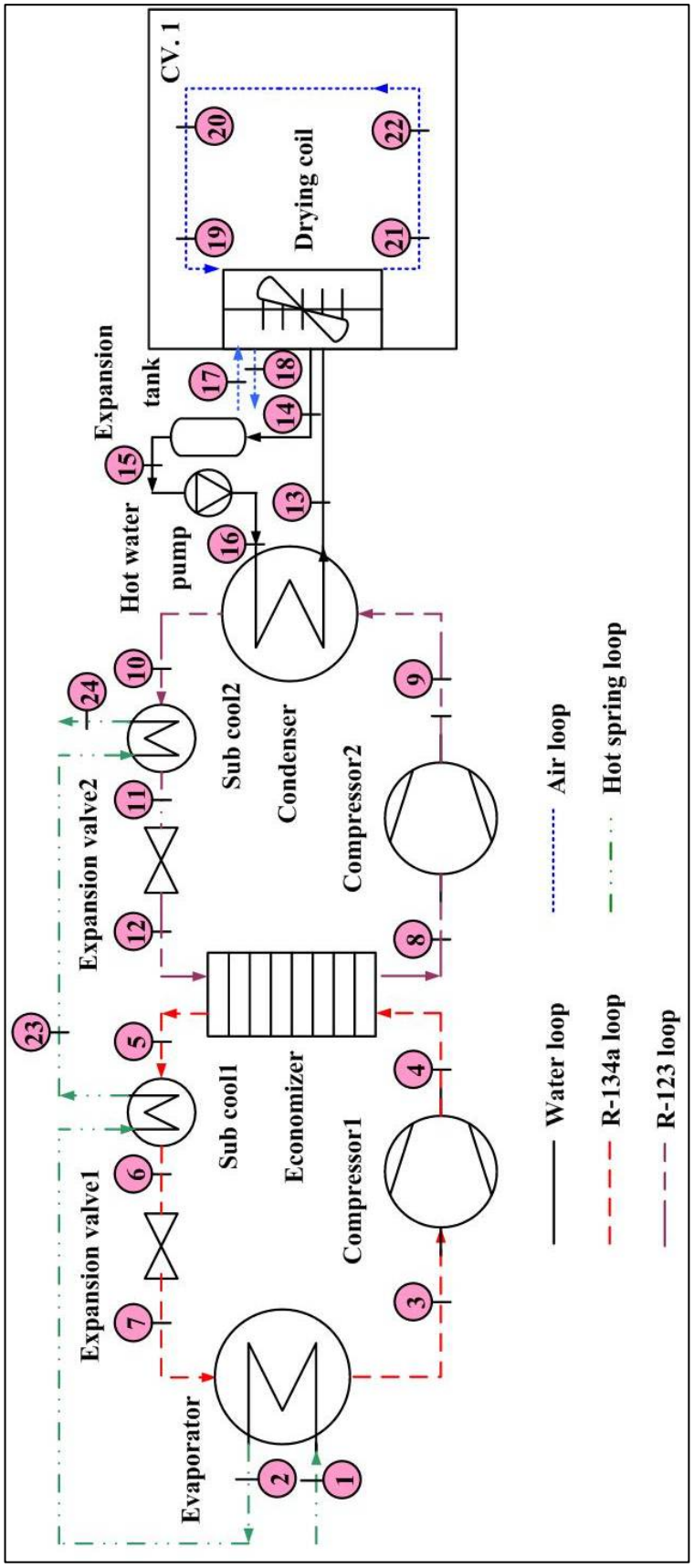
รูปที่ 5.18 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน ของระบบเพิ่มอุณหภูมิอากาศ โดยใช้น้ำพุร้อนเป็นแหล่งพลังงาน

การออกแบบระบบ 2 Stage Geothermal heat pump โดยใช้แหล่งพลังงานหลักจากน้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำ คือ ขั้นตอนแรกในการดำเนินงาน จากนั้นนำผลการออกแบบดังกล่าวไปคัดเลือกและสร้างอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป

- **การออกแบบระบบ** 2 Stage Geothermal heat pump

การออกแบบระบบ 2 Stage Geothermal heat pump แบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อย ประกอบไปด้วยระบบปั๊มความร้อนและระบบจ่ายน้ำร้อน โดยระบบ 2 State Geothermal heat pump มีวงจรการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5.19

รายละเอียดของการออกแบบและการทดสอบห้องอบแห้ง ได้แสดงไว้ใน *รายงานด้านเทคนิค หัวข้อเรื่อง การออกแบบ พัฒนา และทดสอบต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งประสิทธิภาพสูง*



รูปที่ 5.19 Single line diagram ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump

- **ระบบนำน้ำพุร้อน**

ระบบนำน้ำพุร้อน คือ ระบบลำเลียงน้ำพุร้อนจากหลุมเจาะมายังโรงเรือน และรักษาความร้อนของน้ำพุร้อนให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด โดยระบบมีการวางท่อน้ำร้อนไว้ใต้ดินเพื่อความสวยงาม รักษาความสวยงามของภูมิทัศน์โดยรอบ ดังนั้นระบบท่อนำน้ำพุร้อนจึงอยู่ใต้ดิน รายละเอียดระบบนำน้ำพุร้อนมีดังต่อไปนี้

ก) คุณลักษณะและขีดความสามารถของน้ำพุร้อน

1.ปากหลุมเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว โดยน้ำพุร้อนไม่มีแรงดันตามธรรมชาติ (ไม่พุ่งขึ้นสู่บรรยากาศในแนวดิ่ง)

2.อุณหภูมิน้ำพุร้อนประมาณ 45 องศาเซลเซียส (จากตาน้ำพุร้อนใต้ดิน)

ข) รายละเอียดการออกแบบ

1.ใช้ปั๊มน้ำร้อนที่มีการไหลประมาณ 3.3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และทนอุณหภูมิน้ำร้อนได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส

2.ท่อนำน้ำร้อนด้านดูด (Suction) ของระบบนำน้ำพุร้อนมีความยาวประมาณ 5 เมตร (ลึกลงไปใต้ดินจากปากหลุมน้ำพุร้อน) ส่วนท่อนำน้ำร้อนด้านส่ง (Discharge) ของ ระบบนำน้ำพุร้อนมีความยาวประมาณ 5 เมตร (จากปากหลุมน้ำพุร้อน) วัสดุที่ใช้เป็นท่อเหล็กดำเชื่อมมีตะเข็บ และมีฉนวนใยแก้วหุ้มรอบท่อนำน้ำร้อนป้องกันความร้อนสูญเสียออกจากท่อนำน้ำพุร้อน ท่อนำน้ำพุร้อนที่หุ้มฉนวนใยแก้วฝังบรรจุในท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ป้องกันน้ำจากภายนอกสัมผัสท่อนำน้ำพุร้อน

3.มีวาล์วควบคุมทิศทางการไหลของน้ำพุร้อนก่อนเข้าห้องอบแห้งและมีฐานรองรับปั๊มน้ำร้อนสร้างจากคอนกรีตเสริมเหล็ก

- **ห้องอบแห้ง**

ห้องอบแห้ง คือ ส่วนที่ใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร มีโรงเรือนปกคลุมตัวห้องอบแห้ง โดยรายละเอียดห้องอบแห้งมีดังต่อไปนี้

ก) คุณลักษณะและขีดความสามารถของห้องอบแห้ง

1. ขนาดความจุภายในห้องอบแห้งประมาณ 2 ตัน

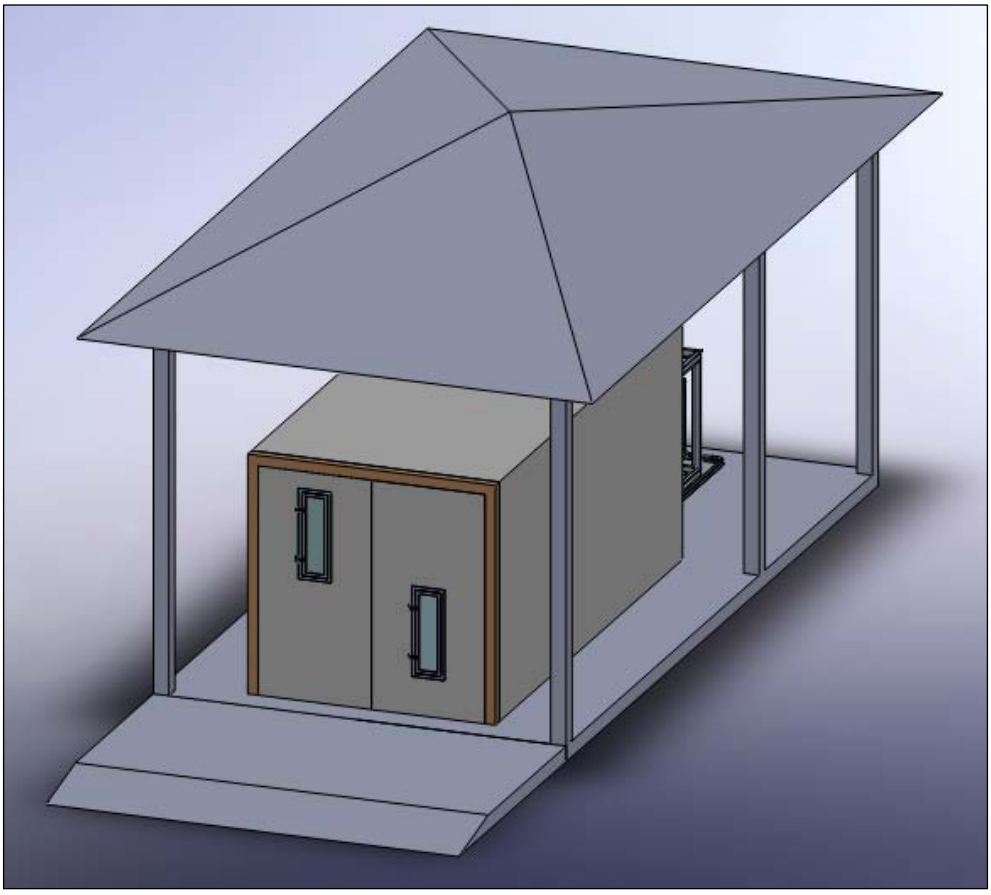
2. ขนาดห้องอบแห้ง 2.40 เมตร x 4.80 เมตร x 2.30 เมตร

3. เพดานและผนัง ของห้องอบแห้งเป็นฉนวนสำเร็จรูป

ข) รายละเอียดห้องอบแห้ง

1. โรงเรือนที่ใช้ในการติดตั้งห้องอบแห้ง มีเสาอาคารและพื้น ทำด้วย คสล. หลังคาใช้กระเบื้องล่อนและโครงหลังคาทำจากเหล็กกล่อง แสดงดังรูปที่ 5.20

2. พื้นห้องอบแห้งเป็น ค.ส.ล ผนัง 4 ด้านและเพดานทำด้วยแผ่นโพลีสไตรีนผิวหน้าทั้งสองด้านของแผ่นฉนวน จะมีแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเคลือบขาว อัดติดกับโฟมด้วยกาวยูรีเทน ประตูห้องเป็นชนิดบานสวิงคู่ผิวหน้ามีแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเคลือบสีขาว เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับบานประตู ภายในบุด้วยฉนวนโฟมโพลีสไตรีน



รูปที่ 5.20 ลักษณะโรงเรือนที่ใช้ในการติดตั้งห้องอบแห้ง

- **ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์**

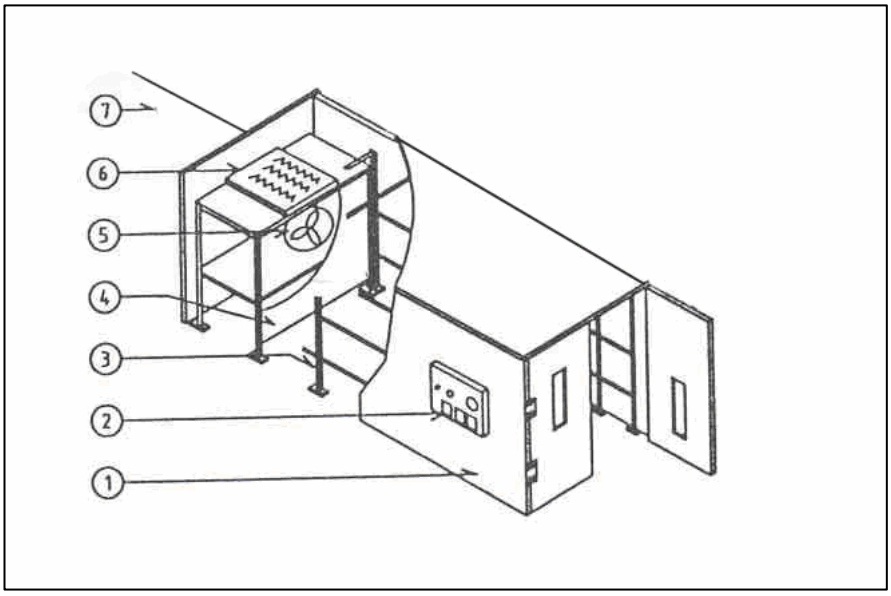
ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ คือระบบจ่ายลมร้อนให้แก่ห้องอบแห้ง เพื่อดึงความชื้นออกจากวัสดุทางการเกษตรที่ทำการอบแห้ง ซึ่งรายละเอียดการออกแบบระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีดังต่อไปนี้

ก) คุณลักษณะและขีดความสามารถของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

1. ใช้น้ำร้อนเป็นแหล่งพลังงานความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์
2. การนำพืชผลทางการเกษตรมาอบต้องศึกษาอุณหภูมิและความเร็วลมที่เหมาะสมกับพืชผลทางการเกษตรแต่ละชนิดอีกครั้งหนึ่ง

ข) รายละเอียดของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ในการอบแห้งแบบรวมศูนย์นั้นหลักการสำคัญ คือ การระบายลมเข้าออกภายในห้องอบแห้ง ดังนั้นด้านหลังห้องอบแห้งจึงมีช่องรับลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องอบแห้งซึ่งจะอยู่บริเวณใบพัด และช่องระบายอากาศชื้นออกภายนอกห้องอบแห้งซึ่งจะอยู่เหนือแผงแลกเปลี่ยนความร้อน ช่องรับลมสามารถเปิดและปิดได้ ในกรณีที่อากาศภายในห้องอบแห้งมีความชื้นมากจะทำการเปิดช่องรับลมเอาไว้เพื่อดูดอากาศภายนอกมาทดแทนอากาศภายในห้องที่มีความชื้นสูง และจะปิดในกรณีที่อากาศภายในห้องมีความชื้นและความร้อนที่พอเหมาะต่อการอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21 ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

5.2.3 การสาธิตต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

การสาธิตต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นขั้นตอนหลังจากการออกแบบระบบต่างๆ และนำผลการออกแบบดังกล่าวมาเขียนแบบทางวิศวกรรม เพื่อใช้เป็นต้นแบบการพัฒนาต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิผล

ในการสร้างอุปกรณ์ต่างๆ ตามการออกแบบนั้นได้เลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ภายใต้สภาวะการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **การสาธิตต้นแบบเทคโนโลยี**

การสาธิตต้นแบบเทคโนโลยีประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ การสาธิตระบบ 2 Stage Geothermal heat pump การสาธิตระบบนำน้ำพุร้อน การสาธิตห้องอบแห้งและการสาธิตระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

การดำเนินงานสร้างระบบ 2 Stage Geothermal heat pump เริ่มต้นจากการหาซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในระบบตามผลการออกแบบทางวิศวกรรม และประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าร่วมกันเป็นระบบ 2 Stage Geothermal heat pump มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.22 โดยอุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กขนาด 0.85 เมตร x 1.00 เมตร x 1.25 เมตร จากนั้นทำการทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้นก่อนนำมาติดตั้งจริง เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามการออกแบบ ลดปัญหาและระยะเวลาของการติดตั้งจริง

เมื่อทำการทดสอบปรับปรุงระบบ 2 Stage Geothermal heat pump เบื้องต้น จนระบบสามารถทำงานได้ตามความต้องการพื้นฐาน และปิดตัวเครื่องด้วยแผ่นเหล็กป้องกันความเสียหายจากภายนอก จากนั้นนำระบบ 2 Stage Geothermal heat pump เข้าเชื่อมต่อกับระบบอบแห้งส่วนอื่นๆ ณ สถานที่ตั้งของโครงการฯ ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ดังแสดงในรูปที่ 5.23

การสาธิตระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีขั้นตอนการดำเนินงาน ประกอบด้วยการสร้างโครงเหล็กรองรับมอเตอร์ ใบพัดกระจายลมและแผงแลกเปลี่ยนความร้อนหรือคอยล์ร้อน (Drying coil)

เมื่อขั้นตอนการสร้างระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ในส่วนภายในห้องอบแห้งแล้วเสร็จ การอบแห้งสามารถดำเนินการได้ทันทีเมื่อมีน้ำร้อนวิ่งเข้าสู่แผงคอยล์ร้อนภายในห้องอบแห้ง และน้ำร้อนดังกล่าวมาจากระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ผ่านระบบนำน้ำร้อนที่หุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม เมื่อการดำเนินงานสร้างระบบในส่วนต่างๆ แล้วเสร็จ ต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพมีภาพโดยรวมแสดงในรูปที่ 5.24 ถึงรูปที่ 5.25

รูปที่ 5.22 ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ก่อนทำการทดสอบเบื้องต้น

รูปที่ 5.23 ก่อนการติดตั้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ร่วมกับระบบอื่นๆ

รูปที่ 5.24 ด้านหน้าต้นแบบห้องอบแห้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump

รูปที่ 5.25 ด้านหลังต้นแบบห้องอบแห้งระบบ 2 Stage Geothermal heat pump

- **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ**

การวิเคราะห์พิจาราณาองค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายของการอบแห้ง รายได้จากการอบแห้ง ระยะเวลาการคืนทุน โดยคิดที่พื้นที่การใช้งานของห้องอบแห้งกว้าง 2.4 เมตร x ยาว 4.8 เมตร x สูง 2.3 เมตร ความสามารถการให้ความร้อนภายในห้องอบแห้งประมาณ 20 กิโลวัตต์ อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งประมาณ 50-80 องศาเซลเซียส และประสิทธิภาพของต้นแบบ (COP_{Drying}) มีค่าเท่ากับ 2.93 ทำให้ระบบใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 7.05 กิโลวัตต์ไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า 2.978 บาท/กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (คิดที่อัตราการใช้ไฟฟ้าเกิน 400 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง/เดือน) ถ้าการอบแห้งแล้วเสร็จภายในเวลา 24 ชั่วโมง/ครั้ง และทำงาน 15 ครั้งใน 1 เดือน ดังนั้นได้ว่า

ค่าพลังงานไฟฟ้า 1 ครั้ง	=	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการใช้งาน x ค่าพลังงานไฟฟ้า	
	=	7.05 x 24 x 2.978	[บาท]
	=	503.88	[บาท]
ค่าพลังงานไฟฟ้า 1 เดือน	=	ค่าพลังงานไฟฟ้า 1 ครั้ง x จำนวนครั้งที่อบใน 1 เดือน	
	=	400.24 x 15	[บาท]
	=	7,558.16	[บาท]

ห้องอบแห้งสามารถบรรจุผลผลิตทางการเกษตรได้ประมาณ 2,000 กิโลกรัมของน้ำหนักผลิตผลก่อนอบแห้ง ปริมาณความจุดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งที่นำมาอบแห้ง การอบแห้งจะคิดราคาค่าอบแห้งผลผลิตกิโลกรัมละ 1 บาท และห้องอบแห้งใช้คนงานในการดำเนินงาน 2 คน (ค่าจ้าง 6,000 บาท/คน/เดือน) ดังนั้นได้ว่า

รายได้จากการอบแห้ง 1 ครั้ง	=	ราคาการรับจ่ายอบแห้ง x จำนวนผลผลิตที่อบแห้ง	
	=	1 x 2,000	[บาท]
	=	2,000	[บาท]
รายได้จากการอบแห้ง 1 เดือน	=	รายได้จากการอบแห้ง 1 วัน x จำนวนวันใน 1 เดือน	
	=	2,000 x 15	[บาท]
	=	30,000	[บาท]
ค่าก่อสร้างห้องอบแห้ง และระบบ Heat pump	=	1,000,000	[บาท/ห้อง]

ค่าดูแลห้องอบแห้งต่อเดือน = 13,000 [บาท]
(ประกอบด้วยค่าจ้างคนงาน 12,000 บาท และค่าใช้จ่ายอื่น 1,000 บาท)

ค่าเสื่อมสภาพของห้องอบแห้ง = 4,166.67 [บาท]
(อายุการใช้งานของระบบ Heat pump และห้องอบแห้งคิดที่ 20 ปี)

ระยะเวลาการคืนทุน = 78 [เดือน]

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ห้องอบแห้งสามารถมีรายได้จากการอบแห้งเดือนละ 30,000 บาท และเสียค่าใช้จ่าย สองส่วนคือ พลังงานไฟฟ้าจากการอบแห้งประมาณเดือนละ 7, 600 บาท ค่าแรงงานประมาณเดือนละ 13,000 บาท จะมีความคุ้มค่าการลงทุนภายใน 78 เดือนโดยคิดจากการอบแห้ง 15 ครั้งต่อเดือน ในการอบแห้งแต่ละครั้งใช้เวลา 24 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเอาสินค้าเข้าและออก 24 ชั่วโมง (หรืออบแห้ง 1 วัน เว้น 1 วัน)

จากผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ประกอบกับผลการศึกษาพัฒนาระบบ 2 Stage Geothermal heat pump จะเห็นว่า 2 Stage Geothermal heat pump เป็นระบบที่มีความเป็นไปได้ทั้งในด้านเทคโนโลยี แต่ผลในเชิงพาณิชย์พบว่า ต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ มีระยะเวลาการคืนทุนค่อนข้างมาก เนื่องจากต้นทุนวัสดุที่สูง การแก้ปัญหาดังกล่าวควรเพิ่มความสามารถการทำความร้อนของระบบและจำนวนห้องให้มากขึ้น เพราะการเพิ่มความสามารถการทำความร้อนของระบบ 2 Stage Geothermal heat pump ให้มากขึ้น มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มากนัก แต่สามารถใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตรได้เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก และทำให้รายได้จากการอบแห้งเพิ่มตามไปด้วย แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาปริมาณน้ำพุร้อนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ประกอบด้วย

ผลการดำเนินงานโครงการฯ สามารถสรุปได้ว่าต้นแบบห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่ใช้ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump มีความเป็นไปได้และเหมาะสมสำหรับเป็นแนวทางการพัฒนาการใช้น้ำพุร้อนอุณหภูมิต่ำสำหรับประเทศไทยต่อไปในอนาคต

5.3 การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการผลิตน้ำแร่

แหล่งน้ำร้อนที่ได้รับคัดเลือกให้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา สำหรับการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการผลิตน้ำแร่ ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ซึ่งในสภาพการดำเนินงานของโครงการ ได้ทำการเจาะหลุมผลิตน้ำร้อนไว้แล้ว จำนวน 3 หลุม มีรายละเอียด ดังในตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.26

ตารางที่ 5.8 รายละเอียดของหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ชื่อหลุมผลิต	ความลึก (m.)	อุณหภูมิน้ำร้อน(^{0}C)	ปริมาณน้ำร้อน (m^3/h)	หมายเหตุ
DHS01	30	44.0	1	น้ำไม่มีแรงดัน
DHS02	45	47.0	1.5	น้ำมีแรงดันสูงจากผิวดิน 1 เมตร
DHS03	50	39.2	0.5	น้ำมีแรงดันสูงจากผิวดิน 0.1 เมตร

รูปที่ 5.26 ภาพแสดงหลุมผลิตน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อน ห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

5.3.1 ความหมายและชนิดของน้ำแร่

น้ำแร่ หมายถึง น้ำดื่มที่ได้จากแหล่งน้ำใต้ดินตามธรรมชาติและมีแร่ธาตุบางชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายละลายอยู่ อันแสดงถึงสมบัติเฉพาะของแหล่งน้ำนั้น จะเป็นน้ำพุร้อนหรือไม่ก็ได้ ไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆ เว้นแต่การเติมก๊าซคาร์บอนไดออไซด์ การเติมอากาศ การรินโดยไม่ให้ตะกอนไหล และ/หรือ การกรองก่อนการบรรจุ เพื่อแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออก ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวไม่ทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบจำเป็น อันเป็นตัวกำหนดสมบัติของน้ำแร่นั้นเปลี่ยนแปลงไป (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2208 - 2547)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับ 199 พ.ศ. 2543) ข้อ 3 ระบุว่า น้ำแร่ธรรมชาติ หมายความว่า น้ำแร่ธรรมชาติที่ได้จากแหล่งน้ำใต้ดิน ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมีแร่ธาตุต่างๆ อยู่ตามคุณสมบัติของแหล่งน้ำนั้นๆ

คณะกรรมมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (อ้างถึงในสุนันทา, 2548) ได้ให้คำจำกัดความของน้ำแร่ไว้ว่า คือน้ำใดๆ ที่มีในธรรมชาติ มีคุณสมบัติพิเศษ คือมีเกลือแร่ละลายอยู่อย่างน้อยที่สุด 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตร หรือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ละลายอยู่อย่างน้อย 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตร

โดยทั่วไป น้ำแร่แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่

- น้ำแร่ประเภทมีคาร์บอเนต (naturally carbonated natural mineral water)
- น้ำแร่ประเภทไม่มีคาร์บอเนต (non carbonated natural mineral water)
- น้ำแร่ประเภทขจัดคาร์บอเนต (decarbonated natural mineral water)
- น้ำแร่ประเภทเติมคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิด (natural mineral water fortified with carbon dioxide)
- น้ำแร่ประเภทเติมคาร์บอเนต (carbonated natural mineral water)

5.3.2 มาตรฐานน้ำแร่

มาตรฐานน้ำแร่ที่มีอยู่ของประเทศไทย มีจากหลายหน่วยงานและองค์กร อาทิ กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงอุตสาหกรรม แต่โดยทั่วไป มักจะระบุข้อความที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่

- ใส ไม่มีตะกอน
- แร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำแร่ต้องไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (มีเกณฑ์กำหนด)
- สารบนเปื้อนต้องพบไม่เกินปริมาณที่กำหนด
- มีสมบัติทางจุลินทรีย์ ตามมาตรฐานที่กำหนด

มาตรฐานของน้ำแร่ ซึ่งระบุแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำแร่นั้นๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 และมาตราฐานสมบัติทางจุลินทรีย์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.9 มาตรฐานน้ำแร่ธรรมชาติ

แร่ธาตุที่สำคัญ	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 199 (พ.ศ. 2543)	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3308 (พ.ศ. 2547)
แร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำแร่ธรรมชาติ ต้องมีปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย คือไม่เกินค่าดังต่อไปนี้		
ทองแดง (mg/l)	1.0	1.0
แมงกานีส (mg/l)	2.0	2.0
สังกะสี (mg/l)	-	5.0
บอเรต (คำนวณเป็นโบรอน mg/l)	5.0	-
สารหนู (mg/l)	0.05	0.05
แบเรียม (mg/l)	1.0	1.0
แคดเมียม (mg/l)	0.003	0.003
โครเมียม (mg/l)	0.05	0.05
ตะกั่ว (mg/l)	0.01	0.01
ปรอท (mg/l)	0.001	0.001
ซีลีเนียม (mg/l)	0.05	0.05
ไนเตรต (mg/l)	50	50
พลวง (mg/l)	0.005	-
นิเกิล (mg/l)	0.02	-
ซัลไฟด์ (คำนวณเป็น H_2S)	-	0.05
ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินที่กำหนด ดังนี้		
ไซยาไนด์ (คำนวณเป็น CN^-)	0.07	0.07
ไนไตรต์	0.02	-
ฟลูออไรด์ (mg/l)	2.0	2.0
ไบคาร์บอเนต	-	600
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ	-	250
โซเดียมคลอไรด์	-	1,000
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (TDS)	-	1,000
ซัลเฟต	-	600

หมายเหตุ

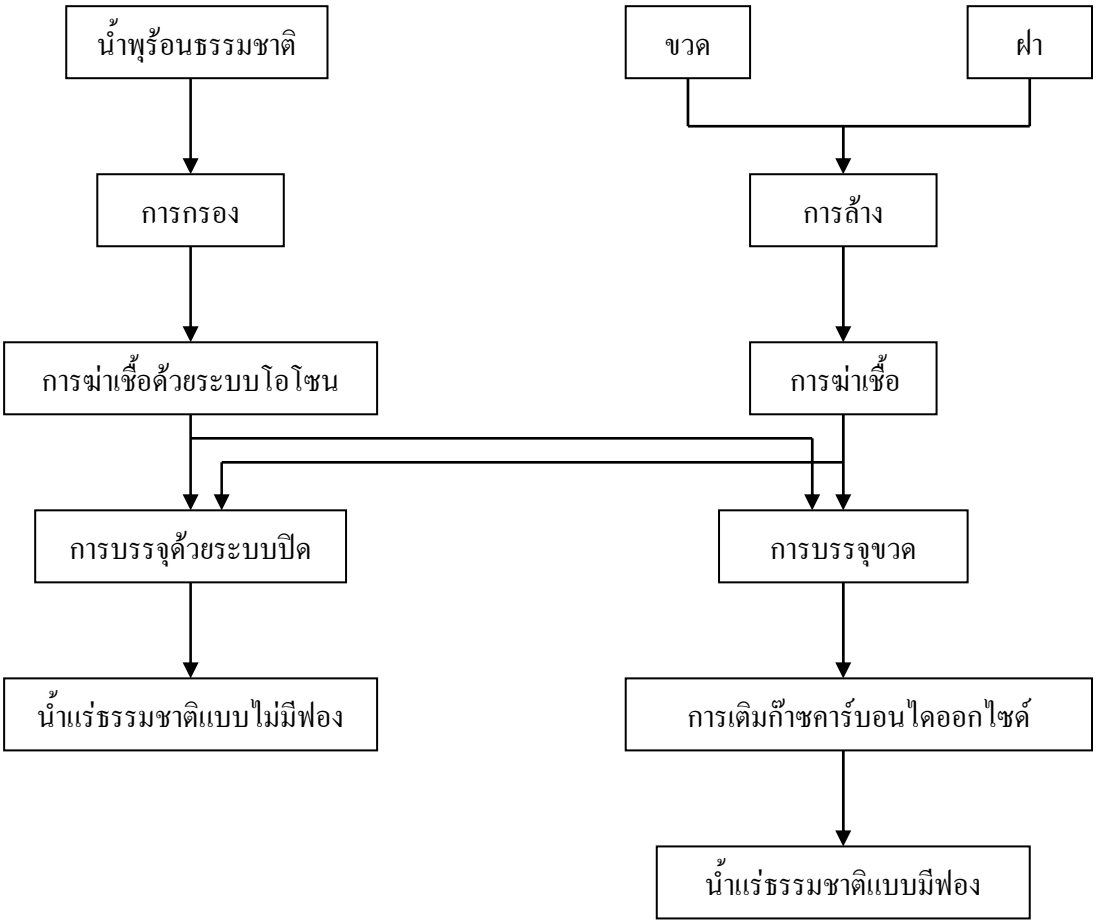
- ปริมาณฟลูออไรด์น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อน้ำแร่หนึ่งลิตรไม่ต้องแสดงคำเตือน
- ปริมาณฟลูออไรด์มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อน้ำแร่หนึ่งลิตรให้แสดงคำเตือนซึ่งมีขนาดความสูง ไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร เห็นได้ชัดเจนในกรอบสีแดงพื้นขาวว่า “มีฟลูออไรด์”
- ปริมาณฟลูออไรด์มากกว่ามากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อน้ำแร่หนึ่งลิตร ให้แสดงคำเตือนซึ่งมี ขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร เห็นได้ ชัดเจนในกรอบสีแดงพื้นขาวว่า “ผลิตภัณฑ์นี้ไม่เหมาะสำหรับทารกและเด็กที่อายุต่ำกว่า 7 ปี”

ตารางที่ 5.10 มาตรฐานสมบัติทางจุลินทรีย์ของน้ำแร่

จุลินทรีย์	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 199 (พ.ศ. 2543)	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3308 (พ.ศ. 2547)
แบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม	2.2 ต่อน้ำแร่ธรรมชาติ 100 มิลลิลิตร	250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
แบคทีเรียอี.โคไล (*Escherichia coli*)	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค - *Staphylococcus aureus* -*Salmonella* -*Clostridium perfringens*	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
อื่นๆ	-	ในวะระที่มีโรคระบาด ให้ตรวจจุลินทรีย์ ที่เป็นสาเหตุของโรคระบาด

5.3.3 กรรมวิธีการผลิตน้ำแร่

กรรมวิธีการผลิตน้ำแร่ เป็นข้อมูลที่ไม่เปิดเผยของการผลิตแต่ละยี่ห้อ เนื่องจากเป็นข้อมูลทางด้านการค้า ในทำนองเดียวกัน งบประมาณในการลงทุนตั้งโรงงานผลิตน้ำแร่ จะแปรผันตามขนาดและกรรมวิธีในการผลิต อาทิ โรงงานที่มีการเป่าขวดและจัดทำฝาจุกขวดเอง อาจใช้งบประมาณในการลงทุนสูง เทียบกับโรงงานที่ซื้อขวดและฝาจุกสำเร็จรูป นอกจากนั้น กรรมวิธีในการฆ่าเชื้อ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่องบประมาณในการลงทุน โดยทั่วไปแล้ว กรรมวิธีในการผลิตน้ำแร่ ต้องมีขั้นตอนของการกรอง และการฆ่าเชื้อ ส่วนขวดที่จะนำมาบรรจุ รวมทั้งฝาขวด ต้องผ่านการฆ่าเชื้อก่อนเสมอ ในกรณีที่ต้องการผลิตน้ำแร่แบบมีฟอง แต่แหล่งผลิตไม่มีก๊าซธรรมชาติผสมอยู่ สามารถเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 ขั้นตอนการผลิตน้ำแร่

5.3.4 ตัวอย่างน้ำแร่ที่มีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยและต่างประเทศ

โดยทั่วไป แหล่งผลิตน้ำแร่ทั้งของไทยและต่างประเทศ มักเป็นแหล่งน้ำพุเย็น หรืออีกนัยหนึ่ง กล่าวได้ว่า เป็นน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินที่มีแรงดัน เนื่องจากการนำน้ำพุร้อนมาเป็นน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำแร่ มักมีปัญหาหลัก ในเรื่องของปริมาณฟลูออไรด์ และปัญหารองลงมา ที่มักพบ คือ ปัญหาเรื่องความเป็นกรด - เบสของน้ำ (pH) ส่วนข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนของผลิตภัณฑ์น้ำแร่ที่ผลิตในประเทศไทยและต่างประเทศ คือ ผลิตภัณฑ์น้ำแร่ของในประเทศไทย มักจะระบุเพียงชนิดของแร่ธาตุที่พบ โดยไม่ได้ระบุปริมาณ ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ตัวอย่างน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศไทยและต่างประเทศ

ภาพตัวอย่าง	ชื่อและแหล่งที่ผลิต	แร่ธาตุที่มี	ราคา
	น้ำแร่ธรรมชาติ ออรา ผลิต ณ ต.โป่งแยง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	ฟลูออไรด์,โพแทสเชียม โซเดียม, แคลเซียม ไบคาร์บอเนต, คลอไรด์, ซัลเฟต	ขนาด 0.5 ลิตร ราคา 8 บาท
	น้ำแร่ธรรมชาติมิเนเร่ ผลิต ณ ต.โพธิ์สามต้น อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา	ฟลูออไรด์,โพแทสเชียม โซเดียม, แคลเซียม ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต สังกะสี	ขนาด 0.5 ลิตร ราคา 7 บาท
	น้ำแร่ธรรมชาติมองต์ เฟลอ ผลิต ณ ต.พบพระ อ.พบพระ จ.ตาก	ฟลูออไรด์, โพแทสเชียม โซเดียม, แคลเซียม ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต สังกะสี	ขนาด 0.5 ลิตร ราคา 7.5 บาท
	น้ำแร่ธรรมชาติ evian ผลิต ณ คาซาต เทือกเขาแอลป์ ประเทศฝรั่งเศส	โพแทสเชียม 1 mg/l, โซเดียม 6.5 mg/l แคลเซียม 80 mg/l, ไบคาร์บอเนต 360 mg/l คลอไรด์ 6.8 mg/l, แมกนีเซียม 26 mg/l ไนเตรต3.7 mg/l, ซิลิกา 15 mg/l ซัลเฟต12.6 mg/l, TDS 309 mg/l, pH 7.2	ขนาด 0.5 ลิตร ราคา 38 บาท
	น้ำแร่ธรรมชาติ S.PELLEGRINO ผลิต ณ เมืองมิลาน ประเทศ อิตาลี	โพแทสเชียม 2.5 mg/l, โซเดียม 36.1 mg/l แคลเซียม 181 mg/l, ไบคาร์บอเนต 239 mg/l คลอไรด์ 57.5 mg/l, แมกนีเซียม 53.5 mg/l ไนเตรต 2.2 mg/l, ซิลิกา 7.5 mg/l ซัลเฟต 459 mg/l, ฟลูออไรด์ 0.5 mg/l สตรอนเซียม 3.2 mg/l, TDS 960 mg/l, pH 7.6	ขนาด 250 มิลลิลิตร ราคา 58 บาท
	น้ำแร่ธรรมชาติ Sanfaustino ผลิต ณ เทือกเขามาร์ทานิ ประเทศอิตาลี	แคลเซียม 450 mg/l , คาร์บอเนต 1100 mg/l แมกนีเซียม 19.3 mg/l, pH 5.9	ขนาด 250 มิลลิลิตร ราคา 55 บา

5.3.5 แนวทางในการผลิตน้ำแร่ จากแหล่งน้ำดิบที่เป็นน้ำร้อนของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ข้อมูลผลวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวอย่างน้ำร้อนจากหลุมผลิต จำนวน 3 หลุม ให้ผลไปในแนวทางเดียวกับที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในการสำรวจธรณีเคมีเบื้องต้น โดยผลวิเคราะห์น้ำร้อนตามธรรมชาติ และผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำร้อนที่ทำการเจาะ แสดงในตารางที่ 5.12

ข้อมูลดังกล่าว บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ และความมีศักยภาพ ในการนำน้ำร้อน มาเป็นน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำแร่ โดยอาจจัดอยู่ในกลุ่มของน้ำแร่ที่เป็น Soft mineral water คือเป็นน้ำแร่ที่มีส่วนผสมของแร่ธาตุไม่สูงมากนัก

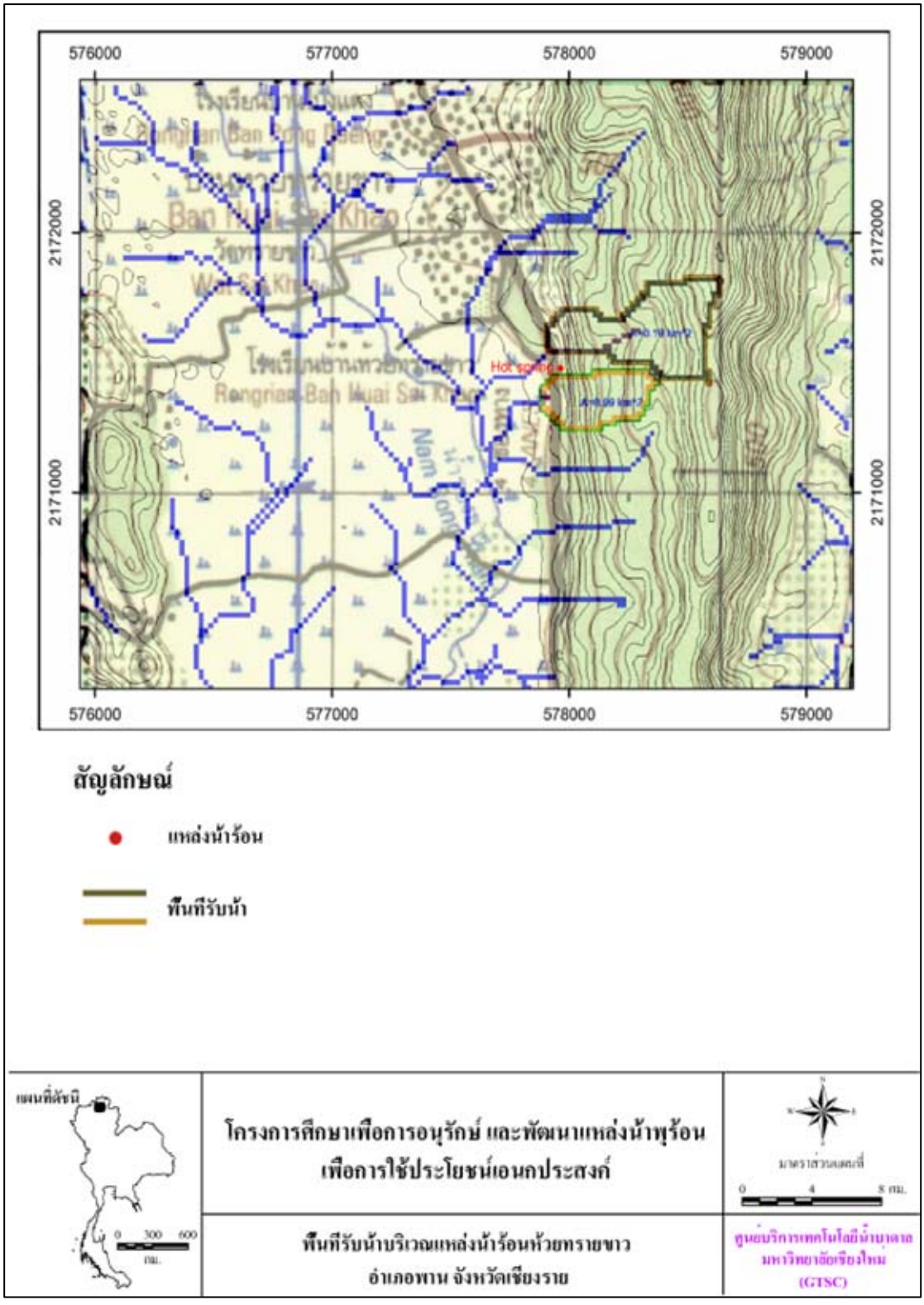
5.3.6 พื้นที่รับน้ำบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

สำหรับพื้นที่รับน้ำ (watershed area) ของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว ได้ทำการศึกษาโดยใช้โปรแกรม WMS 8.0® พบว่าพื้นที่รับน้ำในรูปที่ 5.28 (บริเวณกรอบสีน้ำตาล และกรอบสีเหลือง) ของบริเวณน้ำร้อนห้วยทรายขาว ตั้งอยู่ทางตะวันออกของพื้นที่ศึกษา โดยบริเวณนี้เป็นเขตอุทยานแห่งชาติดอยปุย และพื้นที่ชุมชนอยู่ห่างจากแหล่งน้ำร้อนทางทิศเหนือประมาณ 800 เมตร จึงถือว่าไม่มีกิจกรรมใดที่ส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อนของน้ำร้อน ทำให้แหล่งน้ำร้อนนี้เหมาะสมสำหรับพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการผลิตน้ำแร่

ตารางที่ 5.12 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำร้อนที่ทำการเจาะ จากแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ประมาณแร่ธาตุ	น้ำร้อนตามธรรมชาติ		หลุมเจาะ	หลุมเจาะ	หลุมเจาะ
	CR07-1	CR07-2	HS01	HS02	HS03
pH	7.9	7.7	6.8	6.7	6.6
Carbonate (mg/l CO_3^{2-})	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonate (mg/l HCO_3^-)	180	170	245	130	125
Total alkalinity (mg/l as $CaCO_3$)	148	139	202	107	103
Total hardness (mg/l as $CaCO_3$)	95	96	152	74	76
TDS (mg/l)	198	197	220	108	109
Sulfide saturation (mg/l H_2S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na (mg/l)	25.151	19.261	21.211	18.505	18.789
K (mg/l)	5.341	5.395	8.715	7.665	7.895
Ca (mg/l)	28.383	28.563	39.575	20.311	20.113
Mg (mg/l)	5.751	5.881	13.005	5.501	4.852
Li (mg/l)	0.042	0.044	0.058	0.052	0.051
Fe (mg/l)	0.244	0.213	0.008	0.009	0.007
Mn (mg/l)	0.194	0.205	0.006	0.005	0.005
Pb (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cd (mg/l)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Zn (mg/l)	0.006	0.005	0.575	0.257	0.285
Cu (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cl (mg/l)	5.0	4.8	6.2	7.8	8.2
F (mg/l)	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4
SO_4^{2-} (mg/l)	1.8	4.3	5.5	8.2	8.5
NO_3^{1-} (mg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
SiO2 (mg/l)	58.3	52.9	30.5	31.2	33.0
Δ%	0.1	1.9	1.3	1.2	0.8

(Limit of Detection Cd<0.002 mg/L, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn<0.005mg/L)



รูปที่ 5.28 พื้นที่รับน้ำบริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

5.4 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5.4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

- **สรุปลักษณะของโครงการ**

แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 11 ตำบลแม่ปั๋ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากแนวทางหลวงสาย 1001 เชียงใหม่ – พร้าว ประมาณ 700 เมตร โดยมีถนนลาดยางแยกจากทางหลวงดังกล่าวเข้าไปถึงแหล่งน้ำร้อนประมาณ 1 กิโลเมตร สภาพพื้นที่โดยรอบมีลักษณะเป็นคลื่นลอนลาด อยู่ติดกับหมู่บ้านโป่งบัวบาน พื้นที่ของแหล่งน้ำร้อนเป็นแอ่งขนาดเล็กระหว่างเนินเขา ติดกับพื้นที่วัดโป่งบัวบาน ซึ่งเป็นวัดประจำหมู่บ้าน ตั้งอยู่บนเนินด้านทิศเหนือแหล่งน้ำของร้อนและเป็นปากทางเข้าหมู่บ้านโป่งบัวบาน โดยวัดห่างจากแหล่งน้ำร้อนประมาณ 100 เมตร ซึ่งสภาพโดยทั่วไปในปัจจุบัน ของบริเวณแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ พบว่ามีลักษณะเป็นหนองเล็กๆ เชื่อมต่อกันระหว่างตาน้ำร้อนหรือบริเวณที่น้ำร้อนผุดขึ้นมาทั้ง 2 ตา พื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบเป็นถนนและพื้นหญ้า ตัวแหล่งน้ำร้อนมีลักษณะที่พุ่งดันออกจากพื้นดิน ที่เป็นพื้นที่ชื้นแฉะและหนองน้ำโดยมองเห็นเป็นน้ำผุดขนาดเล็กสูงประมาณ 6 - 10 เซนติเมตร ได้มีการสูบออกมาจากบ่อน้ำร้อนและมีการกักเก็บไว้ ที่บริเวณอ่างน้ำร้อนเพื่อให้ชาวบ้านได้ตักนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งการใช้ประโยชน์ในพื้นที่แหล่งน้ำร้อน ยังไม่มีรูปแบบของการท่องเที่ยวและใช้บริการ อาบน้ำ มีแต่ชาวบ้านในชุมชนที่อยู่ติดและใกล้เคียงกับแหล่งน้ำร้อนมาใช้ประโยชน์โดยการเข้ามาอาบน้ำในฤดูหนาว แต่ฤดูอื่นๆไม่ได้เข้ามาใช้ประโยชน์ มีคนต่างถิ่นเข้ามาแวะเข้ามาเที่ยวชมบ้างแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายสำหรับนักท่องเที่ยวโดยทั่วไป เนื่องจากพื้นที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาทางกายภาพให้เหมาะสม และพื้นที่บางส่วนมีสภาพทรุดโทรมยังไม่เป็นที่ดึงดูดใจ

จากแนวคิดที่จะมีการพัฒนาแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ ที่จะมีการปรับปรุงให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวและมีบริการด้านการอาบน้ำแร่รวมทั้งการบริการด้านสปา ดังที่ปรากฏในช่วงต้นของรายงาน ซึ่งมีภาพองค์ประกอบรวมและแผนภาพส่วนต่างๆโดยละเอียด ดังที่ได้แสดงมาแล้วในช่วงต้นเช่นกัน พอสรุปได้ว่า มีการเจาะและปรับปรุงในส่วนที่เป็นแหล่งน้ำร้อนเดิม โดยบ่อน้ำร้อนที่เจาะเป็นบ่อที่มีแรงดันน้ำทำให้เกิดเป็นลักษณะน้ำพุ่งสูงขึ้นจากผิวดิน ส่วนอีกบ่อจะเป็นบ่อที่ปรับปรุงแหล่งน้ำร้อนเดิม ที่มีอยู่ตามธรรมชาติโดยไม่มีการเจาะ มีการสร้างสระน้ำแร่ 1 สระ มีการสร้างสิ่งก่อสร้างอื่นๆ เพิ่มเติมโดยรอบ ได้แก่ มีห้องแช่น้ำ ซึ่งมีจำนวนประมาณ 7 ห้อง ห้องอาบน้ำแร่ประมาณ 5 ห้อง มีการสร้างประตูทางเข้าและศาลาที่พักเตี้ยชั้นเดียว 2 หลังและและศาลาสูงประมาณ 2 ชั้น 1 หลัง สำหรับสระน้ำเดิม ซึ่งเป็นที่ขังน้ำที่มีอยู่ถูกดัดแปลงให้เป็นสระบัว มีการสร้างหรือปูทางเดินโดยรอบอย่างทั่วถึงทุกจุด ซึ่งจากภาพแผนผังโครงการดังกล่าวพบว่า สิ่งก่อสร้างดังที่ได้กล่าวทั้งหมดเป็นสิ่งปลูกสร้างแบบชั้นเดียว และถูกออกแบบให้เป็นสถาปัตยกรรมแบบท้องถิ่นล้านนา เพื่อให้เข้ากับสิ่งก่อสร้างโดยรอบและข้างเคียง นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์โดยรอบ โดยมีการปลูกต้นไม้ในจุดต่างๆ และโดยรอบพื้นที่ทำให้มีทัศนียภาพที่น่ารื่นรมย์สำหรับเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจและมาใช้บริการ

- **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม**

จากรายงานโครงการจัดทำมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ประเภทโป่งพุร้อน (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) พบว่าผลการประเมินสถานภาพปัจจุบันของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบานอยู่ในระดับปานกลาง มีสถานภาพด้านคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของแหล่งน้ำร้อนอยู่ในระดับปานกลาง สถานภาพด้านศักยภาพในการคงคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติอยู่ในระดับปานกลาง และสถานภาพด้านความเสี่ยงต่อการถูกทำลายของแหล่งอยู่ในระดับต่ำ เมื่อนำผลการประเมินดังกล่าว มาพิจารณาร่วมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบันและแผนการดำเนินกิจกรรมของโครงการดังกล่าว สามารถวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ซึ่งเป็นที่สนใจและอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการดำเนินงานของโครงการ ดังนี้

ก) ผลกระทบด้านภูมิประเทศและทัศนียภาพ

จากสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่พบว่า แหล่งน้ำร้อนอยู่มีบริเวณโดยรอบที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นเป็นเนินเขาเล็กๆโดยรอบและตัวแหล่งอยู่ในช่วงที่ปีนแอ่งปลายเนิน เอียงไปทางแม่น้ำซึ่งอยู่ในทิศตะวันออก เมื่อพิจารณาโครงการที่ดำเนินการปรับปรุงสภาพแหล่งน้ำร้อนให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยว มีบริการสปา อาบน้ำ และแช่น้ำร้อนโดยมีการก่อสร้างอยู่เป็นช่วงๆ ไม่มีการขุดลอกหรือถมพื้นที่เดิมให้เป็นเนินเขา ดังนั้นการมีโครงการ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศอย่างเด่นชัด อาจมีการเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ถือได้ว่าเพียงเล็กน้อย สำหรับสภาพภูมิประเทศเดิมที่มีความเอียงเป็นเนินเล็กน้อยนั้น เมื่อประกอบกับการปรับปรุงสถานที่และมีการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตย์ ในบริเวณแหล่งน้ำร้อนแล้ว จะพบว่าพื้นที่เดิมซึ่งถูกทิ้งร้างไว้และมีความเสี่ยงต่อการถูกทำลายแหล่งในระดับปานกลางนั้น มีความโดดเด่นทางด้านทัศนียภาพขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งช่วยเสริมให้ภูมิประเทศเดิมมีความเด่นขึ้นมาเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาในด้านทัศนียภาพของแหล่งน้ำร้อนและทัศนียภาพโดยรอบแล้ว พบว่ามีความสอดคล้องและกลมกลืนกันดี โดยที่แหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ มีวัดอยู่ที่ปากทางเข้าและอยู่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำร้อน วัดดังกล่าวมีรูปแบบของสิ่งก่อสร้างเป็นสถาปัตยกรรมแบบไทยท้องถิ่นล้านนา ซึ่งการออกแบบด้านสถาปัตยกรรมของแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ เป็นแบบท้องถิ่นล้านนาเช่นเดียวกัน จึงไม่เกิดภาพที่ขัดแย้งกัน แต่จะส่งเสริมซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี นับได้ว่ามีการกระทบทางด้านบวกต่อทัศนียภาพ

ข) ผลกระทบด้านธรณีวิทยาแหล่งน้ำร้อน

การเกิดของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบานนั้น พบว่าตั้งอยู่บนรอยเลื่อนแนวหนึ่ง ที่วางตัวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ในกลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่ในพื้นที่ตอนใต้ของแอ่งพร้าว โดยคาดว่ารอยเลื่อนดังกล่าว เป็นช่องทางให้น้ำร้อนไหลขึ้นมาจากระดับลึก โดยที่มาของความร้อนได้มาจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในหินแกรนิต ซึ่งอาจแทรกอยู่ใต้หินตะกอนพาลีโอโซอิกตอนบนและตะกอนอายุเทอร์เชียรี ซึ่งการนำน้ำร้อนที่มีการผุดขึ้นเองตามธรรมชาติไปใช้ประโยชน์โดยมีการเจาะเพิ่มเติมจากแหล่งที่มีการเกิดในลักษณะอย่างนี้ จะไม่ทำให้แหล่งธรรมชาติด้านธรณีวิทยาเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะการเจาะและต่อท่อลงไปกระทำในระดับตื้น โดยไม่กระทบกระเทือนต่อชั้นหินที่เป็นแหล่งให้น้ำและโครงสร้างธรณีวิทยาของรอยเลื่อนในระดับลึกลงไป

ค) ผลกระทบด้านแหล่งน้ำใต้ดิน

จากการที่โครงการได้มีการวางแผนดำเนินการ นำน้ำร้อนมาใช้ในกิจการสปาและเพื่อการอาบน้ำหรือแช่น้ำร้อนนั้น ถือว่าเป็นการนำน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ประโยชน์ก่อนปล่อยออกไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้โดยธรรมชาติแล้วก็มีน้ำไหลผุดขึ้นมาและมีการกักเก็บบ้างโดยส่วนใหญ่จะไหลออกไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติใกล้เคียง ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นการสูญเปล่าและแหล่งน้ำร้อนอาจถูกทำลายได้ในอนาคต ถ้าไม่มีการจัดการหรือดูแลอย่างต่อเนื่อง การใช้น้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดของน้ำร้อนของแหล่งน้ำร้อนนี้ จะเพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามกิจกรรมของโครงการ จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำใต้ดินในแง่ที่ ทำให้เกิดการเหือดหายไป เนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาโดยรอบแหล่งจะมีรอยแตกอย่างมากมาย โดยรอยแตกที่อยู่ตามเทือกเขาจะเป็นส่วนหนึ่งที่เติมน้ำให้แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดของน้ำร้อน และเนื่องจากเขตพื้นที่ของแอ่งพร้าวเป็นเทือกเขาสูงที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร จึงทำให้มีแหล่งน้ำผิวดินค่อนข้างมากและมีน้ำค่อนข้างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณแหล่งน้ำใต้ดินโดยรอบ ดังนั้นจึงคาดว่าการใช้ปริมาณน้ำเพิ่มเติม อันเนื่องจากกิจกรรมของโครงการ ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ โดยปริมาณน้ำอาจลดลงบ้าง อย่างไรก็ตามทางโครงการควรมีการควบคุมและระมัดระวังการใช้น้ำและการนำน้ำขึ้นมาใช้ในช่วงฤดูท่องเที่ยว

ง) ผลกระทบด้านคุณภาพน้ำ

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำในแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน ดังแสดงในตารางที่ 5.13 พบว่า คุณสมบัติตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนี้เกือบทั้งหมด (ยกเว้นค่าอุณหภูมิ หรือความร้อนของน้ำร้อน) มีค่าไม่เกินเกณฑ์กำหนด ตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 และมาตรฐานการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มี

คุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทาน ในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532 ส่วนความเหมาะสมในด้านการบริโภคนั้น พบว่านอกจากอุณภูมิไม่เหมาะสมสำหรับการดื่มแล้ว ยังมีค่าฟลูออไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำสูงกว่าเกณฑ์ความเหมาะสมตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนด หลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมปืนพิษ ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 29ง ลง วันที่ 13 เมษายน 2542

สำหรับในการดำเนินโครงการ ที่มีกิจกรรมในด้านการอาบและแช่น้ำร้อน รวมถึงการบริการสปา ซึ่งต้องใช้น้ำร้อนมาดำเนินการนั้น ความร้อนของน้ำจะถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยต้องมีการปล่อยน้ำอุ่นที่ใช้แล้วออกไปเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำที่ปล่อยออกไปนี้จะไหลเวียนเป็นสายน้ำหรือคลองขนาดเล็กคดเคี้ยว ซึ่งทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลงตามธรรมชาติ โดยในกิจกรรมของโครงการจะมีการใช้น้ำเย็นในส่วนต่างๆร่วมด้วย จึงทำให้เกิดการผสมผสานอุณหภูมิในขณะที่ไหลออกไปยังบ่อกักเก็บ ซึ่งเป็นบ่อเปิดขนาดปานกลาง ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นสระบัว ก่อนที่น้ำจะมีการไหลออกนอกพื้นที่โครงการสู่สระน้ำตามธรรมชาติ โดยอยู่ในที่ต่ำกว่าและอยู่ฝั่งตรงกันข้ามถนนของพื้นที่โครงการ ก่อนมีการไหลออกไปสู่ลำน้ำแม่งัด ซึ่งอยู่ห่างออกไปทางด้านตะวันออกของแหล่งน้ำร้อนตามลำดับ จากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำร้อนและลักษณะโครงข่ายของการไหลเวียนของน้ำเห็นได้ว่าโอกาสในการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำธรรมชาติมีประเด็นหลักคือ ด้านอุณหภูมิและด้านคุณสมบัติทางเคมีที่น้ำร้อนมีค่าฟลูออไรด์สูงตามธรรมชาติ ซึ่งในประเด็นความร้อนนั้น เห็นได้ว่าก่อนที่น้ำร้อนไหลออกไปสู่ลำน้ำแม่งัดที่มีน้ำไหลตลอดปีนั้น อุณหภูมิของน้ำร้อนลดลงต่ำมาก และเมื่อไหลไปรวมกับลำน้ำ ที่มีปริมาณน้ำมากและมีอุณหภูมิต่ำกว่าก็ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำแม่งัดได้ ส่วนในประเด็นของการมีฟลูออไรด์ละลายในน้ำร้อนสูงเกินมาตรฐาน อาจทำให้แหล่งน้ำมีการรับฟลูออไรด์จากน้ำร้อนไปเพิ่มเติมจากธรรมชาติบ้างเล็กน้อยเนื่องจาก น้ำปริมาณที่มากในลำน้ำแม่งัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูน้ำหลาก ทำให้เกิดการเจือจางของฟลูออไรด์ได้ อย่างไรก็ตามน้ำธรรมชาติจากลำน้ำแม่งัด ก็ไม่เหมาะสมแก่การบริโภคถ้าไม่มีการบำบัดก่อน ส่วนในฤดูแล้งคาดว่า ไม่มีน้ำจำนวนมากจากกิจกรรมของโครงการไหลออกสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากกิจกรรมการอาบน้ำร้อนน้อยลงในฤดูแล้ง การปนเปื้อนลงแหล่งน้ำก็น้อยลง แต่การใช้แหล่งน้ำในชุมชนไม่มีปัญหาเนื่องจากชุมชนได้มีการผลิตน้ำประปาจากน้ำฝนตลอดจน น้ำบาดาลและน้ำที่กักเก็บไว้สำหรับการผลิตน้ำประปาโดยเฉพาะ ส่วนการปนเปื้อนในด้านอื่นๆไม่มีสาเหตุสำคัญอันเนื่องมาจากแหล่งน้ำร้อนเพราะมีค่าส่วนใหญ่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก

ตารางที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์			ค่ามาตรฐาน		
	PB1	PB2	PB3	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S1	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S2	(เกณฑ์ที่เหมาะสม) *S3
ความเป็นกรด – เบส	7.9	7.8	7.8	5.0-9.0	6.5-8.5	7.0-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)	495	520	505	-	2,000	-
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลาย (mg/l)	345	360	348	-	-	1,200
คาร์บอเนต (mg/l)	0.0	0.0	0.0	-	-	-
ไบคาร์บอเนต (mg/l)	330	340	335	-	-	-
คลอรีน (mg/l)	13.8	14.5	12.8	-	-	<250
ซัลเฟต (mg/l)	18.2	10.5	2.8	-	-	<200
ฟลูออไรด์ (mg/l)	2.2	2.1	2.1	-	-	<0.7
ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (mg/l)	4.5	5.5	6.5	-	1.0	-
ไนเตรต (mg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	-	-	<45
ความเป็นด่างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	271	280	276	-	-	-
ความกระด้างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	53.1	85.8	58.3	-	-	<300
ซิลิกา (mg/l)	62.5	58.8	60.8	-	-	-
โซเดียม (mg/l)	112.861	105.011	112.857	-	-	-
โพแทสเซียม (mg/l)	10.431	10.435	10.869	-	-	-
ลิเทียม (mg/l)	0.035	0.032	0.032	-	-	-
แคลเซียม (mg/l)	16.751	29.752	19.511	-	-	-
แมกนีเซียม (mg/l)	2.723	2.771	2.541	-	-	-
เหล็ก (mg/l)	<0.005	0.005	<0.005	-	-	<0.5
แมงกานีส (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	1.0	0.5	<0.3
สังกะสี (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	1.0	5.0	<5.0
ทองแดง (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	1.0	<1.0
แคดเมียม (mg/l)	<0.002	<0.002	<0.002	0.005	0.03	ต้องไม่มี
ตะกั่ว (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.1	ต้องไม่มี

หมายเหตุ :

*S1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

*S2 มาตรฐานการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532

*S3 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนด หลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 29ง วันที่ 13 เมษายน 2542

จ) ผลกระทบด้านการนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อผลกระทบด้านคุณภาพน้ำ ซึ่งคาดว่าการดำเนินโครงการไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดการเปลี่ยนคุณสมบัติของน้ำในลำน้ำไปจากเดิมมากนัก ย่อมสะท้อนต่อระบบนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสัตว์และพืชน้ำอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก ระบบนิเวศของแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำร้อนตามธรรมชาติเช่นนี้ ย่อมมีการปรับตัวอย่างสม่ำเสมอตามฤดูกาล

ฉ) ผลกระทบด้านป่าไม้และสัตว์ป่า

แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน เป็นแหล่งน้ำร้อนที่อยู่ในเขตชุมชน บริเวณโดยรอบแหล่งน้ำร้อนไม่พบว่ามีป่าไม้หรือเขตป่าไม้ ส่วนในบริเวณหมู่บ้านบางส่วนมีไม้ดั้งเดิมอยู่ ประกอบด้วยไม้ไผ่หลายชนิด ปาล์ม เฟิร์น และไม้ตระกูลก่อสกุล เช่น ก่อเดือน ก่อตาหนู เป็นต้น ส่วนสัตว์ป่าที่พบเห็นได้ในหมู่บ้านซึ่งอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำร้อนได้แก่ นก สัตว์เลื้อยคลานต่างๆ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก ในส่วนที่เป็นบริเวณเขตอุทยานแห่งชาติศรีลานนา นั้นอยู่ห่างจากแหล่งน้ำร้อนและหมู่บ้านไปทางทิศตะวันตกประมาณ 2 กิโลเมตร ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมของโครงการไม่กระทบต่อทรัพยากรป่าไม้ในเขตอุทยานและในเขตบริเวณแหล่งน้ำร้อนและใกล้เคียงก็ไม่มีป่าไม้ จึงไม่กระทบทั้งด้านป่าไม้และสัตว์ป่า

ช) ผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ

ลำน้ำแม่งัดเป็นลำน้ำสายหลักที่อยู่ใกล้เขตหมู่บ้าน โดยอยู่ทางทิศตะวันออกขนานกับแนวหมู่บ้าน ซึ่งไหลจากจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ โดยไม่ตัดผ่านเขตชุมชน นอกจากนั้นบริเวณหมู่บ้านมีแหล่งน้ำร้อน บึง อยู่ภายในหมู่บ้าน มีอ่างเก็บน้ำแม่แพง ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากหมู่บ้านไปประมาณ 2 กิโลเมตร และลำน้ำห้วยบง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีห้วยงู ซึ่งไหลไปรวมกับลำน้ำแม่งัดเหนือหมู่บ้าน อีกทั้งยังมีสระน้ำสาธารณประโยชน์เอาไว้ใช้อุปโภค – บริโภคสำหรับหมู่บ้าน ดังนั้นกิจกรรมของโครงการไม่กระทบต่อการลดลงของแหล่งน้ำและการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำผิวดินของชุมชน แต่การมีโครงการทำให้สามารถใช้ประโยชน์แหล่งน้ำร้อน ที่ไหลขึ้นมาบนผิวดินได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น นอกจากใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับสุขภาพในฤดูหนาวแล้ว ยังสามารถใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจได้อีกด้วย นอกจากนั้นการที่มีน้ำจากโครงการไหลลงสู่ลำน้ำแม่งัดบ้างในบางช่วงนั้น ไม่ทำให้การใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรและด้านอื่นๆ ของแม่น้ำเสียหาย

ซ) ผลกระทบด้านความปลอดภัยของบริเวณแหล่งน้ำร้อน

จากลักษณะแบบแปลน ที่จะมีการสร้างและปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบในพื้นที่โครงการนั้นเห็นได้ว่า มีการออกแบบทั้งทางด้านสถาปัตย์ รูปทรง ขนาดและตำแหน่งของสิ่งก่อสร้างต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งบริเวณโดยรอบส่วนที่เป็นแหล่งน้ำร้อนทั้งสองบ่อที่พุ่งขึ้นมานั้นอยู่ในสภาพที่แข็งแรง ไม่ยุบลงสู่แอ่งน้ำร้อนได้อย่างง่ายดาย และมีขอบบ่อสูงขึ้นมาเล็กน้อย ที่นั่งพักมีระยะที่ห่างจากจุดพุ่งของน้ำร้อนของบ่อเจาะในระยะที่ไม่เกิดอันตราย ส่วนบริเวณบ่อน้ำร้อนธรรมชาติก็มีขอบบ่อสูงขึ้นมาเช่นเดียวกันเพื่อป้องกันการพลัดตกลงในบ่อน้ำร้อน อย่างไรก็ตามในช่วงการก่อสร้างถ้า

มีการสร้างบ่อให้มีขนาดเล็กเกินไป อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าเยี่ยมชมในระยะใกล้ได้ เช่นเดียวกับการพุ่งของน้ำร้อนถ้ามีแรงดันมากเกินไปและพุ่งสูงมากเกินไป อาจเป็นอันตรายต่อผู้เข้าเยี่ยมชมระยะใกล้ได้เช่นกัน ดังนั้นขนาดความกว้างของบ่อและแรงดันน้ำควรอยู่ในระดับที่เหมาะสม สอดคล้องกันจึงจะทำให้ไม่เกิดอันตราย และควรมีการปักป้ายข้อความเตือนเกี่ยวกับอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้ในจุดต่างๆ ให้เหมาะสม และมีผู้ดูแลแขกในจุดที่อาจเกิดอันตรายได้ง่ายเช่นกัน

ฌ) ผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจุบันชุมชนได้มีการจัดการการใช้ที่ดินอย่างเป็นสัดส่วน เนื่องจากเป็นหมู่บ้านสร้างใหม่ ซึ่งได้รับมอบทั้งที่ดินสำหรับการอยู่อาศัยและที่ทำกินจากทางการ ประชากรในชุมชนจึงมีที่ดินเป็นของตนเองและใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ การมีโครงการไม่กระทบต่อการใช้ที่ดินของชุมชนที่ยังยึดอาชีพเป็นเกษตรกร ปัจจุบันแหล่งน้ำร้อนเป็นพื้นที่ส่วนกลางของชุมชน เป็นที่ใช้ประโยชน์ร่วมกันและยังไม่ได้รับการพัฒนา จึงมีสภาพค่อนข้างรกร้าง ไม่น่าดู ดังนั้นการมีโครงการจะทำให้เกิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบโครงการให้อยู่ในสภาพที่ดีขึ้นโดยไม่ได้ไปเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินในปัจจุบันแต่อย่างใด

ญ) ผลกระทบด้านการคมนาคม

การที่มีการดำเนินงานของโครงการ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการท่องเที่ยวในเชิงนิเวศและสุขภาพนั้น ท้องถิ่นและคนในชุมชนคาดหวัง ว่ามีกลุ่มคนและนักท่องเที่ยวจากต่างถิ่นเข้ามาเยี่ยมชมและใช้บริการมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูหนาว ซึ่งเป็นฤดูท่องเที่ยวหรือแม้กระทั่งในฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงปิดเทอมใหญ่ เมื่อมีการเข้ามาเยี่ยมชมหรือใช้บริการมากขึ้น ก็ต้องมีการเดินทางโดยยานพาหนะต่างๆ ของนักท่องเที่ยวหรือคนต่างถิ่น ดังนั้นถนนสายหลักของอำเภอพร้าวซึ่งเป็นทางหลักระหว่างอำเภอและเป็นเส้นทางมุ่งสู่แหล่งน้ำร้อนของโครงการนั้นมีรถมากขึ้น มีการจราจรหนาแน่นขึ้น ในช่วงเวลาการท่องเที่ยวดังกล่าว ซึ่งการที่โครงการอยู่ใกล้ถนนหลักในช่วงประมาณ 1 กิโลเมตร ตามแนวถนนที่เป็นทางแยกจากถนนหลักสู่พื้นที่โครงการนั้น ทำให้การจราจรบริเวณปากทางแยกคับคั่งพอสมควร ถ้ามีการเข้ามาท่องเที่ยวอย่างมากมายและนักท่องเที่ยวใช้รถบัสเป็นยานพาหนะ แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางที่จะเข้าสู่ตัวพื้นที่โครงการนั้นมี 2 เส้นทางเล็กที่แยกจากเส้นทางรองดังกล่าว โดยทั้งสองเส้นทางนั้น เป็นเส้นทางเข้าหมู่บ้านโป่งบัวบาน และเป็นแนวเส้นทางที่เชื่อมต่อซอยต่างๆ ของหมู่บ้าน ที่ตัดถนนผ่านทุกครัวเรือน ดังนั้นยานพาหนะของนักท่องเที่ยวสามารถขับเคลื่อนได้ โดยไม่ติดขัดมากนักทั้งนี้ผู้รับผิดชอบโครงการและท้องถิ่นรวมทั้งชุมชน ควรมีส่วนร่วมในการจัดการด้านการจราจรบริเวณปากทางเข้าและควรกำหนดพื้นที่ในการจอดหรือพักรถให้ชัดเจน มิฉะนั้นจะเกิดการกีดขวางการจราจรซึ่งชุมชนจะได้รับผลกระทบโดยตรง

สำหรับด้านอุบัติเหตุจากการจราจรขนส่งนั้น ซึ่งชุมชนส่วนใหญ่ใช้รถเล็ก เป็นรถจักรยานยนต์มากกว่ารถยนต์ ดังนั้นในช่วงการก่อสร้างโครงการ เจ้าของโครงการควรมีการจัดการด้านการขนส่งวัสดุให้ดี ได้แก่ กำหนดความเร็วของรถบรรทุกในเขตชุมชน ไม่ขนส่งวัสดุในช่วงเวลาเร่งด่วนที่

มีการจราจรปกติคับคั่งอยู่แล้ว มีการปกคลุมรถบรรทุกที่มีการขนวัสดุสิ่งของ มีป้ายสัญญานจราจรให้ชัดเจน กำหนดการขนส่งในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น ให้คนขับรถปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัดเป็นต้น ซึ่งจะช่วยลดอุบัติเหตุอันอาจเกิดขึ้นได้ในระดับหนึ่ง ส่วนในช่วงดำเนินโครงการเมื่อเปิดกิจการแล้ว ถ้ามีนักท่องเที่ยวเข้ามาเป็นจำนวนมาก ต้องมีการจัดการด้านจราจรให้ดี โดยชุมชนมีส่วนร่วมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นควรมีป้ายบอกเส้นทางจราจร และป้ายสัญญานต่างๆ ให้ชัดเจนโดยเฉพาะตาม มุมถนน เนื่องจากแนวเส้นทางที่ผ่านพื้นที่โครงการเป็นเส้นทางเล็กและถนนที่เชื่อมโยงในหมู่บ้าน มีการตัดกันเป็นมุมฉากเกือบทุกซอย ควรมีการกวดขันให้ผู้ขับขี่ทุกคนปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด รวมทั้งขับขี่อย่างมีมารยาท เพื่อช่วยลดอุบัติเหตุซึ่งอาจเกิดขึ้นมากกว่าปกติในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวเข้ามามาก

ฎ) ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

ราษฎรในชุมชนบ้านโป่งบัวบานส่วนใหญ่มีอาชีพหลักทางด้านการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำสวนลำใย ซึ่งมีผลผลิตที่จำหน่ายสู่ตลาดภายในและภายนอกชุมชน นอกจากนั้นยังประกอบอาชีพรับจ้างทำงานภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรมเผาถ่าน รวมถึงค้าขายเล็กๆ น้อยๆ โดยมีรายได้เฉลี่ยประมาณ 24,500 บาท/ปี/คน ซึ่งจากการที่มีการดำเนินโครงการให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและสุขภาพ ทำให้ชุมชนสามารถทำการค้าขายผลผลิตที่มีอยู่แก่นักท่องเที่ยวต่างถิ่นได้มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนั้นมีการจ้างงานจากราษฎรในชุมชนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดรายได้ต่อครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นในกรณีที่ชุมชนเป็นผู้ดำเนินโครงการนี้เองหรือเป็นผู้จัดการก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ส่วนรวมต่อชุมชน ทำให้สามารถนำรายได้นี้มาต่อยอดทำกิจกรรมอื่นๆ ที่ต่อเนื่องได้เช่น อาจมีการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรสำหรับเป็นวัสดุในการทำของใช้หรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในกิจการสปาได้ อาจมีการส่งเสริมการผลิตผลิตภัณฑ์สปาชนิดต่างๆ ที่นักท่องเที่ยวสามารถนำกลับไปบ้านได้ หรืออาจมีการประดิษฐ์สิ่งของหรือของที่ระลึกอื่นๆ จากแหล่งวัสดุของท้องถิ่น หรืออาจมีการส่งเสริมการปลูกพืชไร้สารหรือปลอดสารสำหรับร้านอาหารสุขภาพในท้องถิ่น หรือนักท่องเที่ยวที่อยู่ไม่ไกลนักอาจซื้อพืชผักหรือผลไม้เหล่านั้นกลับบ้านได้ เป็นต้น ซึ่งโครงการต่อเนื่องทั้งหลายเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างชุมชนให้เข้มแข็งและสามารถพึ่งพาตนเองได้ในที่สุด ดังนั้นชุมชนและหน่วยงานในท้องถิ่นควรมีการคิดแผนงานหรือโครงการต่อเนื่องต่างๆ ที่เหมาะสมกับทรัพยากรของท้องถิ่นโดยเฉพาะอย่ายิ่งในท้องถิ่นที่มีน้ำและดินอุดมสมบูรณ์เป็นจุดแข็งเช่นนี้ ซึ่งจะเป็นการสร้างงานและสร้างรายได้อย่างดี ถือว่าโครงการจะมีส่วนช่วยในด้านเศรษฐกิจของท้องถิ่นในเชิงบวก

ฎ) ผลกระทบด้านสังคม

การที่มีคนแปลกถิ่นเข้ามาจำนวนมากย่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสังคมบ้างไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มแข็ง ซึ่งเป็นต้นทุนเดิมของสังคม ซึ่งปัจจุบันชุมชนมีวัฒนธรรมแบบผสมผสานกึ่งเมืองกึ่งชนบท เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เคยมีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมาก่อน คือมีวัดดอยแม่ปั๋ง ที่เคยดึงดูดผู้คนเข้ามาเป็นจำนวนมากโดยปัจจุบันยังมีการเดินทางเข้ามาเยี่ยมชมบ้างแต่ไม่มากเหมือนเมื่อ 20 - 30 ปี ก่อน และในปัจจุบันการสื่อสารสะดวกรวดเร็ว ทุกท้องถิ่นสามารถรับ

วัฒนธรรมต่างถิ่นได้ง่ายและเร็วจากสื่อต่างๆ ทุกวัน ดังนั้นสภาพความเป็นอยู่และวิถีชีวิตก็ปรับเปลี่ยนไปตามสถานะ แนวคิดบางอย่างอาจเปลี่ยนไปตามกาลเวลา วัฒนธรรมและประเพณีดั้งเดิมยังมีอยู่ให้พบเห็นในท้องถิ่นและชุมชนเช่น ยังคงใช้ภาษาท้องถิ่น ยังมีการเข้าวัดทำบุญในช่วงเทศกาลที่สำคัญต่างๆ ยังคงรักษาประเพณีท้องถิ่นเช่น งานสงกรานต์ ลอยกระทงฯลฯ ไว้ และส่วนใหญ่ยังคงเป็นผู้มีอัธยาศัยที่เป็นมิตรต่อคนต่างถิ่น ซึ่งมักพบเห็นโดยทั่วไปในสังคมชนบท ดังนั้นการที่จะมีนักท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นจากการมีโครงการอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบ้างในวิถีชีวิตโดยทั่วไปถ้ามีสถานะทางเศรษฐกิจดีขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงของสังคมในชุมชนจะไม่เกิดขึ้นอย่างกระทันหันแต่จะค่อยเป็นค่อยไป เช่นเดียวกับที่เคยเป็นมาในอดีต อย่างไรก็ตามผู้นำชุมชนที่เข้มแข็ง มีจุดยืนทางวัฒนธรรมที่ชัดเจน และสามารถสร้างศรัทธาและความเชื่อถือจากชุมชนได้จะเป็นผู้ที่ช่วยโน้มน้าวและช่วยประคับประคองให้ชุมชนมีความเข้มแข็งได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำโอกาสที่เกิดขึ้นของโครงการมาเป็นตัวกระตุ้นความร่วมมือร่วมใจของชุมชนในด้านต่างๆ อย่างเป็นรูปธรรม

ในด้านความปลอดภัยในสังคม อันอาจเป็นผลกระทบจากการมีหรือดำเนินโครงการนั้นเป็นผลสะท้อนจากการที่มีการจัดการในชุมชนและท้องถิ่นที่ต้องมีความร่วมมือร่วมใจกัน ที่ทำให้เกิดความปลอดภัยขึ้นทั้งแก่ตนเองและนักท่องเที่ยว ซึ่งในการที่มีคนหรือนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมนั้นส่วนใหญ่ เป็นช่วงเวลาที่สั้นคาดว่าไม่เกิน 1 วัน ต่อ 1 คน และนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักมีเจตนาที่มาพักผ่อนหย่อนใจ ดังนั้นจึงคาดว่าการไม่เกิดคดีความต่างๆจากนักท่องเที่ยวที่มีต่อชุมชน แต่อาจมีการกระทบกระทั่งกันบ้างในด้านการจราจร หรือด้านปัญหาเล็กน้อยอื่นๆ ซึ่งถ้ามีการจัดการที่ดีและมีความระมัดระวัง และช่วยกันต้อนรับนักท่องเที่ยวด้วยมิตรไมตรีก็คาดว่าไม่มีคดีความร้ายแรงเกิดขึ้น

ในด้านผลกระทบต่อสังคมของชุมชนที่ คาดว่าจะเกิดขึ้นอีกประการหนึ่งได้แก่ ด้านขยะจากการท่องเที่ยว ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่สำคัญได้ถ้าไม่มีการวางแผนจัดการตั้งแต่เริ่มแรก โดยทั่วไปแล้วคนหนึ่งคนสามารถทำให้เกิดขยะได้ประมาณ 1 กิโลกรัมต่อ 1 วัน ดังนั้นเมื่อมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเป็นจำนวนมากอาจทำให้เกิดขยะปริมาณมากได้เช่นกัน ดังนั้นทางโครงการและชุมชนจะต้องร่วมมือกันในการจัดการขยะที่อาจเกิดขึ้นมากในฤดูการท่องเที่ยว โดยทำแผนการจัดการขยะตั้งแต่เริ่มก่อสร้างโครงการ

ฐ) ผลกระทบด้านการท่องเที่ยว

การดำเนินกิจการของโครงการหรือการมีโครงการเกิดผลกระทบต่อการท่องเที่ยวของท้องถิ่นในแง่บวกเมื่อมีการจัดการที่ดี ทั้งนี้พื้นที่อำเภอพร้าวเคยเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมเป็นเส้นทางการท่องเที่ยวมาก่อน ดังนั้นถ้าชุมชนและหน่วยงานในท้องถิ่นได้ร่วมมือกันคิด และจัดการเส้นทางท่องเที่ยวให้เป็นโปรแกรมที่สามารถท่องเที่ยวภายในระยะเวลา 1 วันอย่างคุ้มค่าได้ก็ทำให้นักท่องเที่ยวหลั่งไหลเข้ามาเยี่ยมชมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งบริเวณอำเภอพร้าวมีจุดแข็งด้านการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมเป็นทุนเดิมอยู่แล้ว ดังนั้นโครงการนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางท่องเที่ยวดังกล่าว โดยที่นักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมวัดดอยแม่ปั๋งแล้ว สามารถเข้ามาที่โครงการ และต่อเนื่องเข้าไปในอ่างเก็บน้ำแม่แพง ซึ่งกำลังพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวและอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่โครงการไป

ประมาณ 3 - 4 กิโลเมตรเท่านั้น หรืออาจมีการสร้างชุมชนเกษตรกรรมปลูกพืชผัก ผลไม้ และไม้ดอกที่สามารถดึงดูดผู้คนเข้าไปเยี่ยมชม ก็ได้เช่นกัน จากสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิประเทศที่เป็นเขา และอากาศค่อนข้างสบาย อาจใช้เป็นจุดแข็งในการดึงดูดคนต่างชาติเข้ามาท่องเที่ยวแบบระยะยาวก็ได้ โดยเฉพาะกลุ่มคนที่นิยมอาบน้ำแร่ สำหรับกิจกรรมและการดำเนินงานของโครงการเอง ก็ควรมีการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการบริการที่ดีมีไมตรีจิต มีความสะดวก สวยงาม สะอาด และปลอดภัย เป็นต้น

5.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

- **สรุปลักษณะของโครงการ**

จากผลการศึกษาและคัดเลือกแหล่งที่มีศักยภาพในการพัฒนาแหล่งน้ำร้อน เพื่อการใช้ประโยชน์อเนกประสงค์พบว่า บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย สามารถใช้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อทำห้องอบแห้งสำหรับพืชผลทางการเกษตรได้ ดังรายละเอียดในช่วงแรกของรายงาน โดยสรุปได้ดังนี้

สำหรับคุณลักษณะและขีดความสามารถของแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง ที่จะนำมาพัฒนาคือ ปากหลุมเจาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้วโดยน้ำร้อนไม่พุ่งขึ้นในแนวดิ่ง มีอัตราการไหลของน้ำร้อนประมาณ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ปากหลุมเจาะประมาณ 57 องศา-เซลเซียส บริเวณปากหลุมเจาะ มีการสร้างฐานคอนกรีตเสริมเหล็กรองรับท่อน้ำร้อน ที่ต่อขึ้นมาจากหลุมเจาะ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการถูกกระทบกระเทือน

การพัฒนาแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง ได้มีการคัดเลือกเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของน้ำร้อนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยคือ ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Heat Pump System) โดยมีขั้นตอนการทำงานโดยสรุปคือ น้ำร้อนจะเข้าสู่ระบบทำความร้อนแบบปั๊มความร้อน เพื่อถ่ายเทความร้อนให้แก่ระบบและทำให้สารทำงานในระบบปั๊มความร้อนกลายเป็นไอสาร ดังกล่าวจะถูกเพิ่มความดันโดยคอมเพรสเซอร์และวิ่งต่อไปยังแผงคอยล์ความร้อนภายในห้องอบแห้ง อากาศภายในห้องอบแห้งจะถูกดูดมายังคอยล์ร้อนโดยใบพัด และอากาศดังกล่าวจะร้อนขึ้น สามารถนำไปใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตรได้ โดยระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Heat Pump System) สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้แก่อากาศภายในห้องอบแห้งได้ประมาณ 40 องศาเซลเซียส

ในการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งประสิทธิภาพสูงนี้ ได้มีการสร้างเป็นโรงเรือนปกคลุมตัวห้องอบแห้ง ที่มีขนาดห้อง 2.40 เมตร x 4.80 เมตร x 2.30 เมตร ขนาดความจุภายในประมาณ 2 ตัน มีผนังและเพดาน 4 ด้านทำด้วยแผ่นโพลีสไตรีน หนา 4 นิ้ว ความหนาแน่น 1.00 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ผิวหน้าทั้งสองด้านของแผ่นฉนวน มีแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเคลือบขาว อัดติดกับโฟมด้วยกาวยูรีเทน พื้นเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 6 นิ้ว ประตูมีขนาด 1.60 เมตร x 3.00 เมตร จำนวน 2 บาน ชนิดบานสวิงคู่ ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านมีแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเคลือบขาวแบบมีลอน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้บานประตู ภายในบุด้วยฉนวนโฟมโพลีสไตรีน มีความหนาแน่นแผ่นฉนวนบานประตู 3 นิ้ว เท่ากับ 1.00 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ขอบประตูใช้ยางรูปตัวที ซีลปิดบริเวณรอยต่อด้านนอกระหว่างบานประตู มีบานพับยึดบานประตู 6 ชุด หลังคาใช้กระเบื้องลอนและโครงหลังคาทำจากเหล็กกล่อง

ในการอบแห้งแบบรวมศูนย์มีระบบจ่ายลมร้อนให้แก่ห้องอบแห้ง เพื่อดึงความชื้นออกจากวัสดุทางการเกษตรที่ทำการอบแห้ง การระบายลมเข้าออกภายในห้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นด้านหลังห้องอบแห้งมีช่องรับลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องอบแห้ง ซึ่งอยู่บริเวณใบพัดและมีช่อง

ระบายอากาศขึ้นออกภายนอกห้องอบแห้ง ซึ่งจะอยู่เหนือแผงแลกเปลี่ยนความร้อน โดยช่องทั้งสองนี้สามารถปิด - เปิดได้ ภายในห้องอบแห้งนอกจากจะมีตะแกรง ซึ่งเป็นโครงเหล็กสำหรับรองรับพืชผลทางการเกษตรที่จะนำมาอบแห้งแล้ว ยังมีระบบไฟฟ้าและควบคุมอุณหภูมิ ผนังแจกลม พัดลม มอเตอร์ แผงแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำร้อน และท่อนำน้ำร้อนเข้าสู่แผงแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเป็นท่อสาขาต่อมาจากท่อหลัก ต่อมาจากปากหลุมเจาะ ซึ่งท่อสาขานี้ทำจากท่อเหล็กดำ SCH40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว

ในการลำเลียงน้ำร้อนจากหลุมเจาะ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว มายังห้องอบแห้งนั้น ได้ลำเลียงโดยใช้ปั๊มความร้อนที่มีอัตราการไหลประมาณ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทนความร้อนสูงสุดได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส มีระยะทางจากปากหลุมถึงโรงเรือนประมาณ 50 เมตร ระบบนำน้ำร้อนใช้ท่อเหล็กดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ลำเลียงจากหลุมเจาะมายังโรงเรือน โดยท่อเหล็กดำดังกล่าวมีการหุ้มฉนวนใยแก้วกันความร้อนและบรรจุในท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ป้องกันน้ำจากภายนอกสัมผัสท่อเหล็ก การวางระบบท่อนำน้ำร้อนนี้ได้วางไว้ใต้ดินเพื่อรักษาทัศนียภาพโดยรอบ

สำหรับน้ำร้อนที่ผ่านการใช้งานในห้องอบแห้งแล้ว มีท่อนำน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิระหว่าง 40 - 90 องศาเซลเซียสไหลกลับลงสู่หลุมเจาะน้ำร้อนเดิมโดยส่งน้ำไหลกลับลึกลงไปจากปากหลุมเจาะเพื่อไม่ให้ปะปนกับระบบนำน้ำร้อนออกจากหลุมเจาะ โดยท่อนำน้ำกลับ มีขนาด 2 นิ้ว ความยาวประมาณ 5 เมตร ฝังต่อลงไปในดินเชื่อมกับหลุมน้ำร้อน ณ ที่ความลึก 0.5 เมตร

- **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม**

จากการที่ได้มีการดำเนินกิจกรรมของโครงการดังกล่าว ประกอบกับลักษณะสภาพแวดล้อมโดยรอบแล้ว สามารถวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญซึ่งเป็นที่สนใจ และอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการดำเนินงานของโครงการ ดังนี้

ก) ผลกระทบด้านความปลอดภัยของบริเวณหลุมเจาะ

จากการที่บริเวณหลุมเจาะมีการทำฐานคอนกรีตที่แข็งแรงปิดปากหลุม ไม่ทำให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อท่อภายในหลุมเจาะ รวมทั้งท่อที่ต่อขึ้นมาด้านบนเป็นประตูปิด - เปิดน้ำด้านบน ไม่ให้เกิดการกระแทกจากการถูกชนด้านบน ทำให้ไม่เกิดการแตกของท่อน้ำร้อน ดังนั้นจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบจากการแตกของท่อน้ำบริเวณหลุมเจาะ และอีกประการหนึ่ง การที่บริเวณหลุมเจาะมีประตูปิด - เปิดน้ำ ที่สามารถควบคุมปริมาณการไหลของน้ำร้อนที่ต่อขึ้นมานั้น จะช่วยป้องกันการไหลล้นของน้ำร้อนไม่ให้ออกมามากเกินความจำเป็น จึงช่วยป้องกันมิให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบจากน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงได้

ข) ผลกระทบจากการแผ่กระจายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม

การต่อท่อน้ำร้อนไปใช้งาน

สำหรับท่อน้ำร้อนที่ต่อออกมาและนำน้ำร้อนออกไปใช้ในห้องอบแห้ง เป็นท่อเหล็กดำที่มีการหุ้มฉนวนใยแก้วกันความร้อนและบรรจุในท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ป้องกันน้ำจากภายนอกสัมผัสท่อเหล็ก อีกทั้งมีการวางระบบท่อนำน้ำร้อนไว้ใต้ดิน ดังนั้นจึงไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบจากการกระจายความร้อนจากท่อน้ำที่นำน้ำร้อนไปใช้งานและคาดว่าจะไม่เกิดการแตกของท่อนำน้ำร้อนเนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง และยังบรรจุไว้ในท่อ PVC อีกชั้น นอกจากนั้นได้มีการดูแลการใช้ประโยชน์ของห้องอบแห้ง รวมทั้งระบบการนำน้ำร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งโดยชุมชนอีกด้วย

บริเวณห้องอบแห้ง

ห้องอบแห้งเป็นห้องที่ถูกออกแบบให้มีผนังทุกด้าน เพดานและพื้นเป็นฉนวนกั้นความร้อน มิให้เล็ดลอดออกไปสู่บรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

ค) ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและคุณภาพจากการปล่อยน้ำร้อนลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ในการดำเนินงานนำน้ำร้อนไปเป็นพลังงานความร้อนที่เก็บห้องอบแห้งนั้น หลังจากการใช้งานน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิลดต่ำลง ไม่สามารถจะนำไปใช้งานได้ต่อไป จึงต้องมีการปล่อยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำเหล่านั้นออกมา เพื่อนำน้ำร้อนใหม่เข้าไปใช้เป็นพลังงานความร้อนต่อไป น้ำร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากห้องอบแห้งนั้นจะมีอุณหภูมิระหว่าง 40 - 90 องศาเซลเซียส และถูกปล่อยออกไปสู่หลุมเจาะเดิมที่ได้เจาะนำน้ำออกมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นน้ำที่ไหลกลับลงสู่บ่อเดิม จึงถูกเติมกลับเช่นเดิม ถือว่าเป็นการใช้น้ำแบบหมุนเวียนทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่แหล่งน้ำนั้น ดังนั้นแหล่งน้ำร้อนซึ่งเป็นแหล่งน้ำใต้ดินธรรมชาติจะไม่ถูกกระทบในด้านปริมาณและคุณภาพ และไม่มีผลกระทบต่อน้ำผิวดินเช่นกัน เพราะไม่มีการปล่อยน้ำร้อนลงในแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดิน

ง) ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ

จากการที่ได้มีการนำแหล่งน้ำร้อนที่มีศักยภาพต่ำมาใช้ประโยชน์ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพ สามารถนำมาช่วยเพิ่มมูลค่าของพืชผลทางการเกษตรได้ ถือว่าเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำของชุมชน ซึ่งปัจจุบันได้ใช้ประโยชน์จากการท่องเที่ยวแหล่งน้ำร้อนเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงไม่กระทบต่อการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำโดยปกติของชุมชน

จากการศึกษาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติหรือคุณภาพของน้ำร้อนของแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปางจำนวน 2 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 5.14 พบว่าเกลือแร่ต่างๆและโลหะหนัก ที่ละลายในน้ำร้อนมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำฯ และไม่เกินค่ามาตรฐานการระบายน้ำที่มี

คุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางด้านการใช้น้ำผิวดิน ตามที่กำหนดสำหรับแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 และงานด้านชลประทาน ได้ถ้ามีการผสมกับน้ำเย็นในแม่น้ำ หรือลำห้วยตามธรรมชาติแล้วมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับคุณสมบัติของ น้ำบาดาล ที่เหมาะสมสำหรับบริโภคของมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) แล้วถึงแม้ว่ามีคุณสมบัติทางเคมี และสารพิษ ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด (ซึ่งเป็นของน้ำบาดาลตามธรรมชาติที่ไม่ใช่น้ำร้อน) ก็ตามแต่ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ความร้อนและกลิ่นของน้ำร้อนไม่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภค ซึ่งปัจจุบันไม่มีการใช้ประโยชน์ในด้านบริโภค จึงถือว่าไม่กระทบต่อแหล่งน้ำบริโภคของชุมชน

สำหรับการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำเป็นแหล่งท่องเที่ยวนั้น ถึงแม้ว่าจะมีการนำน้ำจากใต้ดินขึ้นมาใช้แต่ได้มีการนำน้ำกลับปล่อยลงสู่แหล่งเดิม หรือบ่อเจาะเดิม จึงไม่ทำให้เกิดการแห้งของน้ำในแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้และแหล่งน้ำร้อนในพื้นที่ใกล้เคียง

จ) ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม

จากการพัฒนาแหล่งน้ำร้อนให้สามารถนำไปเกิดประโยชน์ทำเป็นห้องอบแห้งสำหรับพืชผลทางการเกษตรนั้น ย่อมจะช่วยทำให้เกษตรกรซึ่งมีแหล่งเพาะปลูกพืชหลายชนิดที่อยู่ใกล้เคียง มีช่องทางเพิ่มขึ้นที่จะทำให้สามารถเก็บผลิตผลทางการเกษตรได้นานขึ้น ทำให้ไม่เกิดการสูญเปล่าจากการเน่าเสีย โดยสามารถขายผลิตผลในรูปอบแห้งได้ ทำให้เพิ่มพูนรายได้จากการจำหน่ายพืชผลทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนั้นการที่มีห้องอบแห้งสำหรับพืชผลทางการเกษตร ทำให้เป็นจุดสนใจของเกษตรกรที่มีความต้องการลงทุนด้านการปลูกพืชที่สามารถอบแห้งและเป็นที่นิยมได้ โดยไม่ต้องเดินทางไปอบไกลจากแหล่งเพาะปลูก ทำให้ประหยัดพลังงานในการขนส่งและประหยัดเวลาเดินทาง ซึ่งการลงทุนเพื่อปลูกพืชสำหรับการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้ประชากรไม่อยากละทิ้งถิ่นฐานเพื่อออกไปเป็นแรงงานต่างถิ่น ถือได้ว่าช่วยทำให้สภาพสังคมมีความเป็นปึกแผ่นแน่นแฟ้นยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์		ค่ามาตรฐาน		
	PL1	PL2	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S1	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S2	(เกณฑ์ที่เหมาะสม) *S3
ความเป็นกรด – เบส	7.8	7.8	5.0-9.0	6.5-8.5	7.0-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)	1,339	1,325	-	2,000	-
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลาย (mg/l)	948	945	-	-	1,200
คาร์บอเนต (mg/l)	0.0	0.0	-	-	-
ไบคาร์บอเนต (mg/l)	980	990	-	-	-
คลอรีน (mg/l)	11.4	11.2	-	-	<250
ซัลเฟต (mg/l)	10.5	10.7	-	-	<200
ฟลูออไรด์ (mg/l)	0.6	0.6	-	-	<0.7
ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (mg/l)	0.0	0.0	-	1.0	-
ไนเตรต (mg/l)	<0.2	<0.2	-	-	<45
ความเป็นด่างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	802	809	-	-	-
ความกระด้างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	57.1	58.5	-	-	<300
ซิลิกา (mg/l)	43.5	43.8	-	-	-
โซเดียม (mg/l)	373.461	375.215	-	-	-
โพแทสเซียม (mg/l)	6.781	6.821	-	-	-
ลิเทียม (mg/l)	0.079	0.075	-	-	-
แคลเซียม (mg/l)	12.128	12.258	-	-	-
แมกนีเซียม (mg/l)	6.501	6.545	-	-	-
เหล็ก (mg/l)	<0.005	<0.005	-	-	<0.5
แมงกานีส (mg/l)	<0.005	<0.005	1.0	0.5	<0.3
สังกะสี (mg/l)	<0.005	<0.005	1.0	5.0	<5.0
ทองแดง (mg/l)	<0.005	<0.005	0.1	1.0	<1.0
แคดเมียม (mg/l)	<0.002	<0.002	0.005	0.03	ต้องไม่มี
ตะกั่ว (mg/l)	<0.005	<0.005	0.05	0.1	ต้องไม่มี

หมายเหตุ :

*S1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

*S2 มาตรฐานการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532

*S3 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนด หลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ราชกิจจานุเบกษา เล่ม116 ตอนที่ 29ง วันที่ 13 เมษายน 2542

ฉ) ผลกระทบต่อป่าไม้และสัตว์ป่า

พื้นที่ตั้งโครงการไม่ได้อยู่ในเขตป่าไม้อนุรักษ์ ป่าสงวนหรืออุทยานแห่งชาติ การดำเนินงานของโครงการไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของป่าไม้ในเขตเขา ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงที่ไม่ได้เป็นป่าไม้หนาแน่น แต่เป็นพื้นที่ปลูกสวนส้มเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่พบสัตว์ป่าหายากในบริเวณใกล้เคียง จะพบแต่สัตว์ป่าบางชนิดที่เป็นสัตว์ป่าที่หาง่ายและปรับตัวได้ง่ายที่พบได้ทั่วไปในทุกพื้นที่ เช่น งู นก หรือกิ้งก่าที่อาศัยตามต้นไม้ใหญ่ใกล้เคียงโดยรอบ

ช) ผลกระทบต่อการคมนาคม

ในการดำเนินโครงการพัฒนาแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ อาจทำให้เพิ่มจำนวนรถบรรทุกที่จะเข้ามาใช้บริการอบพืชผลอยู่บ้าง แต่คาดว่าจะไม่กระทบต่อการสัญจรตามปกติของชุมชน เนื่องจากเป็นชุมชนเกษตรกรรมและมีการใช้รถบรรทุกเล็กเพื่อขนพืชผลทางการเกษตรเป็นประจำอยู่แล้วและเนื่องจากห้องอบแห้งอยู่ใกล้เส้นทางหลักของชุมชน ซึ่งเป็นทางหลวงสายรองที่เชื่อมต่อระหว่างจังหวัดแต่เป็นถนนสายหลักที่เชื่อมระหว่างอำเภอ ถ้ามีโครงการ การใช้เส้นทางสำหรับขนส่งพืชผลทางเกษตรสำหรับนำไปอบแห้งคาดว่าจะมากขึ้นกว่าปกติ จึงควรมีมาตรการในการป้องกันอุบัติเหตุโดยมีป้ายหรือเอกสารแจ้งเตือนผู้สัญจรให้ระวังรถบรรทุกที่วิ่งเข้า - ออก ในพื้นที่โครงการ

ซ) ผลกระทบต่อการท่องเที่ยว

สำหรับผลกระทบที่มีต่อแหล่งท่องเที่ยวนั้น คาดว่าการมีห้องอบแห้งอาจเป็นจุดสนใจสำหรับนักท่องเที่ยวได้เช่นกัน จึงน่าจะเป็นผลกระทบในทางบวกจากการมีโครงการ

5.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

- **สรุปลักษณะของโครงการ**

แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 5 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ตั้งอยู่ในทางหลวงแหมายเลข 1 ระหว่าง กิโลเมตรที่ 793+228 ถึง กิโลเมตร 793+541 ทางด้านขวา อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่ม บริเวณแหล่ง น้ำร้อนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 12 ไร่ ติดถนนพหลโยธินทางด้านตะวันออก ลักษณะของแหล่งน้ำร้อนเป็นน้ำร้อนธรรมชาติที่ผุดขึ้นมา ได้มีการทำบ่อซีเมนต์สำหรับกักเก็บน้ำร้อนไว้ใช้ประโยชน์ จำนวน 2 บ่อ และบ่อน้ำเย็น 1 บ่อ โดยบ่อทั้ง 3 วางตัวอยู่ในแนวเกือบทิศเหนือ - ใต้ โดยบ่อน้ำเย็นตั้งอยู่บนเนินทาง ทิศเหนือของบ่อน้ำอุ่นและบ่อน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาวเคยเป็นสถานที่ท่องเที่ยวมาก่อน แต่ปัจจุบันถูกทิ้งร้างไว้ โดยไม่มีการดูแลสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่โดยรอบ ทำให้บางส่วนทรุดโทรมลงอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับแนวทางการพัฒนาแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ คาดว่าจะใช้ประโยชน์เป็นแหล่งผลิตน้ำดื่มประเภทน้ำแร่ธรรมชาติ โดยอาจให้ชุมชนเป็นเจ้าของโดยมีกระบวนการผลิตน้ำแร่ ดังแสดงในรูปที่ 5.25 ซึ่งแนวคิดดังกล่าว ยังไม่อยู่ในขั้นวางแผนการดำเนินการในด้านต่างๆ เช่นการก่อสร้าง การวางแผนการผลิต ตลอดจนรูปแบบในการจัดการอย่างชัดเจนในขณะนี้ แต่ได้เน้นด้านความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตดังกล่าว ดังนั้นการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำหรับโครงการนี้จึงเป็นการคาดคะเนจากกระบวนการที่จะมีการผลิตต่อไป โดยที่สภาพการดำเนินการที่ได้กระทำไปแล้วในโครงการนี้คือมีการต่อท่อ วัดระดับการไหลของน้ำร้อน 3 บ่อซึ่งพบว่ามีอัตราการไหลประมาณ 2 - 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อหลุม และได้มีการวิเคราะห์น้ำร้อนดังกล่าวเพื่อดูความเหมาะสมสำหรับการเป็นน้ำดื่ม

- **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม**

จากรายงานโครงการจัดทำมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ประเภทโป่งพุร้อน (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) พบว่าผลการประเมินสถานภาพปัจจุบันของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อยู่ในระดับปานกลาง มีสถานภาพด้านคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของแหล่งน้ำร้อนอยู่ในระดับปานกลาง สถานภาพด้านศักยภาพในการคงคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ และสถานภาพด้านความเสี่ยงต่อการถูกทำลายของแหล่งอยู่ในระดับสูง เมื่อนำผลการประเมินดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบันและแผนการดำเนินกิจกรรมของโครงการดังกล่าว สามารถวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ซึ่งเป็นที่สนใจและอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการดำเนินงานของโครงการ ดังนี้

ก) ผลกระทบด้านภูมิประเทศและทัศนียภาพ

จากสภาพปัจจุบันของลักษณะภูมิประเทศของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว ซึ่งบริเวณบ่อน้ำร้อนเป็นที่ราบขนาดเล็กอยู่ติดกับถนนสายหลัก โดยพื้นที่บ่อน้ำร้อนเคยได้รับการพัฒนาแล้ว ทำให้มีถนน ศาลาพักผ่อน และมีการปรับปรุงผิวดินบริเวณบ่อน้ำร้อนโดยการเทคอนกรีต ซึ่งพื้นที่ของ

แหล่งน้ำร้อนที่เชื่อมต่อจากเนินเขาสูงนั้น เอียงเทออกไปยังแนวถนน ทำให้น้ำระบายออกไปยังฝั่งตรงข้ามของแนวถนนสายหลัก เข้าสู่ที่ราบลุ่มที่เป็นทุ่งนา ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบว่าถ้าได้รับการพัฒนาเป็นที่พักผ่อนระหว่างการเดินทางได้ และเนื่องจากจะมีแนวทางในการพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งผลิตน้ำแร่ธรรมชาติ ก็จะมีการสร้างห้อง หรืออาคารผลิตขึ้นมา ซึ่งถ้ามีการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ โดยสร้างเป็นอาคารชั้นเดียว มีรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม ก็จะไม่ทำให้ทัศนียภาพที่ดีอยู่เสียไป และยังสามารถใช้ประโยชน์น้ำร้อนในการดื่มกินได้ นอกจากนั้นเมื่อมีการก่อสร้างควรมีการระมัดระวังมิให้เกิดการทำลายลักษณะภูมิประเทศ ดั้งเดิมในบริเวณนี้ นอกจากนั้นควรมีการแบ่งพื้นที่บางส่วน สำหรับนักท่องเที่ยวได้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ด้วย

ข) ผลกระทบด้านธรณีวิทยาแหล่งน้ำร้อน

จากข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาบริเวณแหล่งน้ำร้อน พบว่ามีรอยแตกในพื้นที่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำร้อนมีจำนวนค่อนข้างน้อย โดยรอยแตกส่วนใหญ่วางตัวเหนือ – ใต้ ถึงตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ พบร่องรอยของรอยเลื่อนขนาดเล็กอยู่ทั่วไปในหิน รอยเลื่อนนี้อาจเป็นช่องทางให้น้ำร้อนไหลขึ้นมา ต้นกำเนิดความร้อนในบริเวณนี้ไม่ปรากฏเด่นชัด แต่คาดว่าอาจมีมวลหินแกรนิตที่ระดับลึก ที่สัมพันธ์กับหินแกรนิตที่ปรากฏบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่งพะเยา เมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำร้อนและลักษณะโครงการทำให้คาดคะเนได้ว่า การดำเนินการของโครงการจะไม่กระทบกระเทือนต่อลักษณะธรณีวิทยาแหล่งน้ำร้อน เพราะไม่มีการขุดเจาะในระดับลึกมาก

ค) ผลกระทบด้านแหล่งน้ำใต้ดิน

จากการที่จะมีการดำเนินการของโครงการ ให้มีการนำน้ำร้อนเกือบทั้งหมดมาใช้เป็นน้ำแร่สำหรับดื่มกิน โดยโครงการนี้มีการผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี คาดว่าไม่กระทบต่อปริมาณน้ำใต้ดินระดับตื้น ส่วนน้ำใต้ดินระดับลึกซึ่งเป็นแหล่งน้ำร้อนอาจมีการกระทบบ้าง โดยอาจมีการลดปริมาณลงเล็กน้อยในช่วงฤดูแล้ง เพราะอาจไม่มีน้ำในธรรมชาติเพียงพอที่จะเติมลงไป เพราะคาดว่าแหล่งน้ำอยู่ลึกมากและมีรอยแตกของหินน้อย ซึ่งในสภาพปัจจุบันถึงแม้มีน้ำใต้ดินไหลตลอดเวลาแต่ก็ไม่มากนัก ชุมชนมีการสร้างบ่อกักเก็บไว้และไม่ได้มีการตักขึ้นมาใช้อย่างมากมาย การทำเป็นแหล่งผลิตน้ำดื่มนั้น ทางโครงการจะผลิตอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่มีการปั๊มน้ำขึ้นมาใช้ในกิจการ ดังนั้นคาดว่าไม่กระทบมากนัก

ง) ผลกระทบด้านคุณภาพน้ำ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ พบว่ามีคุณภาพดังแสดงในตารางที่ 5.15 พบว่า คุณสมบัติตามธรรมชาติของแหล่งน้ำร้อนนี้เกือบทั้งหมด (ยกเว้นค่าอุณหภูมิ หรือความร้อนของน้ำร้อน) มีค่าไม่เกินเกณฑ์กำหนด ตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 และมาตรฐานการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานใน

เขตพื้นที่โครงการชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532 ส่วนความเหมาะสมในด้านการบริโภคตามเกณฑ์ความเหมาะสมตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนด หลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ราชกิจจา-นุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 29ง ลงวันที่ 13 เมษายน 2542 นั้นพบว่าน้ำร้อนจากแหล่งนี้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพอื่นๆเหมาะสมสำหรับการดื่ม ยกเว้นมีอุณภูมิไม่เหมาะสมสำหรับการดื่ม และอาจมีเชื้อโรคปนเปื้อน อยู่ในน้ำได้ ส่วนค่าฟลูออไรด์ที่ละลายซึ่งปกติที่สูงในน้ำพุร้อนนั้น พบว่ามีค่าต่ำและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งยังไม่มีกลิ่นอันเป็นที่รังเกียจเช่นเดียวกับแหล่งน้ำร้อนแหล่งอื่นๆ ส่วนความเหมาะสมสำหรับเป็นน้ำแร่บรรจุขวดนั้น พบว่ามีค่าคุณภาพน้ำไม่เกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุดของค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน 2524, ราชกิจจานุเบกษา (ฉบับพิเศษ) เล่ม 98 ตอน 157 วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2524 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอน 61 วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2534

ตามคุณสมบัติดังกล่าวของน้ำร้อน สามารถกล่าวได้ว่าในกรณีที่มีน้ำไหลล้นออกจากแหล่งและปะปนกับแหล่งน้ำธรรมชาติไม่ทำให้เกิดปัญหาใดๆ กับคุณภาพน้ำในธรรมชาติ ยกเว้นคุณสมบัติด้านความร้อน ซึ่งจากสภาพของแหล่งในปัจจุบันพบว่า ก่อนที่น้ำไหลออกไปถึงแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำจะไหลผ่านพื้นที่ลุ่มและบึง ที่อยู่ถัดออกไป ทางด้านข้างของแนวถนนแล้ว จึงไหลล้นออกไปซึ่งระยะทางที่น้ำไหลไปถึงทางน้ำธรรมชาตินั้น ค่อนข้างไกลเป็นระยะทางประมาณ 500 เมตร ดังนั้นน้ำจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำผิวดินทั่วไป ดังนั้นการกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดินจากน้ำร้อนธรรมชาติมีไม่มาก

ส่วนกิจกรรมของโครงการนั้น พบว่าเป็นการเก็บน้ำที่ไหลพุ่งออกมาจากแหล่งมาบรรจุขวดเพื่อใช้เป็นน้ำแร่ธรรมชาตินั้น ทำให้โอกาสการไหลของน้ำร้อนออกจากแหล่งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติลดน้อยลงค่อนข้างมากดังนั้นกิจกรรมของโครงการ จึงนับว่าไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินที่มีอยู่ในธรรมชาติในด้านลบ แต่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแง่ที่จะทำให้แร่ธาตุในแหล่งน้ำที่เคยผสมกับน้ำร้อนลดลงได้บ้าง

ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์			ค่ามาตรฐาน			
	HS-01	HS-02	HS-03	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S1	(เกณฑ์กำหนดสูงสุด) *S	(เกณฑ์ที่เหมาะสม) *S3	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด* S4
สี กลิ่น	-	-	-	เป็นไปตามธรรมชาติ	-	5 (Platinum Cobalt)	20 (Hazen Unit) ไม่มีกลิ่น
ความขุ่น	-	-	-	-	-	5.0	5.0
ความเป็นกรด – เบส	6.8	6.7	6.6	5.0-9.0	6.5-8.5	7.0-8.5	6.5-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)	-	-	-	-	2,000	-	-
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลาย (mg/l)	220	108	109	-	-	<600	-
คาร์บอเนต (mg/l)	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
ไบคาร์บอเนต (mg/l)	245	130	125	-	-	-	-
คลอรีน (mg/l)	6.2	7.8	8.2	-	-	<250	250
ซัลเฟต (mg/l)	5.5	8.2	8.5	-	-	<200	250
ฟลูออไรด์ (mg/l)	0.4	0.4	0.4	-	-	<0.7	1.5
ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (mg/l)	0.0	0.0	0.0	-	1.0	-	-
ไนเตรต (mg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	-	-	<45	4.0
ความเป็นด่างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	202	107	103	-	-	-	
ความกระด้างรวม (mg/l as $CaCo_3$)	152	74	76	-	-	<300	100
ซิลิกา (mg/l)	30.5	31.2	33.0	-	-	-	-
โซเดียม (mg/l)	21.211	18.505	18.789	-	-	-	-
โพแทสเซียม (mg/l)	8.715	7.665	7.895	-	-	-	-
ลิเทียม (mg/l)	0.058	0.052	0.051	-	-	-	-
แคลเซียม (mg/l)	39.575	20.311	20.113	-	-	-	-
แมกนีเซียม (mg/l)	13.005	5.501	4.852	-	-	-	-
เหล็ก (mg/l)	0.008	0.009	0.007	-	-	<0.5	0.3
แมงกานีส (mg/l)	0.006	0.005	0.005	1.0	0.5	<0.3	0.05
สังกะสี (mg/l)	0.575	0.275	0.285	1.0	5.0	<5.0	5.0
ทองแดง (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	1.0	<1.0	1.0
แคดเมียม (mg/l)	<0.002	<0.002	<0.002	0.005	0.03	ต้องไม่มี	0.005
ตะกั่ว (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.1	ต้องไม่มี	0.05

หมายเหตุ :

*S1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

*S2 มาตรฐานการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำเชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532

*S3 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนด หลักเกณฑ์และมาตรการ ในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมปั่นพิษ ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 29ง ลงวันที่ 13 เมษายน 2542

*S4 มาตรฐานคุณภาพน้ำน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ลงวันที่ 7 กันยายน 2524, ราชกิจจานุเบกษา (ฉบับพิเศษ) เล่ม 98 ตอน 157 วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2524 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอน 61 ลงวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2534

จ) ผลกระทบด้านการนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ

การที่จะเกิดการกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำนั้น มักเกิดขึ้นโดยแปรผันตามคุณภาพน้ำ ถ้าคุณภาพน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางไม่ดีมาก ก็ทำให้ระบบนิเวศวิทยาเดิมเสียหายได้ แต่จากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อด้านคุณภาพน้ำ ซึ่งได้ประเมินว่ากิจกรรมของโครงการที่จะเกิดขึ้นนั้นไม่ทำให้เกิดการกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณใกล้เคียง แต่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแง่ที่ทำให้แร่ธาตุในแหล่งน้ำ ที่เคยผสมกับน้ำร้อนลดลงได้บ้าง ดังนั้นอาจมีการปรับเปลี่ยนในระบบนิเวศน้ำจืดบ้างที่แหล่งน้ำมีแร่ธาตุลดลงบ้าง แต่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากในระบบนิเวศน้ำจืด การเปลี่ยนแปลงที่อาจพบเห็นเช่นพืชบางชนิดอาจชะงักการเจริญเติบโต ในขณะที่พืชบางชนิดอาจมีการเจริญเติบโตขึ้นเร็วและมีมากขึ้นกว่าแต่ก่อน สาหร่ายในน้ำบางชนิดอาจลดน้อยลง บางชนิดอาจเพิ่มขึ้น เป็นต้น ส่วนสัตว์ในน้ำที่เป็นสัตว์ใหญ่และสัตว์เลื้อยคลาน อาจไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากส่วนมากเป็นสัตว์ที่ปรับตัวได้ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ในกรณีที่ไม่มีการจัดการด้านน้ำที่ผ่านขั้นตอนการล้างขวดอาจทำให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศวิทยาน้ำจืดดังกล่าวได้

ฉ) ผลกระทบด้านป่าไม้และสัตว์ป่า

พื้นที่โครงการอยู่ชิดกับเขตป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่มีสัตว์ป่าทั่วไปที่พบได้ในพื้นราบ ดังนั้นในการดำเนินกิจกรรมของโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการก่อสร้าง อาจทำให้เกิดการรบกวนต่อพื้นที่ป่าได้บ้างเช่น อาจมีฝุ่นฟุ้งกระจายไปในเขตป่า หรืออาจมีเสียงดังทำให้สัตว์ป่าที่อาศัยในป่าหนีเข้าไปในป่าลึกได้ ตลอดจนคนงานหรือเจ้าหน้าที่ของโครงการ อาจเข้าไปทำลายหรือโค่นต้นไม้ได้ถ้าไม่มีการดูแลอย่างเข้มงวด ดังนั้นเจ้าของโครงการควรมีการดูแลและออกฎระเบียบมิให้มีการบุกรุกในเขตป่าเพื่อโค่นต้นไม้หรือจับสัตว์ป่า ส่วนในช่วงการดำเนินกิจกรรมการเก็บบรรจุน้ำนั้น ถ้าเป็นกิจกรรมเจ้าของโครงการควรร่วมกับชุมชนในการช่วยดูแลป่าไม้ในบริเวณใกล้เคียงไม่ให้เจ้าหน้าที่ และลูกค้า ทำการบุกรุกหรือทำลายป่ารวมทั้งห้ามมิให้มีการล่าสัตว์ป่า กล่าวได้ว่าการมีโครงการหรือการดำเนินกิจกรรมโครงการอาจมีผลกระทบต่อป่าไม้และสัตว์ป่าได้ถ้าไม่มีการดูแลและจัดการให้ดี

ช) ผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำและน้ำร้อน

ในสภาพปัจจุบันแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้เป็นสถานที่ท่องเที่ยว (แต่ถูกทิ้งร้างไว้) และมีผู้เข้ามาใช้ประโยชน์น้อย จึงทำให้การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำร้อนได้ไม่เต็มที่ การเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ไปเป็นแหล่งผลิตน้ำดื่มชนิดน้ำแร่บรรจุขวดนั้น นับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำร้อนประการหนึ่ง ซึ่งอาจกระทบต่อการใช้แหล่งน้ำจากธรรมชาติของชุมชนในด้านการเกษตรบ้างเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณน้ำในแหล่งน้ำเดิมรวมน้ำจากน้ำร้อนที่ไหลออกไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นด้วย อย่างไรก็ตามถือว่ามีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับน้ำผิวดินตามธรรมชาติ ที่ได้จากน้ำฝนหรือแหล่งกักเก็บอื่นๆ การมีแหล่งน้ำดื่มเพิ่มขึ้นถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของชุมชนที่จะไม่ขาดแคลนน้ำสำหรับบริโภค ถือว่าเป็นรูปแบบใหม่ของการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำร้อนของชุมชน อย่างไรก็ตามควรมีการแบ่งพื้นที่บางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำแร่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวสำหรับการเยี่ยมชมหรือเป็นที่พักผ่อนของนักท่องเที่ยว

ได้ในขณะเดียวกัน ซึ่งน่าจะเป็นการใช้ประโยชน์สูงสุดจากแหล่งน้ำร้อนแห่งนี้ ซึ่งมีสภาพโดยรอบค่อนข้างดีอยู่แล้ว

ช) ผลกระทบด้านความปลอดภัยของบริเวณบ่อน้ำร้อน

ในการดำเนินการของโครงการ ซึ่งเป็นหน่วยผลิตน้ำดื่มชนิดน้ำแร่บรรจุขวดนั้น ไม่ทำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัยในขณะเข้าเยี่ยมชมน้ำร้อน เนื่องจากกระบวนการการผลิตเป็นระบบปิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก อย่างไรก็ตามการดำเนินโครงการควรมีเจ้าหน้าที่ดูแลด้านความปลอดภัยของระบบและดูแลความปลอดภัยโดยรอบแหล่งน้ำ

ฌ) ผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจุบันชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำร้อน ได้มีการจัดการการใช้ที่ดินอย่างเป็นสัดส่วนประชากรในชุมชนส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในเขตใกล้เมืองจึงมีที่ดินเป็นของตนเองและใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ การมีโครงการจะไม่กระทบต่อการใช้ที่ดินของชุมชนที่ยังยึดอาชีพเป็นเกษตรกร ปัจจุบันแหล่งน้ำร้อนเป็นพื้นที่ที่อยู่ในการดูแลของกรมทางหลวง และถ้ามีการจัดการให้เป็นแหล่งผลิตน้ำแร่ โดยส่วนกลางของชุมชนเป็นเจ้าของก็เป็นการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำร้อนธรรมชาติซึ่งเป็นพื้นที่ของทางราชการ โดยชุมชนจะได้รับผลประโยชน์ ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวเป็นสถานที่ท่องเที่ยวแต่ถูกปล่อยทิ้งร้างไว้ ซึ่งเสี่ยงต่อการถูกทำลายได้ง่าย ยกเว้นว่ามีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ตลอดจนมีการจัดการที่ชุมชนมีส่วนร่วม แหล่งน้ำร้อนแห่งนี้อาจกลับมาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวได้อีกครั้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการพัฒนาโครงการดังกล่าวจากสถานที่ท่องเที่ยวไปเป็นแหล่งผลิตน้ำแร่ เป็นการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินของแหล่งน้ำร้อนอย่างสิ้นเชิง ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำร้อน ได้มีการเสนอแนะให้ แบ่งพื้นที่บางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำแร่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวสำหรับการเยี่ยมชมหรือเป็นที่พักผ่อนของนักท่องเที่ยว ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบโครงการให้อยู่ในสภาพที่ดีขึ้นและได้ประโยชน์สูงสุด โดยไม่ได้กระทบต่อการใช้ที่ดินในส่วนอื่นๆของชุมชนแต่อย่างใด

ญ) ผลกระทบด้านการคมนาคมขนส่ง

ในการผลิตน้ำดื่มชนิดน้ำแร่จากน้ำร้อนนั้น ต้องมีการขนส่งวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิตและการขนส่งเพื่อรับสินค้าคือขวดน้ำดื่มสำหรับนำไปจำหน่าย ดังนั้นการจราจรบนทางหลวงบริเวณทางเข้าออกแหล่งผลิตน้ำแร่ จะคับคั่งขึ้นบ้างเล็กน้อยจากการเพิ่มจำนวนของรถบรรทุก ในปัจจุบันทางหลวงซึ่งเป็นทางเข้าออกนั้นเป็นทางหลวงขนาด 4 เลน และมีป้ายจราจรบอกทางเข้าออกชัดเจนอยู่แล้ว นอกจากนั้นพื้นที่ส่วนหน้าของแหล่งน้ำร้อนได้ถูกจัดให้เป็นพื้นที่จอดรถกว้างขวางและเป็นสัดส่วนจากพื้นที่บ่อน้ำร้อน รถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ สามารถแวะเข้ามาจอดได้อย่างสะดวก ถ้ามีการขับขี่อย่างระมัดระวังในช่วงเข้า ออกพื้นที่ก็จะช่วยลดปัญหาด้านอุบัติเหตุอันอาจเกิดขึ้นได้จากความประมาท

ในส่วนของชุมชนนั้นไม่พบปัญหาด้านการกีดขวางการจราจรจากรถบรรทุกเข้า - ออกโครงการ เนื่องจากพื้นที่แหล่งน้ำร้อนแห่งนี้อยู่ค่อนข้างไกลจากหมู่บ้านและไม่อยู่ในตำแหน่งที่เป็นทางเข้าออกปกติของชุมชนในพื้นที่

ฎ) ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

ในปัจจุบันราษฎรในชุมชนบ้านห้วยทรายขาวส่วนใหญ่ มีอาชีพหลักทางด้านการเกษตร ทำสวนยาง และมีอาชีพด้านการรับจ้างทำงานภาคเกษตรกรรม ค้าขายเล็กๆน้อยๆ รวมถึงยังมีกลุ่มเย็บผ้าของชุมชนด้วย โดยมีรายได้ประมาณ 30,000 บาท/ปี/ครัวเรือน ถ้าชุมชนได้เป็นเจ้าของโครงการผลิตน้ำดื่มจากน้ำร้อน จะช่วยให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นซึ่งได้มาจากการขายน้ำดื่มซึ่งเป็นของส่วนกลาง การขายน้ำดื่มนั้นอาจมีการขายให้คนในชุมชนเองซึ่งปัจจุบันได้มีการซื้อน้ำสำหรับดื่มอยู่แล้ว โดยอาจขายในราคาพิเศษ ทำให้ลดรายจ่ายของครัวเรือนได้ รายได้จากการขายน้ำแร่อาจนำไปพัฒนาส่วนต่างๆของชุมชนหรือนำไปสร้างงานให้ชุมชนได้ต่อไป การมีโครงการทำให้เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้น และถ้าพื้นที่ดังกล่าวถูกแบ่งให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวด้วย ก็ทำให้ประชากรในชุมชนมีรายได้จากการท่องเที่ยวอีกด้านหนึ่งด้วยเช่นกัน โดยชุมชนอาจมีการใช้เงินรายได้จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม ไปร่วมกันผลิตสินค้าที่ใช้วัสดุท้องถิ่นเพื่อขายให้นักท่องเที่ยว นอกจากนั้นยังสามารถขายสินค้าเกษตรของชุมชนแก่ผู้มาเยือนหรือผู้รับ - ส่ง สินค้าได้เช่นกัน ซึ่งเห็นได้ว่าถ้ามีการจัดการและมีความร่วมมือร่วมใจกันที่ดี ก็จะทำให้สามารถเพิ่มรายได้ในครัวเรือนและชุมชน ทำให้เป็นชุมชนที่เข้มแข็งและสามารถพึ่งพาตนเองได้

ฏ) ผลกระทบด้านสังคม

พื้นที่บ้านทรายขาวซึ่งมีแหล่งน้ำร้อน เป็นพื้นที่ที่เป็นทางผ่านระหว่างจังหวัดเชียงรายและพะเยา เป็นเขตชานเมืองที่อยู่ใกล้เมืองเชียงราย มีสังคมและวัฒนธรรมค่อนข้างเป็นแบบคนในเมือง อย่างไรก็ตามยังมีการผสมผสานวัฒนธรรมแบบดั้งเดิมที่มีอยู่ในท้องถิ่น วัฒนธรรมและประเพณีดั้งเดิมยังมีอยู่ให้พบเห็นในท้องถิ่นและชุมชนเช่น ยังคงใช้ภาษาท้องถิ่น ยังมีการเข้าวัดทำบุญในช่วงเทศกาลที่สำคัญต่างๆ ยังคงรักษาประเพณีท้องถิ่นเช่น งานสงกรานต์ ลอยกระทงฯลฯ ไว้ และส่วนใหญ่ยังคงเป็นผู้มีอัธยาศัยที่เป็นมิตรต่อคนต่างถิ่น ซึ่งมักพบเห็นโดยทั่วไปในสังคมชนบท การผลิตน้ำแร่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านวัฒนธรรมและประเพณีดังกล่าว เพราะโครงการมีลักษณะคล้ายอุตสาหกรรมในท้องถิ่น ถึงแม้มีลูกค้าต่างถิ่นเข้ามาก็เป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆในการรับ-ส่ง สินค้า ถ้ามีการท่องเที่ยวก็ไม่เกิน 4 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องปกติของชุมชนนี้ เนื่องจากปัจจุบันมีสถานที่ท่องเที่ยวคือ วัดห้วยทรายขาวที่อยู่ติดกับหมู่บ้านและมักมีนักท่องเที่ยวที่เดินทางผ่านแวะเข้ามาเยี่ยมชมบ่อยๆ

ฐ) ผลกระทบด้านการท่องเที่ยว

บริเวณชุมชนบ้านห้วยทรายขาวไม่มีโบราณสถาน แต่มีน้ำตกห้วยทรายขาว วัดห้วยทรายขาว และบริเวณน้ำร้อน โดยส่วนมากนักท่องเที่ยวมาแวะที่วัดห้วยทรายขาว เนื่องจากเป็นวัดที่มีศิลปกรรมต่างๆที่สร้างขึ้นมาใหม่เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยว และอยู่ติดถนนสายหลักสามารถแวะเข้าเยี่ยมชมได้โดยง่าย สำหรับน้ำตกห้วยทรายขาวนั้นส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวในท้องถิ่นและใกล้เคียง แต่ก็มี

นักท่องเที่ยวต่างถิ่นเช่นกันในฤดูท่องเที่ยว โดยน้ำตกอยู่ไกลจากแนวถนนประมาณ 500 เมตร แต่ทางเข้าไม่ได้จัดการให้เรียบร้อย ทำให้สภาพคล้ายกับว่าเป็นน้ำตกร้าง ตามสภาพความเป็นจริงแล้วพบว่าในฤดูแล้งมีน้ำไหลที่หน้าผาน้อยมากจึงทำให้มีคนเข้าไปเยี่ยมชมน้อยกว่าปกติ สำหรับพื้นที่แหล่งน้ำร้อนนั้นพบว่าในฤดูร้อนมีนักท่องเที่ยวเข้าไปพักผ่อนเยี่ยมชมน้อยเช่นกัน การปรับเปลี่ยนให้เป็นแหล่งผลิตน้ำแร่อาจเป็นการจูงใจให้คนเข้าไปเยี่ยมชมวิธีการผลิตน้ำแร่จากน้ำร้อน ตลอดจนแวะพักผ่อนหรือท่องเที่ยวบริเวณป่าไม้และน้ำตกขนาดเล็กที่อยู่ติดแหล่งน้ำร้อนได้บ้าง (น้ำตกดังกล่าวไม่มีน้ำในฤดูแล้ง) และเมื่อแบ่งพื้นที่ผลิตน้ำให้มีบ่อน้ำร้อนให้คนเข้าเยี่ยมชมได้ ก็จะเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจของชุมชนอีกแห่งหนึ่ง

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

โครงการนี้ได้วางวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาไว้ เพื่อพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์เอนกประสงค์จากแหล่งน้ำพุร้อนที่มีศักยภาพต่ำ ในแง่ของการท่องเที่ยว การใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมเกษตร และการใช้เพื่อการบริโภคในลักษณะของน้ำแร่ อันจะเอื้อประโยชน์ในส่วนของการเพิ่มงาน เพิ่มมูลค่าผลผลิต และยกระดับความเป็นอยู่ของประชากรในท้องถิ่น

การดำเนินงานของโครงการ ได้กำหนดขั้นตอนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยเริ่มจากการรวบรวมและศึกษาทบทวนข้อมูลเดิม จากนั้นทำการคัดเลือกแหล่งน้ำพุร้อน จำนวน 10 แหล่ง สำหรับเป็นพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น แล้วทำการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม การศึกษาข้อมูลด้านการเกษตร และการสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี และใช้ข้อมูลดังกล่าว เป็นปัจจัยในการคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ให้เหลือเพียง จำนวน 3 แหล่ง จากนั้นจึงทำการสำรวจทางด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ขั้นรายละเอียด ทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ แล้วนำผลการศึกษาสำรวจ มาทำการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเจาะสำรวจ และทำการเจาะสำรวจเพื่อให้ได้หลุมผลิตน้ำร้อน เมื่อได้หลุมผลิตของพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง แล้วจึงทำการสำรวจภาคสนามทางด้านธรณีเคมี ขั้นรายละเอียด ทำการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มศักยภาพน้ำพุร้อน ทำการจัดสร้างห้องอบแห้ง และสาธิตการใช้ห้องอบแห้ง และในขั้นตอนสุดท้าย จึงได้ทำการจัดสัมมนาวิชาการ

จากการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง ซึ่งได้ทำการประเมินตามความเหมาะสมของการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ ได้แก่ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่ โดยใช้ปัจจัยในการพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ ได้ผลดังนี้ คือ

- การพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยว ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่
- การพัฒนาเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการทำห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย
- การพัฒนาเพื่อ นำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบ สำหรับผลิตน้ำแร่เพื่อการบริโภค ได้แก่ แหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ผลการดำเนินงานที่เป็นรูปธรรมของโครงการ ประกอบด้วย

- หลุมผลิตน้ำพุร้อน จำนวน 3 หลุม บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับใช้เพื่อพัฒนาด้านการท่องเที่ยว

- หลุมผลิตน้ำพุร้อน จำนวน 1 หลุม บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย สำหรับใช้เพื่อพัฒนาด้านการเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้ง
- หลุมผลิตน้ำพุร้อน จำนวน 3 หลุม บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย สำหรับใช้เพื่อพัฒนาด้านการผลิตน้ำแร่
- ระบบ 2 Stage Geothermal heat pump จำนวน 1 ระบบ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย
- ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ จำนวน 1 ระบบ บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย
- ห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ จำนวน 1 ห้อง บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

6.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

การพัฒนาในพื้นที่กรณีศึกษา 3 แหล่ง ซึ่งมีการนำน้ำพุร้อนมาใช้ประโยชน์ เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่นั้น ควรจะมีแนวทางในการพัฒนาที่เน้นการพัฒนาแบบอนุรักษ์ หรือการพัฒนาแบบยั่งยืน โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแหล่งน้ำร้อนศักยภาพต่ำที่จะทำการพัฒนานี้ ถือเป็นรูปแบบหนึ่งของแหล่งธรรมชาติ ประเภทโป่งพุร้อน ตามคำนิยามของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) ซึ่งได้ออกมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา

สำหรับข้อเสนอแนะที่เน้นไปเฉพาะแหล่ง มีดังนี้

- การพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยว บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งบัวบาน อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ควรจะเป็นการดำเนินงานที่เป็นความร่วมมือระหว่างหน่วยงานส่วนท้องถิ่นกับชุมชน ไม่ใช่ให้เอกชนเช่าที่เข้ามาดำเนินการ เพราะโดยพื้นฐานแล้ว ชุมชนย่อมมีความรักและหวงแหนถิ่นฐานของตนเอง อันจะทำให้การพัฒนาเป็นไปแบบสร้างสรรค์ นอกจากนั้น การพัฒนาเพื่อให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว ต้องเน้นให้อยู่ในมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน ที่ออกโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) อย่างเคร่งครัด
- การพัฒนาเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นพลังงานสำหรับห้องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร บริเวณแหล่งน้ำร้อนโป่งลำปาง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย นั้นในขณะนี้ มีห้องอบแห้งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่ใช้ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ และระบบ 2 Stage Geothermal heat pump แล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการโดยเร่งด่วน คือ การโอนกรรมสิทธิ

จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ให้แก่ เทศบาลตำบลแม่สิน เพื่อให้หน่วยงานดังกล่าวสามารถจัดทำงบประมาณในการดูแลและบำรุงรักษาได้ นอกจากนั้น ควรจะมีงบประมาณจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หรือหน่วยงานอื่น เข้ามาช่วยสนับสนุนในการดำเนินงานอีก เป็นระยะ 1 - 3 ปี เพื่อให้การบริหารจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

- การพัฒนาเพื่อนำน้ำร้อนมาเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่ บริเวณแหล่งน้ำร้อนห้วยทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จะต้องให้ความสำคัญอันดับแรก กับการอนุรักษ์พื้นที่รับน้ำของแหล่งน้ำร้อน เนื่องจากในการผลิตน้ำแร่ จะไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ ดังนั้น หากแหล่งน้ำร้อนมีการปนเปื้อน จะไม่สามารถนำมาผลิตน้ำแร่ได้อีกต่อไป นอกจากนั้น การลงทุนเพื่อการผลิตน้ำแร่ ควรจะเป็นการดำเนินงานที่เป็นความร่วมมือระหว่างหน่วยงานส่วนท้องถิ่น กับชุมชน อันจะเอื้อประโยชน์ในส่วนของการเพิ่มงาน เพิ่มมูลค่าผลผลิต และยกระดับความเป็นอยู่ของประชากรในท้องถิ่น

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี, 2520, แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวาง PHAYAO

กรมทรัพยากรธรณี, 2517, แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวาง UTTARADIT

กรมทรัพยากรธรณี, 2519, แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวาง CHIANG RAI

กระทรวงสาธารณสุข, 2543, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 199 เรื่อง น้ำแร่ธรรมชาติ

กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3308 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำแร่ธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย, เสนอต่อ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 253 หน้า

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนกลุ่มที่มีศักยภาพต่ำโดยใช้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อทำห้องอบแห้งสำหรับพืชผลทางการเกษตร, เสนอต่อ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 169 หน้า

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำมาตรฐาน คุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทโป่งพุร้อน, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม, 256 หน้า

ประทาน รักปรางค์. (2539). การอบแห้งผลไม้โดยใช้ปั๊มความร้อน, สายเทคโนโลยีพลังงาน, วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประดิษฐ์ เทอดทูล. (2536). วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลังไอน้ำ, โครงการตำราภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Best, R., Eisa, M.A.R. and Holland F.A. (1987). Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump systems Operation on Ammonia-water Part 1, Cooling, *Heat Recovery System,* Vol. 7, No.2.

Chatchawan Chaichana, (2003). *Natural working fluids for heat pumps*, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne.

Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., Wijeysundera, N.E. and Rajasekar S. (1993). Heat Pump in the drying food products, *International Journal of Energy Research*, Vol.14.

Clements, S., Jia < S. and Jolly P. (1993). Experimental verification of a heat pump assisted continuous dryer simulation model, *International Journal of Energy Research*, Vol.17.

Danfoss, 7941 Corporate Drive, Baltimore. (2007). *"Residential and light commercial scroll ompressors R407C - R22 - R410A.* [Online]. Source http://us.refrignet.danfoss.com/ (25 August 2008).

Eisa, M.A.R., Best, R. and Holland, F.A. (1986). Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformer Part 1: Operation on Water - Lithium bromide, *Heat Recovery System*, Vol. 6, No.6.

Eisa, M.A.R., Best, R. and Holland, F.A., 1986, thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformer Part 2: Operation on Water - Lithium bromide" Heat Recovery System, Vol. 6, No.6.

Holland, F.A., Patasker, S.G., Aaganthaya, S.D. and Devott, S. (1990). *Performance of an Experimental Absorption Heat Transformer Aqueous LiBr, Licl and LiBr/Licl Solution*, Ind. Eng. Chem. Res., Vol.29.

James M. Calm, P.E. (2004). *R22 REPLACEMENT STATUS*. Fellow ASHRAE, Engineering consultant.

Kiatsiriroat, T., Bhattacharya, S.C. and Wibulswas, P. (1987). *Improvement of Lithium bromide Water Absorption Heat pump for Temperature Boosting of Low Grade Heat*, Proc. 4th Asean Energy conference on Energy Technology.

L. Wachowski, P. Kirszensztejn, Z. Foltynowicz*. (2001). *Ecological Replacements of Ozone-Depleting Substances*. Faculty of Chemistry, Adam Mickiewicz University, Grunwaldzka 6, 60-780 Poznan, Poland, * Faculty of Commodity Sciences, Poznan University of Economics, Al. Niepodlegiosci, 10, 60-967 Poznan, Poland

Pendyala, V.R., Devotta, S . and Patwardhan, V.S. (1990). Heat Pump assisted dryer Part 2 : Experimental study, *International Journal of Energy Research*, Vol.14.

Poduval, A.M.K. and Srinivasa, M.S. (1992). Performance of a dehumidifying Compression heat pump with auxiliary heat impit, *Heat Recovery System & CHP*, Vol.12.

Rossi, S.J., Neves, L.C., and Kieckbusch, T.G. (1992). *Thermodynamic and energetic evaluation of a heat pump applied to the drying of vegetables*, Drying 92 : part B.

Strommen, I . and Kraner, K. (1994). New applications of heat pumps in drying processes, *Drying Technology*, Vol.12.

Stephan, K. (1980). *Absorption Heat transformer Cycle in Heat pump Fundamentals*, Berghmans, Matinus Nijhoff Publishers.

Shawki M.Eldighidy and Ibrahim S.Taha. (). Optimum Mass Flow Rate of Water in Flat Plate Solar Collecter Coupled with a Storage Tank and an Organic Rankine Cycle Power Loop, *Solar Energy*, Vol.31, No.31.

Tyagi, KP, Mathur, S., Singh, A., Srinivas, A. and Mathur, G. (1989). Working Fluid For Heat Transformer, *Heat Recovery System & CHP*, Vol.9, No. 2.

Young, G.S., Birchall, S. and Mason , R.L. (1995). Heat pump dryihng of food products prediction of performance and energy efficiency, *Fourth ASEAN Conference on Energy* Technology, 28-29 August, Bangkok.