



รายงานการศึกษาส่วนบุคคล
(Individual Study)

เรื่อง ความร้อนใต้พิภพ พลังงานทดแทนผลิตไฟฟ้า

จัดทำโดย นายมานพ รักษาสกุลวงศ์
รหัส 7040

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรม
หลักสูตรนักบริหารการทูต รุ่นที่ 7 ปี 2558
สถาบันการต่างประเทศเทวะวงศ์วโรปการ กระทรวงการต่างประเทศ
ลิขสิทธิ์ของกระทรวงการต่างประเทศ



รายงานการศึกษาส่วนบุคคล
(Individual Study)

เรื่อง ความร้อนใต้พิภพ พลังงานทดแทนผลิตไฟฟ้า

จัดทำโดย นายมานพ รักษาสกุลวงศ์
รหัส 7040

หลักสูตรนักบริหารการทูต รุ่นที่ 7 ปี 2558
สถาบันการต่างประเทศเทวะวงศ์วโรปการ กระทรวงการต่างประเทศ
รายงานนี้เป็นความคิดเห็นเฉพาะบุคคลของผู้ศึกษา



เอกสารรายงานการศึกษาส่วนบุคคลนี้ อนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรม
หลักสูตรนักบริหารการทูตของกระทรวงการต่างประเทศ

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัครเดช ไชยเพิ่ม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงชื่อ.....

(เอกอัครราชทูต ดร. จิตริยา ปิ่นทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงชื่อ.....

(ศาสตราจารย์ ดร. ไชยวัฒน์ คำชู)

อาจารย์ที่ปรึกษา

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความร้อนใต้พิภพ เป็นพลังงานที่มีมากมายมหาศาลอยู่ภายในโลก สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ ประหยัด และให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ปัจจุบัน เราได้ทำการศึกษาหาแหล่งพลังงานสะอาด (clean energy) อื่นอีกหลายชนิด เช่น พลังงานที่ได้จากลม แสงอาทิตย์ และน้ำ เป็นต้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน ไม่มีวันหมด ครอบคลุมพื้นที่ผืนดิน ครอบคลุมพื้นที่ และพระอาทิตย์ยังส่องให้แสงสว่างกับโลก เช่นเดียวกับพลังงานความร้อนใต้พิภพ ก็จะไม่หมดสิ้นไป ครอบคลุมพื้นที่โลกเรายังหมุน และภายในโลกยังร้อนอยู่

การอนุรักษ์ทรัพยากรอันมีค่าให้อยู่คู่กับโลก โดยที่ประชากรทั่วโลกมีมาตรฐานการดำรงชีวิต และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นอย่างถาวร เราต้องใช้ทรัพยากรต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสิ่งสำคัญอีกอย่างก็คือ เราต้องมีจิตสำนึกในการใช้พลังงาน ใช้ไฟฟ้า เริ่มเมื่อเราจะเปิดไฟฟ้า โทรทัศน์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ครั้งต่อไปให้เราลองหยุดคิดดูสักนิดว่า พลังงานที่มีค่านี้ได้มาอย่างไร การพัฒนาใช้ประโยชน์แหล่งพลังงานทดแทนที่สะอาดอย่างยั่งยืน เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพนี้ นอกจากจะให้ผลดีต่อเราในปัจจุบันแล้ว ยังเป็นผลดีต่อลูกหลานของเราในอนาคต ที่เขาจะได้อยู่บนโลกที่สะอาด สดใส และสวยงาม ตลอดไป

กรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจ วิจัยความร้อนใต้พิภพตั้งแต่ พ.ศ. 2520 จนถึงปัจจุบัน พบพุน้ำร้อนแล้วทั้งสิ้น 118 แห่ง วัตถุหินที่มีชีวิตอยู่ในช่วง 40–100 องศาเซลเซียส กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ทางภาคเหนือ จำนวน 68 แห่ง ภาคตะวันตก จำนวน 10 แห่ง ภาคกลาง จำนวน 4 แห่ง และภาคใต้ จำนวน 36 แห่ง แบ่งตามอุณหภูมิออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ น้ำร้อนอุณหภูมิมากกว่า 90 องศาเซลเซียส พุน้ำร้อนอุณหภูมิระหว่าง 80 ถึง 90 องศาเซลเซียส พุน้ำร้อนอุณหภูมิระหว่าง 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส และพุน้ำร้อนอุณหภูมิน้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพ พบว่า พุน้ำร้อน มีคุณภาพของน้ำค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับพุน้ำร้อนในต่างประเทศ กล่าวคือ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นน้ำค่อนข้างใส ไม่มีสี มีกลิ่นของซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่าค่อนข้างน้อย อาจพบสาหร่ายสีเขียว สีขาว บ้าง ปกติจะมองเห็นคราบสีขาว สีเหลือง และสีแดงของแคลเซียมคาร์บอเนต ซัลเฟต และเหล็ก ผิวดินอยู่ตามผิวดิน และแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พุน้ำร้อนทั่วไป พุน้ำร้อนคาร์บอเนต พุน้ำร้อนแอลคาไล และพุน้ำร้อนน้ำเค็ม พุน้ำร้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 6.4 ถึง 9.5 ค่าความนำไฟฟ้าระหว่าง 225 ถึง 26,500 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ปริมาณแอลคาไล-โซเดียม และไบคาร์บอเนต ค่อนข้างสูง ปริมาณไบคาร์บอเนตอยู่ในช่วงระหว่าง 200–500 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณฟลูออไรด์ระหว่าง 0.005 ถึง 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกมีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ค่อนข้างสูง มากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่พุน้ำร้อนที่เกิดบริเวณภาคใต้จะให้ค่าปริมาณของฟลูออไรด์น้อยลง และกลิ่นของแก๊สไข่เน่าเกือบไม่มี พุน้ำร้อนบางบริเวณในภาคใต้ จำนวน 9 แห่ง มีส่วนประกอบของคลอไรด์ค่อนข้างสูงมาก เป็นพุน้ำร้อนที่เป็นน้ำกร่อย หรือน้ำเค็ม ปริมาณของโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 1–208 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแคลเซียมมีค่าระหว่าง 1.2–1,005 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแมกนีเซียมมีค่าระหว่าง 0.01–375 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของเหล็ก

คอนข้างต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.005–2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไบคาร์บอเนตคอนข้างสูงมีค่าระหว่าง 47–608 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของซัลเฟตมีค่าระหว่าง 0.01–1,328 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการต่อยอดพัฒนา ใช้ประโยชน์ในอนาคต การพัฒนาและการใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การพัฒนาผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ประโยชน์โดยตรง การพัฒนาแบบโครงการเอนกประสงค์ ทั้งการสร้างโรงไฟฟ้า เกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ให้ได้ประโยชน์สูงสุดและอย่างยั่งยืน รวมตลอดถึงการต้องการให้ชุมชนท้องถิ่น องค์กร/ราชการส่วนท้องถิ่น และราชการส่วนกลาง ร่วมมือ หรือมีส่วนร่วมในการดำเนินการพัฒนาพื้นที่ท่องเที่ยว เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ ทางวิชาการของแหล่งน้ำพุร้อน อีกด้วย

กำเนิดของน้ำร้อนในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในหินแกรนิต และน้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในหินตะกอนและหินแปร ต้นกำเนิดความร้อนมาจาก 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) น้ำร้อนที่พบเกิดอยู่บริเวณหินอัคนี ได้รับความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนผ่านหินอัคนี บริเวณที่น้ำไหลผ่านและบริเวณข้างเคียง 2) น้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้หรือในหินแกรนิตได้รับความร้อนจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ซึ่งพบว่าหินแกรนิตในประเทศไทยประกอบด้วยปริมาณของยูเรเนียมและทอเรียมค่อนข้างสูง 3) น้ำร้อนที่เกิดอยู่ในบริเวณรอยเลื่อนมีพลังได้รับความร้อนที่เกิดขึ้นจากแรงเฉือนของรอยเลื่อน หรือการเสียดสีระหว่างมวลหิน เกิดการถ่ายเทความร้อนโดยรอบ ทำให้หิน ความชื้นและน้ำใต้ดินมีอุณหภูมิและแรงดันสูงขึ้น นอกจากนี้ รอยเลื่อนยังเป็นช่องทางนำน้ำเย็นไหลลงสู่ระดับลึกและไหลขึ้นสู่ผิวดิน 4) น้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้รอยเลื่อนปกติในทิศทางเหนือ-ใต้ ที่เกิดอยู่ทั่วไปในประเทศไทยช่วงยุคเทอร์เชียรี เป็นตัวการทำให้ความร้อนของหินข้างเคียงและน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น และ 5) น้ำร้อนที่เกิดอยู่บริเวณการไหลถ่ายความร้อนสูง อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากบริเวณประเทศไทยมีชั้นเปลือกโลกบาง และ/หรือชั้นแมนเทิลอยู่ตื้นกว่าปกติ ดังนั้น ความร้อนที่สะสมตัวอยู่ในชั้นหิน จะถ่ายเทให้หินและน้ำใต้ดินรอบข้าง เกิดแรงดันทำให้อิอน้ำและน้ำร้อนไหลขึ้นมาสู่พื้นผิวได้ง่ายขึ้น

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ 118 แหล่ง ของประเทศไทย สามารถแบ่งแยกศักยภาพของแหล่ง เป็นแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานสูงมาก มีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บความร้อนสูงมากกว่า 180 องศาเซลเซียส และมีลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยา เหมาะสมสามารถกักเก็บน้ำร้อน ได้เป็นจำนวนมาก ที่ความลึกไม่มากนัก มีจำนวน 5 แหล่ง ได้แก่ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพสันกำแพง อำเภอออนหลวย จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพสบโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพแม่จอก อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ และสันนิษฐานว่าสามารถพัฒนาใช้ความร้อนใต้พิภพผลิตไฟฟ้าได้ 3 เมกกะวัตต์ แหล่งที่มีศักยภาพพลังงานสูงปานกลาง มีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บความร้อนสูงปานกลาง 140–180 องศาเซลเซียส และมีลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยา ที่สามารถกักเก็บน้ำร้อน ได้เป็นจำนวนมาก มีจำนวน 17 แหล่ง แหล่งที่มีศักยภาพพลังงานปานกลาง มีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บความร้อนสูงมาก แต่มีลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยา ที่สามารถกักเก็บน้ำร้อน ได้น้อย มีจำนวน 7 แหล่ง แหล่งพลังงานความร้อน

ได้ไฟฟ้าที่มีศักยภาพพลังงานต่ำ จำนวน 69 แหล่ง และแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่ยังไม่ได้ศึกษารายละเอียดและไม่สามารถระบุศักยภาพพลังงานได้มีจำนวนทั้งสิ้น 20 แหล่ง

ทบวงพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) สันนิษฐานว่า การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่า 3 เท่า และจำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นอีก 25% จากฐาน 600 ล้านคนในปัจจุบัน ส่งผลให้ความต้องการพลังงานในภูมิภาคเพิ่มขึ้นกว่า 80% ภายในปี ค.ศ. 2035 ซึ่งน่าจะสร้างผลกระทบต่อภาพพลังงานโลกอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ IEA ยังได้เสนอแนะนโยบาย “การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน” เนื่องจากเป็นทางเลือกประหยัดพลังงานที่มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ มาตรการด้านประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้พลังงานในภูมิภาคได้มากกว่าร้อยละ 15

World Energy Council (WEC) ประเมิน การใช้พลังงานทดแทนของโลก จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยเพิ่มจาก ค.ศ. 1993 ที่มีการใช้พลังงานทดแทนเพียงร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 11 ในปี ค.ศ. 2011 และร้อยละ 16 ในปี ค.ศ. 2020 และประเมิน การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ต้นพลังงานจากความร้อนใต้พิภพ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เชื้อเพลิง และลม มีราคาต่ำที่สุด ประมาณ 60–80 ดอลลาร์สหรัฐ/เมกะวัตต์-ชั่วโมง ในขณะที่ การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ต้นพลังงานจากโซลาร์ มีต้นทุน ประมาณ 125 ดอลลาร์สหรัฐ/เมกะวัตต์-ชั่วโมง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธรวม (เฉพาะระบบของ กฟผ.) 173,475 ล้านหน่วย ส่วนความต้องการไฟฟ้าสูงสุดสุทธิ (Peak) ของประเทศ มีค่าเท่ากับ 26,598 เมกะวัตต์ และมีกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา รวม 33,681 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2556 นอกจากนี้ กฟผ. คาดว่าในอีก 17 ปีข้างหน้า (2557–2573) จะมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.9 ต่อปี ซึ่งจะทำให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นประมาณ 1.9 เท่า เมื่อเทียบกับปี 2556

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนา พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564, Alternative Energy Development Plan: AEDP) เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนา ตามแผนการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 13,927 เมกะวัตต์ (จากเดิม 9,201 เมกะวัตต์) ซึ่งประกอบด้วยพลังงานลม 1,800 เมกะวัตต์ พลังงานแสงอาทิตย์ 3,000 เมกะวัตต์ พลังน้ำ 324 เมกะวัตต์ พลังชีวมวล 4,800 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพ 600 เมกะวัตต์ หลุมเนเปียร์ 3,000 เมกะวัตต์ พลังงานจากขยะ 400 เมกะวัตต์ และพลังงานรูปแบบใหม่ 3 เมกะวัตต์ ซึ่งพลังงานความร้อนใต้พิภพรวมอยู่ในพลังงานรูปแบบใหม่ และกำหนดให้มีโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ เพียง 1 เมกะวัตต์

การใช้ประโยชน์จากความร้อนใต้พิภพไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนที่ร้ายแรง ต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการนำความร้อนใต้พิภพมาใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นระบบปิด ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นเป็นเรื่องที่ป้องกันได้ดังที่ทำได้ผลแล้วในต่างประเทศ นอกจากนี้ ปริมาณก๊าซต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกมาจาก โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณน้อยกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินและไฮโดรคาร์บอนมาก

ประเทศไทยควรมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนาความร้อนใต้พิภพในการผลิตไฟฟ้า โดยการวางเป้าหมายสำรวจ วิจัย บริเวณพื้นที่ที่ห่างไกลความเจริญหรือเป็นพื้นที่ทุรกันดาร ที่มีระบบสายส่งไฟฟ้าไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ หรือครอบคลุมไม่ทั่วถึง โดยเลือกบริเวณอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึก มากกว่า 2 กิโลเมตร ในการทดลองผลิตไฟฟ้า ประมาณ 3 เมกกะวัตต์ ให้เพียงพอสำหรับใช้ในท้องถิ่นทุรกันดาร โดยกำหนดกลยุทธ์ ในการพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพเป็นแบบเอนกประสงค์ ทั้งการผลิตไฟฟ้า และการพัฒนาใช้ประโยชน์น้ำร้อนโดยตรง เพื่อกิจการด้านเกษตรกรรมและการท่องเที่ยว เพื่อให้เกิดการสร้างงาน การขยายตัวของเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคที่ทุรกันดารและห่างไกลความเจริญ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาทางเศรษฐกิจระดับประเทศ รัฐบาลควรให้การสนับสนุน ส่งเสริมพัฒนาใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพที่เป็นพลังงานที่สะอาด มีกระจายอยู่ทั่วประเทศ อย่างจริงจัง โดยกำหนดระเบียบ กติกา และกฎหมาย พร้อมหน่วยงานเจ้าภาพในการสำรวจ วิจัย ขุดเจาะ และพัฒนาใช้ประโยชน์พลังงานทดแทน ความร้อนใต้พิภพ ให้สามารถเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

นอกจากนี้ กระทรวงพลังงาน ต้องวางมาตรการการให้เงินชดเชยการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพ กระทรวงการต่างประเทศ ควรประชาสัมพันธ์ให้ประเทศพัฒนาแล้ว ทราบว่า ประเทศไทยมีแผนการใช้พลังงานทดแทนในอีก 10 ปีข้างหน้า เพิ่มร้อยละ 25 ซึ่งสูงกว่ากรอบการใช้พลังงานทดแทนของโลก ที่วางแผนการใช้พลังงานทดแทน ประมาณร้อยละ 12 และยังสอดคล้องกับแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้บรรลุเป้าหมายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกในช่วงศตวรรษนี้ ประมาณ 2 องศา (2 degree Celsius)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้ศึกษาขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัครเดช ไชยเพิ่ม เอกอัครราชทูต ดร. จิตริยา ปิ่นทอง และ ศาสตราจารย์ ดร. ไชยวัฒน์ คำชู ที่ให้แนวทางการจัดทำรายงานการศึกษาส่วนบุคคล ตรวจสอบ แก้ไข ทำให้รายงานครอบคลุมเนื้อหาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและมอบเอกสารเกี่ยวกับสถานการณ์พลังงานประเทศไทย และการผลิตไฟฟ้า ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้อง คณะทำงานและคณะกรรมการ ความร้อนใต้พิภพจากกรมทรัพยากรธรณี และคณะทำงาน ผู้แทน ความร่วมมือศึกษาพัฒนาต้นแบบการพัฒนาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี และ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ทุกท่านที่ร่วมในการให้ความคิดเห็น เสนอแนวทางการร่วมมือ สำรวจ วิจัย เผยแพร่ข้อมูล รับฟังความคิดเห็น จนทำให้โครงการความร่วมมือ มีความก้าวหน้า ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสำเร็จ ตามกรอบระยะเวลาและมีประสิทธิผลได้ดี ขอขอบคุณกรมทรัพยากรธรณี ที่ให้การสนับสนุน องค์การระหว่างประเทศต่างๆ ที่ร่วมงานวิจัยความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย ถ่ายทอดเทคโนโลยีต่างๆ และให้การสนับสนุนนักวิจัยไทยไปศึกษา ศึกษางานและวิจัยในต่างประเทศ และขอขอบพระคุณสถาบันการต่างประเทศเทวะวงศ์วโรปการ และเจ้าหน้าที่กระทรวงการต่างประเทศทุกท่านที่ให้โอกาส และมีส่วนเกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณ ประชาชน ชาวบ้าน ผู้ใหญ่ กำนัน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บริเวณแหล่งพุน้ำร้อน ที่ให้ความร่วมมือ เอื้อเฟื้อสถานที่ ให้ข้อมูลต่างๆ และเป็นผู้ช่วยสำรวจตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติงานภาคสนามที่ผ่านมา

มานพ รักษาสกุลวงศ์

สิงหาคม 2558

สารบัญ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ง
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 สภาพและความสำคัญของปัญหา และความเกี่ยวข้องกับมิติด้านการต่างประเทศ	1
1.2 คำถามการศึกษา	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 แนวความคิดหรือกรอบทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา	3
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 พุน้ำร้อนในประเทศไทย	6
2.2 กำเนิดพุน้ำร้อน	11
2.3 ต้นกำเนิดความร้อน	12
2.4 ยุทธศาสตร์ประเทศด้านทรัพยากรธรรมชาติและด้านพลังงาน	14
2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความร้อนใต้พิภพ	22
บทที่ 3 ศักยภาพ การพัฒนา และใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ	32
3.1 การสำรวจ วิจัย ใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพ	32
3.2 การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย	39
3.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ	45
3.4 การใช้ประโยชน์จากความร้อนใต้พิภพในแง่เศรษฐศาสตร์	46
3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ	47
3.6 ขั้นตอนการพัฒนาพุน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพให้เป็นโรงไฟฟ้าและแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ	49
บทที่ 4 การบริหารจัดการความร้อนใต้พิภพ	54
4.1 นโยบาย แนวทาง มาตรการในการบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพ	54
4.2 การบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรความร้อนใต้พิภพอย่างยั่งยืน	56

4.3	พุน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพและการอนุรักษ์พลังงาน	57
4.4	การจัดทำแผนแม่บทและแผนปฏิบัติการ	58
4.5	การผลิตไฟฟ้าของโลกและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต	63
4.6	ต้นทุนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า	67
4.7	การผลิตไฟฟ้าในประเทศอาเซียนและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต	68
4.8	การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต	69
4.9	สถานการณ์ปัจจุบันและอนาคตการพัฒนาความร้อนใต้พิภพ	73
4.10	กลยุทธ์ในการสำรวจและพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพ	74
4.11	ข้อเสนอแนะ	75
	บรรณานุกรม	76
	ภาคผนวก	82
ก	ข้อมูลแสดงแหล่ง ลักษณะทางกายภาพ แบบการเกิดและศักยภาพพลังงาน ของแหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย	83
ข	ผลการคำนวณอุณหภูมิใต้ดินแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ 3 แบบ โดยใช้ ข้อมูล จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของพุน้ำร้อน	100
	ประวัติผู้เขียน	104

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	สูตรการคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ โดยใช้ปริมาณของธาตุซิลิกา โซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม	10
ตารางที่ 2	เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อนและติดตาม	21
ตารางที่ 3	การใช้ประโยชน์แหล่งพุน้ำร้อนแบ่งตามอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อน	33
ตารางที่ 4	ประเทศที่ใช้ความร้อนใต้พิภพเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า	36
ตารางที่ 5	โครงการเอนกประสงค์ที่แหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง สามารถประหยัดการใช้ น้ำมันก๊าดได้ประมาณ 0.3 ล้านลิตรต่อปี	45
ตารางที่ 6	ก๊าซต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงที่ต่างกัน	46
ตารางที่ 7	การใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการใช้ประโยชน์โดยตรง	58
ตารางที่ 8	ข้อมูลแสดงแหล่งลักษณะทางกายภาพ แบบการเกิดและศักยภาพพลังงานของแหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย	84
ตารางที่ 9	ผลการคำนวณอุณหภูมิใต้ดินแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ 3 แบบ โดยใช้ข้อมูล จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของพุน้ำร้อน	100

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1	แผนที่แสดงการกระจายตัวของพุน้ำร้อน และรอยเลื่อนในประเทศไทย	7
ภาพที่ 2	รูปแบบการกำเนิด และการไหลหมุนเวียนของพุน้ำร้อนในประเทศไทย (ก) ประเภทที่ 1 น้ำร้อนและไอน้ำร้อนเกิดอยู่ในหินแกรนิต และ (ข) ประเภทที่ 2 น้ำร้อนและไอน้ำร้อนเกิดอยู่ในหินตะกอนหรือหินแปร	13
ภาพที่ 3	การพัฒนาโครงการเอนกประสงค์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ แจกในงาน WGC, 2000	34
ภาพที่ 4	โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ (ก) เมือง ลาเตอเรลโล ประเทศอิตาลี (ข) เมือง เบปปู ประเทศญี่ปุ่น (ค) ไกเซอร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (ง) ไวราเคอิ ประเทศ นิวซีแลนด์	35
ภาพที่ 5	ระบบเสริมเพิ่มพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Enhanced geothermal system, EGS) ที่อาจเป็นแหล่งความร้อนใต้พิภพที่ยั่งยืนในอนาคต หมายเลข 1: Reservoir, 2: Pump house, 3: Heat exchanger, 4: Turbine hall, 5: Production well, 6: Injection well, 7: Hot water to district heating, 8: Porous sediments, 9: Observation well, 10: Crystalline bedrock	37
ภาพที่ 6	โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ แบบสองวงจร (Binary cycle power plants) หมายเลขต่างๆ แสดง 1 Wellheads, 2 Ground surface, 3 Generator, 4 Turbine, 5 Condenser, 6 Heat exchanger, 7 Pump Hot water	39
ภาพที่ 7	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง จังหวัดเชียงใหม่	41
ภาพที่ 8	แผนภาพแสดงการทำงานของโรงไฟฟ้า โครงการเอนกประสงค์ ความร้อนใต้พิภพฝางในการผลิตไฟฟ้า 300 กิโลวัตต์ ทำห้องอบแห้ง ห้องเย็น และห้องอาบน้ำพุน้ำร้อน	43
ภาพที่ 9	ภาพแสดงการพัฒนาพุน้ำร้อนฝาง (ก) หลุมเจาะบ่อผลิตน้ำร้อน (ข) โรงไฟฟ้า ความร้อนใต้พิภพ 300 กิโลวัตต์ แบบสองวงจร	43
ภาพที่ 10	ภาพแสดงโครงการเอนกประสงค์พุน้ำร้อนฝาง (ก) ห้องอบแห้งและห้องเย็น (ข) การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพแสดงน้ำร้อน ไอน้ำพุ่งขึ้นมาจากหลุมเจาะ (ค) ห้องอาบน้ำพุน้ำร้อน (ง) อ่างอาบน้ำพุน้ำร้อน	44
ภาพที่ 11	โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ (ก) โรงไฟฟ้า Negros Oriental ประเทศฟิลิปปินส์ (ข) โรงไฟฟ้า Nesjavellir ประเทศไอซ์แลนด์	49
ภาพที่ 12	แผนผังแสดงขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลน้ำพุน้ำร้อนและตรวจสอบเอกลักษณ์พื้นที่	50
ภาพที่ 13	แผนผังแสดงขั้นตอนการวางแผนโครงการพัฒนาพุน้ำร้อน และการเจาะน้ำร้อน	51

ภาพที่ 14	แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ผลเจาน้ำร้อน การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม และอาคารต่างๆ การวิเคราะห์และควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	51
ภาพที่ 15	แผนผังแสดงขั้นตอนการพัฒนาความร้อนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ	52
ภาพที่ 16	ภาพอนาคตพลังงานโลกจากมุมมองของ IEA	64
ภาพที่ 17	โครงสร้างการใช้พลังงานขั้นต้น (Total Primary Energy)	65
ภาพที่ 18	กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานต่างๆ ในปี ค.ศ. 1993 ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2020	66
ภาพที่ 19	แนวโน้มความต้องการพลังงานปฐมภูมิจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง	67
ภาพที่ 20	กราฟแสดงต้นทุนการผลิตตลอดอายุโรงไฟฟ้า ในช่วง Q1 and Q2 ค.ศ. 2013	68
ภาพที่ 21	สัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าในอาเซียน	69
ภาพที่ 22	การใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิของระบบของ กฟผ. พ.ศ. 2556	69
ภาพที่ 23	การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบของ กฟผ.	70
ภาพที่ 24	แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554–2573)	71
ภาพที่ 25	ต้นทุนและคุณลักษณะของการผลิตไฟฟ้าแต่ละประเภท	72

บทที่ 1

บทนำ

การสำรวจพุน้ำร้อนในประเทศไทย พบทั้งสิ้นจำนวน 118 แหล่ง โผล่ให้เห็น ตั้งแต่บริเวณภาคเหนือ เป็นแนวลงมาทางภาคตะวันตก และทางภาคใต้ของประเทศไทย พุน้ำร้อนมีลักษณะเป็นน้ำใส ไม่มีสี มีสาหร่ายสีขาว คราบสีขาวของแคลเซียมคาร์บอเนต สีเหลืองของซัลเฟต และสีแดงของเหล็ก ผิวน้ำประติติอยู่ตามผิวดิน อุณหภูมิพุน้ำร้อนบริเวณผิวดินอยู่ระหว่าง 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส การพัฒนาความร้อนใต้พิภพ เป็นโครงการเอนกประสงค์ ที่ให้ประสิทธิผลสูงที่สุด โดยการใช้ความร้อนที่สูงมาก ไปเป็นต้นพลังงานผลิตไฟฟ้า พุน้ำร้อนที่อุณหภูมิลดลง ที่ไหลออกมาจากระบบการผลิตไฟฟ้า นำมาใช้ด้านเกษตรอุตสาหกรรม เช่น ทำห้องเย็น และห้องอบแห้ง เพื่อการถนอมอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ พุน้ำร้อนอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งวนไว้ใช้ในการพัฒนา เป็นแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติเชิงนิเวศน์ และการอาบน้ำ บำบัด เชิงสุขภาพ

1.1 สภาพและความสำคัญของปัญหา และความเกี่ยวข้องกับมิติด้านการต่างประเทศ

นโยบายของทุกรัฐบาล ได้แก่ “การเพิ่มรายได้ และลดรายจ่าย” ซึ่งรายได้หลักอันหนึ่งของประเทศ ได้แก่ การท่องเที่ยว ดังนั้น การส่งเสริมและพัฒนาความร้อนใต้พิภพ เป็นการสร้างแหล่งท่องเที่ยวใหม่ และลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า พอสรุปเป็นเป้าประสงค์เชิงนโยบาย และมีมิติเกี่ยวข้องกับต่างประเทศ ดังนี้

1.1.1 สร้างเสริมความมั่นคงทางพลังงาน แสวงหาและพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในประเทศ รวมทั้งการสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทดแทนอย่างหลากหลาย เหมาะสม และยั่งยืน

1.1.2 ส่งเสริมการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน

1.1.3 ส่งเสริมและผลักดันการอนุรักษ์พลังงาน โดยการพัฒนาพลังงานที่สะอาดเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เป็นสาเหตุการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ ส่งเสริมการทำเหมืองสีเขียวและอุตสาหกรรมสีเขียว (green, clean mining and industry)

การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นปัญหาระดับโลก ภายใต้ข้อตกลงภายในความร่วมมือสหประชาชาติ (UN) หลายฉบับ เริ่มต้นจาก ข้อตกลงเกียวโต (Tokyo protocol) และอื่นๆ ที่บัญญัติ หรือวางกรอบให้ประเทศที่พัฒนาแล้วลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ต่อหน่วยการผลิตด้านอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้าจากความร้อน ใต้พิภพจะเป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งประเทศไทยสามารถนำไปเป็นเครดิตในระดับโลก ในการมีโอกาสดำเนินการชดเชย จากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยลง

1.2 คำถามการศึกษา

พลังงาน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมในการพัฒนาทางสังคมด้านต่างๆ เพื่อเพิ่มมาตรฐานการดำรงชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้น จำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมาตรฐานการดำรงชีวิตมนุษย์ที่พัฒนาเพิ่มขึ้นตลอดมา เป็นตัวกระตุ้นผลักดันให้โลกมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แหล่งพลังงานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ (1) แหล่งพลังงานแบบสิ้นเปลือง ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ แร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น และ (2) แหล่งพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียน เป็นพลังงานที่มีอยู่ไม่จำกัด เมื่อใช้แล้ว สามารถนำมาหมุนเวียน สร้างทดแทนขึ้นมาอีก หรือนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งพลังงานความร้อนใต้พิภพก็ถูกจัดให้เป็นพลังงานตัวหนึ่งในกลุ่มประเภทพลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกในอนาคต

ประเทศไทยไม่มี กฎ ระเบียบ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ การศึกษานี้จะเปรียบเทียบพร้อมยกตัวอย่าง หน่วยงานที่ควรเป็นผู้ดูแลกฎหมายของประเทศ พร้อมทั้งเสนอแนะ หน่วยงานที่มีภารกิจด้านนี้ และควรเป็นเจ้าภาพในการกำกับ ควบคุม ต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อให้เป็นบรรทัดฐาน มาตรฐานสำหรับการสำรวจ และพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพในรูปแบบที่กลมกลืนกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.3.2 เพื่อสนับสนุนให้มีเจ้าภาพในการร่างกฎหมาย มอบภารกิจหน่วยงานเจ้าภาพในการนำเอากฎหมาย ระเบียบ และข้อบังคับ มาใช้สำหรับการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ของแหล่งความร้อนใต้พิภพ

1.3.3 เพื่อบริการในฐานะเป็นหน่วยงานของราชการ ที่จะดูแลจัดการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ พร้อมเสนอแนะหน่วยงานที่ควรเป็น regulator และ operator และการควบคุมข้อมูลแบบตรงไปตรงมา (unbiased information) บนพื้นฐานของลักษณะ ศักยภาพของความร้อน และการพัฒนาแหล่ง

1.3.4 เพื่อเป็นแกนในการให้ความร่วมมือ ประสานงานและติดต่อกับรัฐบาลทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมทั้งหน่วยงานเอกชนในการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ของแหล่งความร้อนใต้พิภพ

1.3.5 เพื่อเน้นการพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ แบบเอนกประสงค์ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ประโยชน์จากน้ำร้อนสะอาดปราศจากมลพิษที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้านำไปใช้ต่อไปในการเกษตร กระบวนการทางอุตสาหกรรม และอนุรักษ์น้ำร้อนสะอาดส่วนหนึ่งใช้ในการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติและสุขภาพ ต่อไป

1.4 ขอบเขตการศึกษา

เป็นการรวบรวมข้อมูลผลงาน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่ได้ดำเนินการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพมาแล้ว กฎหมายต่างๆ ที่มีอยู่ และนำเสนอระเบียบ กฎหมายที่ควรเพิ่มเติม เพื่อการบริหารจัดการที่ควรดำเนินการในอนาคต ความร่วมมือต่างๆ ระหว่างประเทศ เพื่อให้ประเทศ

ไทย แสดงจุดยืนในการรณรงค์ใช้พลังงานทดแทน และช่วยลดสถานะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.5 แนวความคิดหรือกรอบทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง:

กรมทรัพยากรธรณีได้ร่างนโยบาย และแนวทาง ในการบริหารจัดการแหล่งอันควอรอนุรักษ์ทางธรณีวิทยา เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถปรับปรุง ประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพได้ การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 6 ประเด็นหลัก ได้แก่

1.5.1 ระเบียบและข้อบังคับ เพื่อประโยชน์ของการมีแนวทางการบริหารจัดการร่วมกัน ภายใต้กฎระเบียบ หรือข้อบังคับ

1.5.2 การกำหนดขอบเขต เป็นมาตรการพื้นฐานในการบริหารจัดการ เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตที่ชัดเจน ถึงแหล่งที่มีการพัฒนาอยู่แล้ว หรือแหล่งที่มีศักยภาพในการพัฒนาในอนาคต

1.5.3 การจัดการข้อมูลและความรู้ เป็นมาตรการที่มีความสำคัญเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์สูงสุด เพื่อผลักดันแหล่งที่มีศักยภาพด้านการพัฒนาเอนกประสงค์ท่องเที่ยว ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะอย่างต่อเนื่อง

1.5.4 การประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ควรแบ่งภาระหน้าที่ในการบริหารจัดการให้ชัดเจน

1.5.5 การจัดหาทรัพยากร เพื่อนำมาใช้ในการบริหารจัดการ ในรูปของงบประมาณ บุคลากร ที่มาจากการจัดสรรงบประมาณจากราชการส่วนกลาง การจัดหาบุคลากร และการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม รวมถึงการระดมเงินทุนจากแหล่งเงินทุนทั้งในและต่างประเทศ

1.5.6 บริการสาธารณูปโภคพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ถนน หรือสิ่งปลูกสร้างที่จำเป็น และมาตรการรักษาความปลอดภัยอย่างเหมาะสม ข้อเสนอแนะ มาตรการการบริหารจัดการแหล่งที่ควรมีการปรับให้เหมาะสมกับสภาพสังคมของแต่ละพื้นที่ เช่น ความเหมาะสมของภูมิประเทศ ลักษณะของวัฒนธรรมของชุมชนในพื้นที่ และความพร้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อให้เกิดรูปแบบการบริหารจัดการที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และเอื้อประโยชน์กับทุกฝ่าย พร้อมทั้งต้องมีระบบติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงต่อไป

1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.6.1 ทบทวนวรรณกรรม รวบรวมข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ ธรณีฟิสิกส์ การไหลถ่ายความร้อน ปริมาณกัมมันตรังสีในหิน รอยเลื่อนมีพลัง และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 จัดทำบัญชีแหล่งพุน้ำร้อน วิเคราะห์ข้อมูลเคมีและกายภาพ ที่บ่งบอกศักยภาพแหล่ง

1.6.3 ประมวลผลข้อมูล จัดกลุ่มพุน้ำร้อน และจำแนก ศักยภาพแหล่ง

1.6.4 จัดทำมาตรการ/แนวทางพัฒนาอย่างยั่งยืน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.6.5 จัดทำแผนประสานงาน และบูรณาการความรู้กับองค์กรชั้นนำของโลก หรือประเทศที่มีสภาพธรณีวิทยาคล้ายกัน

1.6.6 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในประเทศ การใช้พลังงานทดแทนปัจจุบันและแผนการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ:

1.7.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ สถานการณ์ การอนุรักษ์ วางแผนบริหารจัดการพลังงานทดแทนทางเลือก จัดทำแหล่งเรียนรู้ โดยเป้าประสงค์อยู่ที่ การพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนสูงสุด มีความสมดุล ใช้อย่างยั่งยืน เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนน้อยที่สุด

1.7.2 ศักยภาพแหล่งความร้อนใต้พิภพที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่า 1 เมกกะวัตต์ สร้างความเชื่อมั่นต่อการลงทุนว่ามีวัตถุดิบพอใช้ในการผลิต และอยู่บริเวณไหน

1.7.3 เป็นข้อมูลในการสำรวจ ชุมเกาะ พัฒนาความร้อนใต้พิภพ ที่สันนิษฐานว่ามีความสัมพันธ์หรือเป็นแบบหินร้อนแห้ง รอยเลื่อนมีพลังและการสลายตัวของกัมมันตรังสี เป็นต้น

1.7.4 ส่วนราชการท้องถิ่น สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรณีอย่างยั่งยืน และเป็นประโยชน์สูงสุด

1.7.5 รายงานและแผนที่พุน้ำร้อนใช้เป็นเอกสาร ข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการ เกี่ยวกับแหล่งความร้อนใต้พิภพ

1.7.6 หน่วยงานราชการร่างระเบียบ กฎหมาย ที่มีการพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพแบบสะอาด สีเขียว เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงประโยชน์สูงสุดของชุมชนท้องถิ่น ตามคำขวัญที่ว่า “พุน้ำร้อนอยู่ที่ไหน ต้องพัฒนาร่วมกัน เพื่อประโยชน์สูงสุดของชุมชนท้องถิ่น”

1.8 นิยามศัพท์

พุน้ำร้อน (Hot spring) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่พุน้ำร้อน ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ ไหลขึ้นมาจากใต้ดิน น้ำที่พุขึ้นมามีอุณหภูมิอุ่นๆ จนถึงเดือดพล่าน อาจบริสุทธิ์ หรือมีแร่ธาตุ รวมทั้งแก๊สละลายอยู่ ทำให้มีรสและกลิ่นต่างๆ กัน ปริมาณน้ำที่ไหลออกมา และแรงดันที่แตกต่างกัน ทำให้บางแห่งเพียงไหลรินเอื่อยๆ บางแห่งไหลแรง และบางแห่งพุพุ่งกระเซ็นพ่นปากบ่อ ทั้งนี้ก็เพราะความแตกต่างของแรงดันของแก๊ส ที่ละลายปนอยู่และไหลขึ้นมารวมกันนั่นเอง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544)

ความร้อนใต้พิภพ (Geothermal) คือ ความร้อนที่เกิดเองตามธรรมชาติตามธรรมชาติภายในโลก ที่แหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ แหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีศักยภาพสูง พบในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก (Tectonic) หรือบริเวณที่มีภูเขาไฟและแผ่นดินไหวเกิดอยู่เป็นประจำ เช่น บริเวณวงแหวนไฟ หรือบริเวณที่ความลึกของหินหนืดร้อน (Magma) อยู่ตื้นกว่าปกติ ทำให้ความร้อนภายในโลกถูกนำพาและถ่ายเทขึ้นมาสู่ผิวโลก การพัฒนาใช้ประโยชน์จากความร้อนใต้พิภพในบริเวณเหล่านี้ จึงให้ประสิทธิผลดีที่สุด

พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียน คือ พลังงานที่ใช้ไม่มีวันหมดเพราะสามารถหามาทดแทนได้ เช่น ปลูกป่าเอาไม้มาทำฟืน หรือปล่อยน้ำจากเขื่อนมาปั่นไฟ แล้วไหลลงทะเล กลายเป็นไอน้ำ และเป็นฝนตกลงมาสู่โลกอีก หรือแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากดวงอาทิตย์อย่างไม่มีวันหมดสิ้น ดังนั้นเป็นต้น (www.eppo.go.th)

ระบบผลิตไฟฟ้า หมายความว่า ระบบการผลิตไฟฟ้าของผู้รับใบอนุญาตจากโรงไฟฟ้าไปถึงจุดเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า และให้หมายความรวมถึงระบบจัดส่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วย (พรบ. การประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550)

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Health Tourism) หมายถึง การเดินทางท่องเที่ยวเยี่ยมชมสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงามในแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติและวัฒนธรรม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเรียนรู้วิถีชีวิตและพักผ่อนหย่อนใจ โดยแบ่งเวลาจากการท่องเที่ยวเพื่อทำกิจกรรมสุขภาพและ/หรือการบำบัดรักษาฟื้นฟูสุขภาพ เช่น การรับคำปรึกษาแนะนำด้านสุขภาพ การออกกำลังกายอย่างถูกวิธี การนวด/อบ/ประคบสมุนไพร การฝึกปฏิบัติสมาธิ ตลอดจนการตรวจร่างกาย การรักษาพยาบาลและอื่นๆ โดยเป็นการท่องเที่ยวที่มีจิตสำนึกต่อการส่งเสริมและรักษาสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ จึงมีการจัดรายการท่องเที่ยวพักผ่อนท่ามกลางธรรมชาติ เพื่อเรียนรู้วิถีใช้พลังงานจากธรรมชาติมาบำบัดรักษา สร้างเสริมสุขภาพกายและสุขภาพจิตให้สดชื่นผ่อนคลาย เป็นการเพิ่มพูนพลังกำลังให้สมบูรณ์แข็งแรง ปรับสภาพจิตใจและร่างกายให้สมดุล และภายหลังการท่องเที่ยวก็สามารถนำกลับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (กองอนุรักษ์, 2544) ดังนั้นการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพจึงเป็นการท่องเที่ยวที่ยั่งยืน (Sustainable Tourism) ซึ่งได้รับความสนใจและเป็นที่นิยมแพร่หลาย อันส่งผลดีต่อวงการท่องเที่ยวของประเทศไทยและประชาคมโลก การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพเป็นรูปแบบหนึ่งของการท่องเที่ยวที่มีจุดมุ่งหมายสำคัญในการพัฒนาคุณภาพบริการให้เป็นการท่องเที่ยวที่ยั่งยืน เพื่อให้เกิดการบริหารและจัดการทรัพยากรการท่องเที่ยวอย่างรอบคอบ ชาญฉลาดบังเกิดประโยชน์สูงสุด ต่อเนื่องยาวนาน ในการพิทักษ์รักษาเอกลักษณ์ทางธรรมชาติและวัฒนธรรมไว้ได้อย่างยั่งยืน และก่อให้เกิดผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมวัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมของประเทศชาติและประชาคมโลกในระยะยาว

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พุน้ำร้อน เป็นสิ่งที่แสดง หรือเป็นข้อสันนิษฐานได้ว่า ภายในหรือใต้โลกยังคงมีความร้อนอยู่ ประเทศไทยไม่ได้อยู่ในบริเวณที่พบภูเขาไฟมีพลัง (active volcano) หรือเป็นบริเวณที่เกิดมีแผ่นดินไหวขนาดที่มนุษย์รู้สึกได้ อยู่เป็นประจำ นอกจากนี้ หินภูเขาไฟอายุน้อยที่สุดที่พบในประเทศไทย มีอายุมากกว่าหนึ่งแสนปี และเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว ดังนั้น แหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย มักจะพบอยู่บริเวณใกล้มวลหินแกรนิต หรืออยู่บริเวณหินภูเขาไฟที่ดับแล้ว หินตะกอน หรือหินแปรอายุต่างๆ กัน ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า พุน้ำร้อนเป็นตัวบ่งชี้บอกศักยภาพของความร้อนใต้พิภพ

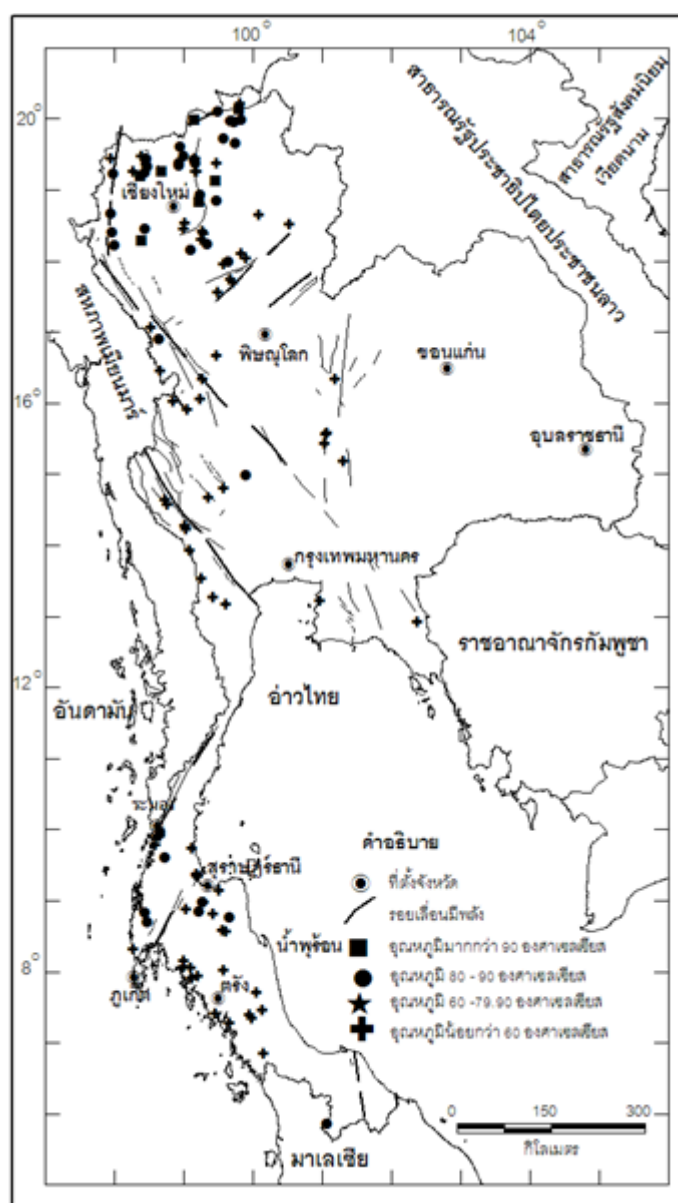
พุน้ำร้อน เกิดจากการที่น้ำฝนหรือน้ำตามแม่น้ำลำคลอง ไหลผ่านรอยเลื่อนและชั้นหินที่มีรูพรุนลงไปสู่ชั้นหินระดับลึก และได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินหนืดร้อนข้างใต้โลก ทำให้น้ำนี้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น จึงเกิดแรงลอยตัวของน้ำร้อน ซึ่งจะไหลผ่านไปตามแนวแตก และรอยเลื่อนจากที่ระดับลึกเข้ามาใกล้กับอยู่ในหินเนื้อฟาม (Permeable rock) หรือหินเนื้อพรุน (Porous rock) ในกรณีที่ ชั้นหินนี้วางตัวอยู่ใต้ชั้นหินเนื้อตัน (Impermeable rock) น้ำร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ใต้หินที่มีรูพรุน หรือรอยแตกจะทำให้เกิดเป็นชั้นกักเก็บหรือแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ (Geothermal reservoir) ซึ่งน้ำร้อนในแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพใต้โลกนี้ จะร้อนกว่าพุน้ำร้อนบนผิวดิน อุณหภูมิของน้ำร้อน ไอน้ำร้อนในชั้นหินกักเก็บความร้อนใต้พิภพอาจสูงถึง 350 องศาเซลเซียส ซึ่งแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพแบบนี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่ทรงอานุภาพ สามารถนำมาพัฒนาเป็นต้นพลังงานในการผลิตไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

พุน้ำร้อนเป็นความร้อนใต้พิภพรูปแบบหนึ่งที่มองเห็นได้บนพื้นดิน ส่วนใหญ่พบเห็นในบริเวณที่มีการไหล หรือการแผ่กระจายของความร้อนจากใต้ผิวโลกระดับลึกขึ้นมาสู่ผิวดินมากกว่าปกติ หรือเป็นบริเวณที่เรียกว่าเป็น "บริเวณจุดร้อน" (Hot spots) กล่าวคือ เป็นบริเวณที่มีค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นตามความลึกมากกว่าปกติ ประมาณ 1.5–5 เท่า โดยทั่วไป ค่าปกติการเพิ่มของอุณหภูมิจากผิวดินไปตามความลึก (Geothermal gradient) เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส/ความลึกหนึ่งกิโลเมตร อุณหภูมิบริเวณส่วนล่างของชั้นเปลือกโลก (Continental crust) หรือที่ความลึกประมาณ 30–35 กิโลเมตร จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 250 ถึง 1,000 องศาเซลเซียส ในขณะที่ตรงจุดศูนย์กลางของโลก อุณหภูมิอาจจะสูงถึง 3,500 ถึง 4,500 องศาเซลเซียส

2.1 พุน้ำร้อนในประเทศไทย

การศึกษาพุน้ำร้อนในประเทศไทย เริ่มจากการเก็บตัวอย่างพุน้ำร้อน วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2489 ปัจจุบัน พบแหล่งพุน้ำร้อนทั้งสิ้นจำนวน 118 แหล่ง (ภาพที่ 1) วัดอุณหภูมิที่ผิวดินอยู่ในช่วง 40–100 องศาเซลเซียส กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ทางภาคเหนือ จำนวน 68 แห่ง ภาคตะวันตก จำนวน 11 แห่ง ภาคกลาง จำนวน 3 แห่ง และภาคใต้ จำนวน 36 แห่ง

แต่เป็นเรื่องที่น่าแปลกที่ว่า เราไม่พบแหล่งพุน้ำร้อนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเลย ชื่อแหล่งพุน้ำร้อน สถานที่ แสดงไว้ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพุน้ำร้อน และรอยเลื่อนในประเทศไทย
ที่มา: คัดลอกและดัดแปลงจาก มานพ รักสาสกุลวงศ์ และสมาน จาตุรงค์วนิชย์ (2544)

2.1.1 ประเภทและการกระจายตัวของพุน้ำร้อน

พุน้ำร้อนเกิดจากน้ำแร่ร้อนที่สะสมตัวอยู่ใต้โลกที่ระดับลึกไหลขึ้นสู่ผิวดิน ระหว่างการไหลของน้ำร้อนขึ้นสู่ผิวดิน จะเกิดการทำปฏิกิริยาเคมีกับหินข้างเคียง ที่เป็นช่องทางให้น้ำร้อนไหลผ่าน และเกิดการปรับสมดุลระหว่างแร่ในน้ำร้อนและหินข้างเคียง น้ำร้อนที่ไหลอยู่ระดับตื้นจะมีการผสมระหว่างน้ำร้อนและน้ำบาดาลเย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดต่ำลง แล้วจึงไหลขึ้นสู่ผิวดิน เห็นเป็นบ่อน้ำอุ่นไหลเป็นพุน้ำร้อนบนพื้นดิน พุน้ำร้อนบางแห่งอาจเห็นพุก๊าซผุดเป็นฟองอากาศอยู่ร่วมกัน

2.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี

การเก็บตัวอย่างพุน้ำร้อนในประเทศไทยโดยเจ้าหน้าที่จากกรมทรัพยากรธรณี ได้ดำเนินงานตามมาตรฐานของ U.S. Geological Surveys การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ดำเนินงานตามมาตรฐานการวิเคราะห์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับวิเคราะห์กับหน่วยงาน International Atomic Energy Agency ที่มีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศออสเตรีย (วรรณภา จาราช, 2546)

การวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในพุน้ำร้อน เพื่อหาคุณสมบัติทางเคมีของแหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย มีประโยชน์ต่อการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนและอุตสาหกรรมปลายน้ำเป็นอย่างมาก ข้อมูลทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ทั้งในการพัฒนาให้เป็นแหล่งพลังงานได้พิพพเพื่อการผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และแหล่งท่องเที่ยว ตลอดจนการกำหนดชนิดและคุณภาพของแหล่งพุน้ำร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ผลการศึกษาคุณภาพพุน้ำร้อน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ตลอดจนอุณหภูมิที่เก็บของแหล่งพุน้ำร้อน พบว่า พุน้ำร้อนหรือบ่อน้ำร้อนที่พบเห็นโดยทั่วไปในประเทศไทย ให้คุณภาพของน้ำร้อนค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับพุน้ำร้อนในต่างประเทศ กล่าวคือ พุน้ำร้อนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นน้ำค่อนข้างใส ไม่มีสี มีกลิ่นของซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่าค่อนข้างน้อย อาจพบสาหร่ายสีเขียว สีขาวบ้าง ปกติจะมองเห็นคราบสีขาว สีเหลือง และสีแดงของแคลเซียมคาร์บอเนต ซัลเฟอร์ และเหล็ก ผิวน้ำประตติอยู่ตามผิวดินบ้าง อาจเกิดเป็นไอก๊าซ พุน้ำร้อน บ่อน้ำอุ่น มีอุณหภูมิผิวดินอยู่ระหว่าง 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าพุน้ำร้อนจัดแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พุน้ำร้อนทั่วไป พุน้ำร้อนคาร์บอเนต พุน้ำร้อนเกลือ และพุน้ำร้อนเกลือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต อาจกล่าวสรุปได้ว่า พุน้ำร้อนในประเทศไทยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 6.4 ถึง 9.5 ค่าความนำไฟฟ้าระหว่าง 225 ถึง 26,500 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ปริมาณแอลคาไล-โซเดียม และไบคาร์บอเนตค่อนข้างสูง ปริมาณไบคาร์บอเนตอยู่ในช่วงระหว่าง 200–500 มิลลิกรัม/ลิตร พุน้ำร้อนในประเทศไทยจึงจัดให้อยู่ในประเภทพุน้ำร้อนไบคาร์บอเนต (กรมทรัพยากรธรณี, 2530; Takashima and Jarach, 1987) มีปริมาณฟลูออไรด์ระหว่าง 0.005 ถึง 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ค่อนข้างสูงมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะพุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้เหมืองแร่ฟลูออไรต์ จะให้ปริมาณของฟลูออไรด์มากกว่า 15 มิลลิกรัม/ลิตร แต่พุน้ำร้อนที่เกิดบริเวณภาคใต้จะให้ค่าปริมาณของฟลูออไรด์น้อยลง และกลิ่นของก๊าซไข่เน่าเกือบไม่มี พุน้ำร้อนบางบริเวณในภาคใต้ จำนวน 9 แห่ง มีส่วนประกอบของคลอไรด์

ค่อนข้างสูงมาก มีลักษณะของพุน้ำร้อนที่เป็นน้ำกร่อย หรือน้ำเค็ม เช่น พุน้ำร้อนบริเวณ จังหวัดกระบี่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดพังงา และจังหวัดตรัง เป็นต้น อนึ่ง แหล่งพุน้ำร้อนที่มีปริมาณคลอไรด์สูง เนื่องจากการผสมกับน้ำทะเลระหว่างที่น้ำร้อนไหลจากระดับลึกขึ้นสู่ผิวดิน และทำให้ปริมาณของสารทั้งหมดที่ละลายได้ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟต สูงมากขึ้นด้วย ปริมาณของโซเดียมมีค่าระหว่าง 4–5,479 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงมาก เมื่อเทียบกับพุน้ำร้อนในบริเวณอื่นๆ ของโลก ปริมาณของโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 1–208 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแคลเซียมมีค่าระหว่าง 1.2–1,005 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแมกนีเซียมมีค่าระหว่าง 0.01–375 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของซิลิกาค่อนข้างสูง พบในบริเวณพุน้ำร้อนภาคเหนือที่มีอุณหภูมิผิวดินค่อนข้างสูงมากกว่า 90 องศาเซลเซียส คือมีค่าระหว่าง 25–273 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไบคาร์บอเนตค่อนข้างสูงมีค่าระหว่าง 47–608 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของซัลเฟตมีค่าระหว่าง 0.01–1,328 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟตส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่บริเวณที่พุน้ำร้อนเป็นน้ำเค็มปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มขึ้นมาก ผลวิเคราะห์เคมีอาจกล่าวโดยสรุป ดังนี้

1) ปริมาณสารละลายในน้ำต่ำ (low total dissolve solid) ระหว่าง 200–650 ppm ยกเว้น พุน้ำร้อนที่เป็นน้ำเค็มให้ค่าปริมาณสารละลายสูงมาก

2) พุน้ำร้อนส่วนใหญ่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกมีค่าฟลูออไรด์สูงมากกว่า 5 ส่วนในล้าน (ppm) และได้กลั่นกรองน้ำค่อนข้างแรง

3) ให้เอนทัลปีต่ำถึงปานกลาง (Low–medium enthalpy)

พุน้ำร้อนหลายบริเวณในประเทศไทยสามารถนำมาใช้ในการบริโภคได้ โดยการเก็บตัวอย่าง พุน้ำร้อนทำการวิเคราะห์เคมีหาส่วนประกอบของสารเคมีต่างๆ ที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำร้อน และดำเนินการลดปริมาณสารเคมีนั้นๆ ที่มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค

2.1.3 การคำนวณอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ

การประเมินอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพมีหลายวิธี การใช้ปริมาณความสมบูรณ์ของธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในพุน้ำร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับนิยมนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการสำรวจประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ อุณหภูมิที่คำนวณได้โดยใช้ธาตุต่างชนิดกันอาจให้อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนต่างกัน การที่อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพที่คำนวณได้ โดยใช้ปริมาณของธาตุต่างกันไม่เท่ากัน อาจเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของธาตุนั้นๆ กับหินข้างเคียงที่อยู่ในช่วงความลึกที่หินไหลผ่าน ทำให้สมดุลของสารเคมีเปลี่ยนแปลงไป สภาพทางธรณีวิทยา หรือ สภาพอุทกธรณีวิทยาที่ต่างกัน

การคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้สูตรคำนวณอุณหภูมิของ Fournier (1981) แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ โดยใช้ปริมาณของธาตุซิลิกา โซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม

Geothermometer	Equation	Restriction
1. Quartz–no steam loss	$Temp = \frac{1309}{5.19 - \log SiO_2} - 273.15$	Temp = 0–250 °C
2. Quartz maximum steam loss	$Temp = \frac{1522}{5.75 - \log SiO_2} - 273.15$	Temp = 0–250 °C
3. Na–K (Fournier, 1981)	$Temp = \frac{1217}{\log(Na / K) + 1.483} - 273.15$	Temp > 150 °C
4. Na–K–Ca	$Temp = \frac{1647}{\log(Na / K) + \beta[\log(\sqrt{Ca} / Na) + 2.06] + 2.47} - 273.15$	
	(Fournier and truesdell, 1973) $\beta=4/3$ for $\sqrt{Ca}/Na > 1$ Temp<100 °C $\beta=1/3$ for $\sqrt{Ca}/Na < 1$ Temp>100 °C	

ที่มา: คัดลอกจาก Fournier (1981) [Temp เป็นอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) ปริมาณสารละลาย มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร]

2.1.3.1 อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพคำนวณจากซิลิกา การคำนวณหาอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ จากปริมาณสารละลายซิลิกาที่อยู่ในน้ำร้อน (silica geothermometer) เป็นการอธิบายการละลายของซิลิกา ในช่วงที่อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิไม่เกิน 250 องศาเซลเซียส และจะให้ผลใกล้เคียง มีความแม่นยำสูงในแหล่งกักเก็บความร้อนที่ให้อุณหภูมิสูงมากกว่า 150 องศาเซลเซียส การเก็บตัวอย่างน้ำร้อนที่เดือดเป็นไอน้ำจะทำให้ปริมาณของซิลิกาสูงเพิ่มขึ้น เท่ากับปริมาณของน้ำร้อนที่หายไป เนื่องจากการเดือดกลายเป็นไอน้ำ การผสมกันระหว่างน้ำเย็นและน้ำร้อนระหว่างการไหลขึ้นมาของน้ำร้อน ทำให้มีการปรับสภาพสมดุลทางเคมีและปริมาณของซิลิกา รวมทั้งสารละลายอื่นๆ ในน้ำร้อนเปลี่ยนไป ผลการคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บน้ำร้อนด้วยซิลิกาแสดงในภาคผนวก ข

2.1.3.2 อุณหภูมิคำนวณจากอัตราส่วนโซเดียมต่อโพแทสเซียม การคำนวณหาอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพโดยใช้อัตราส่วน ระหว่างปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียม (Na, K) ที่ละลายหรือเป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำร้อน (Na–K geothermometer) เป็นการอธิบายอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนอุณหภูมิสูงมากกว่า 150 องศาเซลเซียส การคำนวณหาแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส จะให้ผลของอุณหภูมิไม่น่าเชื่อถือ อาจผิดจากความเป็นจริงไปมาก การใช้สูตรนี้คำนวณอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ ที่มีอุณหภูมิสูงระหว่าง 180 ถึง 200 องศาเซลเซียส จะให้ผลใกล้เคียงและตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด ข้อดีของการใช้สูตรนี้ก็คือ ในบริเวณที่มีการผสมกันระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็น ซึ่งโซเดียมและ

โพแทสเซียมจะทำปฏิกิริยาน้อยกว่าธาตุซิลิกอนและแคลเซียมที่ใช้ในการคำนวณอุณหภูมิ แต่หมายถึงเฉพาะในบริเวณที่น้ำเย็นมีปริมาณของ Na, K น้อยกว่าในพุ่น้ำร้อน ผลการคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บพุ่น้ำร้อนด้วยอัตราส่วนโซเดียมต่อโพแทสเซียมแสดงในภาคผนวก ข

2.1.3.3 อุณหภูมิคำนวณจากปริมาณโซเดียม-โพแทสเซียม-แคลเซียม การคำนวณหาอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพจากปริมาณโซเดียม-โพแทสเซียม-แคลเซียมที่ละลายอยู่ในพุ่น้ำร้อน (Na-K-Ca geothermometer) เป็นการค้นคิดขึ้นมาเพื่อคำนวณอุณหภูมิของแหล่งพุ่น้ำร้อนที่ให้ปริมาณแคลเซียมสูง เนื่องจาก การคำนวณอุณหภูมิโดยใช้อัตราส่วนโซเดียมต่อโพแทสเซียม จะให้อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนสูงมากกว่าที่ควรจะเป็นมาก การคำนวณอุณหภูมิให้ใช้สูตรคำนวณที่ค่า $\beta = 4/3$ ซึ่งก็จะได้อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส หรือค่า $[\log (\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}) + 2.06]$ เป็นค่าบวก แต่ในกรณีที่มีการคำนวณให้อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส หรือค่า $[\log (\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}) + 2.06]$ เป็นค่าลบ ให้คำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใหม่โดยใช้ค่า $\beta = 1/3$

ความเข้มข้นของปริมาณของธาตุต่างๆ ที่เกิดจากการเดือดเป็นไอน้ำหรือการผสมกันกับน้ำเย็นจะมีผลต่ออุณหภูมิที่คำนวณได้โดยวิธีการใช้ธาตุ โซเดียม-โพแทสเซียม-แคลเซียม กล่าวคือ การปรับสมดุลทางเคมีที่ทำให้เกิดการตกผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนต จะทำให้ปริมาณของแคลเซียมในน้ำร้อนลดน้อยลง ซึ่งเป็นผลให้การคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บสูงกว่าปกติ ผลการคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บพุ่น้ำร้อนด้วยปริมาณโซเดียม-โพแทสเซียม-แคลเซียม แสดงในภาคผนวก ข

2.1.4 อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ

การประมาณอุณหภูมิของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ โดยใช้ปริมาณซิลิกา โซเดียม โพแทสเซียม และ แคลเซียมที่อยู่ในพุ่น้ำร้อน ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนแต่ละวิธีให้ค่าค่อนข้างแตกต่างกัน อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนที่คำนวณจากซิลิกา ที่แสดงอุณหภูมิสูงหกอันดับแรกอยู่ระหว่าง 175-230 องศาเซลเซียส ได้แก่ พุ่น้ำร้อนดอยสะเก็ด พุ่น้ำร้อนสันกำแพง พุ่น้ำร้อนสบโป่ง พุ่น้ำร้อนฝาง พุ่น้ำร้อนป่าแป๋ พุ่น้ำร้อนเทพนม และพุ่น้ำร้อนแม่จัน (ภาคผนวก ข) อุณหภูมิพุ่น้ำร้อนที่คำนวณโดยใช้ปริมาณสารซิลิกาให้ความน่าเชื่อถือ และความน่าจะเป็นไปได้มากกว่าการคำนวณอุณหภูมิแหล่งกักเก็บโดยใช้ธาตุ โซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ บริเวณที่พุ่น้ำร้อนมีการผสมกับน้ำเย็น และบริเวณที่พุ่น้ำร้อนผสมกับน้ำเค็ม จะให้อุณหภูมิที่ไม่น่าเชื่อถือ หรือผิดจากความน่าจะเป็น ซึ่งอุณหภูมินี้อาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่ควรจะเป็น เช่น บริเวณภาคใต้ และพุ่น้ำร้อนที่ไหลในหินตะกอนบางบริเวณ เป็นต้น

2.2 กำเนิดพุ่น้ำร้อน (Hot Spring Circulations)

การศึกษารูปแบบการไหลหมุนเวียนของพุ่น้ำร้อน ธรณีวิทยา ธรณีเคมี อุทกธรณีวิทยา และการเจาะสำรวจ ทำให้สามารถจำแนกกำเนิดของพุ่น้ำร้อนออกเป็น 2 ประเภท (Geothermica Italiana Srl., 1984) ได้แก่

2.2.1 พุน้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในหินแกรนิต (Granitic geothermal reservoir)

น้ำฝนและน้ำผิวดินเย็นบางส่วนไหลลงสู่ระดับลึก ตามรอยเลื่อน รอยแตก รอยแยก ไปสู่แหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพหรือชั้นสะสมความร้อนอยู่ที่ความลึกมากกว่า 3 กิโลเมตร มีอุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส ชั้นกักเก็บความร้อนนี้เป็นแบบมีแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของหินที่ปิดทับอยู่ด้านบน ทำให้น้ำร้อนไหลจากชั้นกักเก็บความร้อนขึ้นมาสู่ที่สูงตามรอยเลื่อน และรอยแตก ในหินแกรนิต ระหว่างที่พุน้ำร้อนและไอน้ำนี้ไหลขึ้นมาข้างบนจะเกิดการถ่ายเทความร้อน หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับหินข้างเคียงที่ไหลผ่าน ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดต่ำลง แล้วน้ำร้อนนี้ก็ไหลขึ้นสู่ผิวดินเห็นเป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิใกล้เคียง เช่น พุน้ำร้อนฝาง พุน้ำร้อนป่าแป๋ และพุน้ำร้อนเทพนม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น (ภาพที่ 2ก)

2.2.2 พุน้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในหินตะกอนและหินแปร (Sedimentary or metamorphic geothermal reservoir)

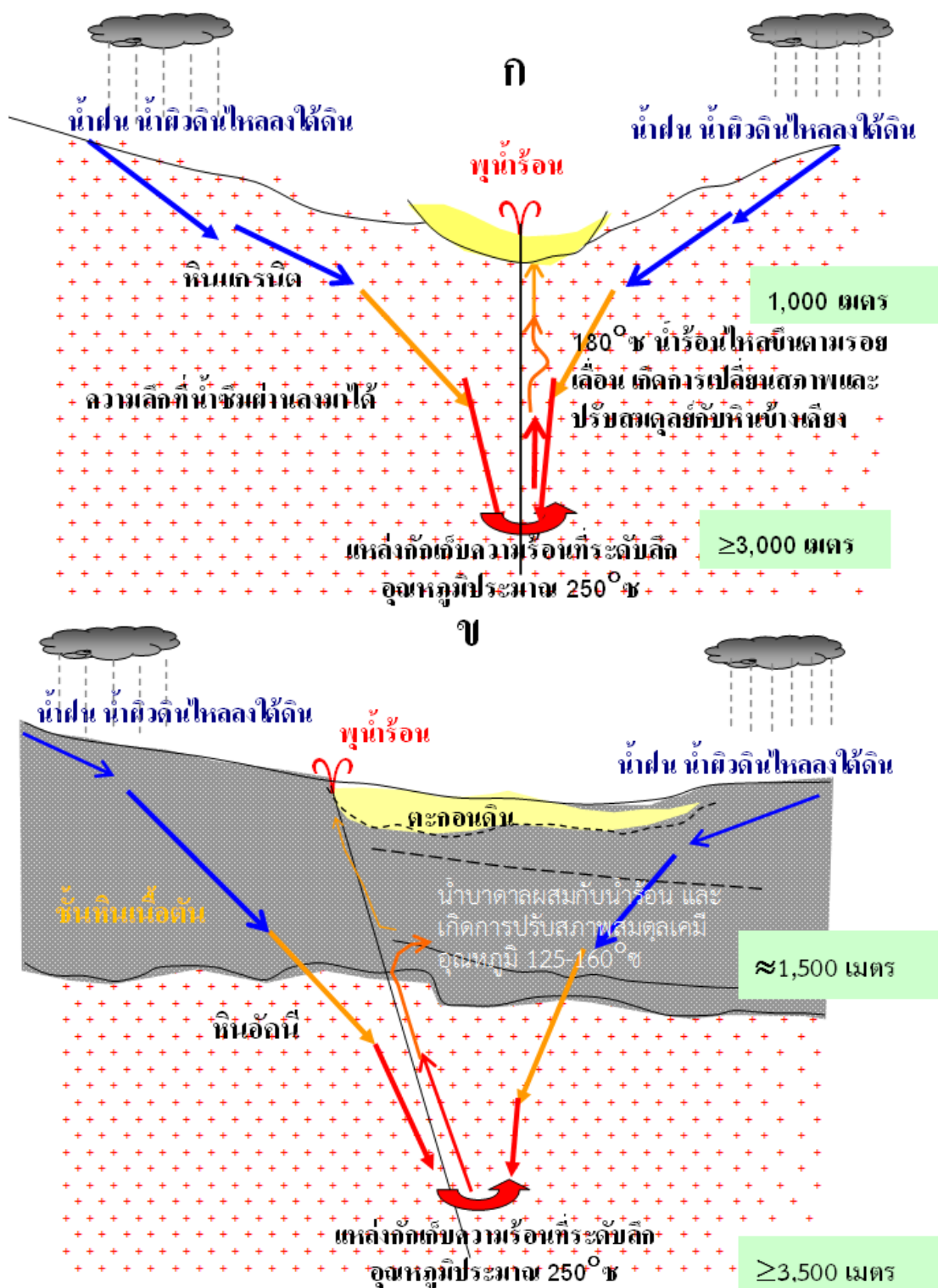
มีลักษณะการเกิดคล้ายกับพุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในหินแกรนิต ประเภทที่ 1 แตกต่างกัน ที่ด้านบนของชั้นกักเก็บสะสมความร้อนมีหินตะกอน หรือหินแปร ปิดทับอยู่บนหินแกรนิต กล่าวคือน้ำฝนและน้ำผิวดินเย็นบางส่วนไหลลงสู่ระดับลึก ตามรอยเลื่อน รอยแตก รอยแยก ไปสู่แหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพหรือชั้นสะสมความร้อนอยู่ที่ความลึกมากกว่า 3.5 กิโลเมตร มีอุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส ชั้นกักเก็บความร้อนนี้เป็นแบบมีแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของหินที่ปิดทับอยู่ด้านบน ทำให้น้ำร้อนไหลจากชั้นกักเก็บความร้อนขึ้นมาสู่ที่สูงตามรอยเลื่อน รอยแยกและรอยแตกในหินแกรนิตที่ระดับลึก ขึ้นมาสะสมตัวในหินตะกอนที่มีรูพรุนสูง หรือหินแปร ระหว่างที่พุน้ำร้อนและไอน้ำนี้ไหลขึ้นมาข้างบนจะเกิดการถ่ายเทความร้อน หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับหินข้างเคียงที่ไหลผ่าน ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดต่ำลง จากนั้น น้ำร้อนจะเกิดการผสมกับน้ำบาดาลเย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดต่ำลงอีก แล้วน้ำร้อนนี้ก็ไหลขึ้นสู่ผิวดินเห็นเป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด หรือเป็นบ่อน้ำอุ่น (ภาพที่ 2ข) เช่น พุน้ำร้อนพระร่วง จังหวัดกำแพงเพชร พุน้ำร้อนหินดาด และพุน้ำร้อนบ้านเขาพัง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น

2.3 ต้นกำเนิดความร้อน (Hot Spring Heat Sources)

ดังที่ได้กล่าวมาแต่เริ่มต้นแล้วว่า พุน้ำร้อนในประเทศไทยไม่ได้เกิดอยู่ในบริเวณภูเขาไฟที่มีพลัง อย่างไรก็ตาม ประมาณร้อยละ 65 ของจำนวนพุน้ำร้อน เกิดอยู่ใกล้ หรือมีความสัมพันธ์กับรอยแตก รอยเลื่อนที่มีพลัง และหินแกรนิต การศึกษาพุน้ำร้อน เพื่อวิเคราะห์หาต้นกำเนิดความร้อนของพุน้ำร้อนในประเทศไทยน่าจะมีสาเหตุ พอสรุปโดยสังเขปดังนี้ (Geothermica Italiana Slr., 1984; Takashima, and Jarach, 1987; Takashima, *et al.*, 1989)

2.3.1 พุน้ำร้อนที่พบเกิดอยู่บริเวณหินอัคนี

ความร้อนของพุน้ำร้อนน่าจะมาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านหินอัคนี กล่าวคือน้ำผิวดินและน้ำบาดาลไหลลงสู่ระดับลึกตามรอยเลื่อน ได้รับการถ่ายเทความร้อน และไหลกลับสู่ผิวดิน (Ratanasthien, *et al.*, 1988; Takashima, *et al.*, 1989)



ภาพที่ 2 รูปแบบการกำเนิด และการไหลหมุนเวียนของพุน้ำร้อนในประเทศไทย
 (ก) ประเภทที่ 1 น้ำร้อนและไอน้ำร้อนเกิดอยู่ในหินแกรนิต และ
 (ข) ประเภทที่ 2 น้ำร้อนและไอน้ำร้อนเกิดอยู่ในหินตะกอนหรือหินแปร

2.3.2 พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้หรือในหินแกรนิต ความร้อนที่อยู่ในพุน้ำร้อนน่าจะมาจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี การวิเคราะห์หาปริมาณสารกัมมันตรังสีพบว่า หินแกรนิตในประเทศไทยมีปริมาณส่วนประกอบของยูเรเนียมและทอเรียมค่อนข้างสูง และสูงกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสารกัมมันตรังสีของโลก นอกจากนี้ Thienprasert *et al.* (1982) ศึกษาการผลิตความร้อน (heat generation) ของหินอัคนีประเทศไทย พบว่าการผลิตความร้อนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปของโลก

2.3.3 พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในบริเวณรอยเลื่อนมีพลัง ที่ยังมีการเคลื่อนตัวเป็นระยะๆ ในรอบหนึ่งหมื่นปีที่ผ่านมา ความร้อนที่เกิดขึ้นจากแรงเฉือนของรอยเลื่อน หรือการเสียดสีกันระหว่างมวลหินจะถ่ายเทออกโดยรอบด้าน ทำให้หินที่มีความชื้นและน้ำใต้ดินมีอุณหภูมิและแรงดันสูงเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงดันและแรงลอยตัวของน้ำร้อน ความร้อนบริเวณนั้น เกิดการไหลกลับของน้ำร้อนจากระดับลึกขึ้นมาสู่ผิวดิน นอกจากนี้ รอยเลื่อนยังเป็นช่องทางนำน้ำเย็นไหลลงสู่ระดับลึกและไหลขึ้นสู่ผิวดิน

2.3.4 พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้รอยเลื่อนปกติในทิศทางเหนือ-ใต้ ที่เกิดอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนกลาง-ตอนปลาย เป็นตัวการทำให้ความร้อนของหินข้างเคียงและน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น (Curry *et al.*, 1978; Bunopas 1981; Bunopas and Vella, 1983; Vella, 1983)

2.3.5 พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่บริเวณการไหลถ่ายความร้อนสูง ประเทศไทยหลายบริเวณแสดงค่าการไหลถ่ายความร้อนสูง (high heat flow) ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากบริเวณประเทศไทยมีชั้นเปลือกโลกบาง และ/หรือชั้นแมนเทิลอยู่ตื้นกว่าปกติ ดังนั้น ความร้อนที่สะสมตัวอยู่ในชั้นหินนี้จะถ่ายเทให้หินและน้ำใต้ดินรอบข้าง เกิดแรงดันให้อุ่นน้ำและน้ำร้อนไหลขึ้นมาสู่พื้นผิวได้ง่ายขึ้น (Raksaskulwong and Thienprasert, 1995; Thienprasert *et al.*, 1982; Thienprasert and Raksaskulwong, 1984)

2.4 ยุทธศาสตร์ประเทศด้านทรัพยากรธรรมชาติและด้านพลังงาน (Country strategy on natural resource and energy)

ยุทธศาสตร์ของประเทศ ยุทธศาสตร์ระดับกระทรวง กรม ที่เกี่ยวข้องกับความร้อนได้พิพาด้านต่างๆ มีดังนี้

2.4.1 นโยบายและยุทธศาสตร์ประเทศไทย

พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา (2557) นายกรัฐมนตรีได้แถลงนโยบายของรัฐบาลต่อรัฐสภา เมื่อวันที่ 12 กันยายน 2557 โดยเสนอแนวทางการบริหารราชการแผ่นดิน แบ่งออกเป็น 11 ด้าน ซึ่งจะขอกล่าวเฉพาะนโยบายที่เกี่ยวกับการพัฒนาความร้อนได้พิพาดังนี้

2.4.1.1 นโยบายที่ 6 ด้านการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศ ข้อ 6.6 และข้อ 6.9

ข้อ 6.6 ชักจูงให้นักท่องเที่ยวต่างชาติเข้ามาเที่ยวในประเทศไทย โดยพิจารณา มาตรการลดผลกระทบจากการประกาศใช้กฎอัยการศึกในบางพื้นที่ ที่มีต่อการท่องเที่ยวในโอกาสแรก ที่จะทำได้ และสร้างสิ่งจูงใจและสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกื้อกูลต่อบรรยากาศการท่องเที่ยว ส่งเสริมการท่องเที่ยวที่ครอบคลุมแหล่งท่องเที่ยวอันมีลักษณะโดดเด่นร่วมกันหรือจัดเป็นกลุ่มได้ เช่น กลุ่มธรรมชาติ ประวัติศาสตร์ ศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และสุขภาพ เช่น น้ำพุร้อน ธรรมชาติ ทั้งจะให้เชื่อมโยงกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากวิถีชีวิตชุมชน รวมทั้งพัฒนา

แหล่งท่องเที่ยว ในประเทศทั้งที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวเดิมและแหล่งท่องเที่ยวใหม่ โดยเน้นการให้ความรู้ และเพิ่มมาตรฐานความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน การควบคุมสินค้าและบริการให้มีคุณภาพ ราคา เป็นธรรม ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ แก่นักท่องเที่ยว

ข้อ 6.9 ปฏิรูปโครงสร้างราคาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ให้สอดคล้องกับ ต้นทุนและให้มีภาระภาษีที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันต่างชนิดและผู้ใช้ต่างประเภท เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพ การใช้พลังงานของประเทศและให้ผู้บริโภคตระหนักว่าจะไม่ใช้อย่างฟุ่มเฟือย รวมถึง ดำเนินการให้มีการสำรวจและผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมันรอบใหม่ทั้งในทะเลและบนบก และ ดำเนินการให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยหน่วยงานของรัฐและเอกชน ทั้งจากการใช้ฟอสซิลเป็น เชื้อเพลิง และจากพลังงานทดแทนทุกชนิด ด้วยวิธีการที่เปิดเผย โปร่งใส เป็นธรรม และเป็นมิตรต่อ สภาวะแวดล้อม พร้อมกับร่วมมือกับประเทศเพื่อนบ้านในการพัฒนาพลังงาน

2.4.1.2 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555–2559)

ทิศทางยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศภายใต้แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ให้ ความสำคัญกับประเด็นด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และได้บูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ เข้ากับยุทธศาสตร์การเข้าสู่ประชาคมอาเซียน โดยประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ 30 ประเด็นหลัก และ 79 แนวทางการดำเนินการ โดยมีประเด็นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม และมอบหมายให้เป็นเจ้าภาพหลัก ประกอบด้วย

ประเด็นหลักที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

22.1 การป้องกันผลกระทบและปรับตัว (Mitigation and Adaptation)

22.1.1 การป้องกันผลกระทบ

22.1.2 การปรับตัวต่อผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

22.1.3 การเพิ่มขีดความสามารถ

22.2 การป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติธรรมชาติ

คำแถลงนโยบายของรัฐบาล ทำให้หน่วยงานราชการระดับกระทรวงและ หน่วยงานระดับกรม ต้องปรับแผนการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล และแผน แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555–2559) พอสรุปได้ ดังนี้

2.4.1.3 นโยบายและยุทธศาสตร์ระดับกระทรวงและระดับกรม

สืบเนื่องจากนายกรัฐมนตรี (นางสาวยิ่งลักษณ์ ชินวัตร) เป็นประธานการ ประชุมมอบนโยบายสำหรับขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ประเทศ (Country strategy) และชี้แจงการจัดทำ บประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 เมื่อวันที่ 22 มกราคม 2556 ณ โรงแรมเซ็นทารา แกรนด์ แอท เซ็นทรัลเวิลด์ ทำให้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดำเนินการทบทวน ยุทธศาสตร์กระทรวงให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ประเทศ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม, 2556) ดังนี้

2.4.2 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.4.2.1 ประเด็นยุทธศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1) บริหารจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอย่างบูรณาการ มีประสิทธิภาพ เป็นธรรมและยั่งยืน

- 2) สงวน อนุรักษ์ พื้นฟู และบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติเพื่อให้ตอบสนองต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน และสอดคล้องกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
- 3) อนุรักษ์ พื้นฟูและบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอย่างยั่งยืน
- 4) ส่งเสริม อนุรักษ์ พื้นฟู และบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างเป็นธรรมและยั่งยืน
- 5) พัฒนาศักยภาพ เครื่องมือ กลไก องค์ความรู้ รวมทั้งจิตสำนึก และการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 6) ดูแลรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและจัดการมลพิษ เพื่รองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 7) เสริมสร้างขีดความสามารถในการบริหารจัดการพิบัติภัย และระบบเตือนภัยทางธรรมชาติและสาธารณภัย

2.4.2.2 เป้าประสงค์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- 1) ประชาชนในพื้นที่เป้าหมายมีแหล่งน้ำที่มีการอนุรักษ์ ปรับปรุง พื้นฟู และพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีปริมาณเพียงพอโดยการมีส่วนร่วม
- 2) ทรัพยากรธรรมชาติทุกประเภทในพื้นที่เป้าหมายมีความยั่งยืน
- 3) ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และป่าชายเลนได้รับการอนุรักษ์ พื้นฟูและบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งพื้นที่ที่มีปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งได้รับการป้องกันและแก้ไขอย่างบูรณาการ
- 4) บริหารจัดการเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน และทรัพยากรธรรมชาติอย่างเป็นธรรมและยั่งยืน
- 5) พัฒนาศักยภาพ กลไกและบุคลากรในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพ เพื่รองรับการเปลี่ยนแปลงทุกระดับ
- 6) สร้างความตระหนัก จิตสำนึก และการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 7) พัฒนาเครื่องมือและกลไกในการดูแลรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการจัดการมลพิษ เพื่อบริการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 8) ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยมีความปลอดภัย ลดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

2.4.3 กรมทรัพยากรธรณี

กฎกระทรวงการแบ่งส่วนราชการกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2545 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2555 กำหนดให้ กรมทรัพยากรธรณี อยู่ในกลุ่มอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการกิจหลักในการอนุรักษ์ คุ่มครอง กำกับดูแล และการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ทางน้ำ ทะเลและชายฝั่ง ดินและแร่

รวมทั้งกำหนดกฎหมาย ระเบียบ มาตรการ และมาตรฐานการอนุรักษ์และการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนประเมินผลและติดตามสถานภาพทรัพยากรธรรมชาติของประเทศ

1) วิสัยทัศน์

บริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี โดยการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อประโยชน์สุขแก่สังคมโดยรวม

2) พันธกิจ

จัดการด้านธรณีวิทยา ทรัพยากรธรณี ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมและธรณีพิบัติภัย โดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน

3) ภารกิจหลัก

กรมทรัพยากรธรณีมีภารกิจเกี่ยวกับการสงวน อนุรักษ์ ฟื้นฟูและบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี โดยการสำรวจ ตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี การประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี การกำหนด และกำกับดูแลเขตพื้นที่สงวนและอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรณี คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน โดยมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) เสนอความเห็นเพื่อกำหนดพื้นที่และการจัดทำนโยบาย แผนการสงวน การอนุรักษ์ การฟื้นฟู และการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยา ทรัพยากรธรณี ชากดักดำบรรพ์ ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม และธรณีพิบัติภัย

(2) ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ กฎหมายว่าด้วยแร่ในส่วนที่รับผิดชอบ และกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง

(3) เสนอให้มี ปรับปรุง หรือแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมาย ระเบียบ และมาตรการเกี่ยวกับการสงวน การอนุรักษ์ การฟื้นฟู และการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยา ทรัพยากรธรณี ชากดักดำบรรพ์ ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม และธรณีพิบัติภัย รวมทั้ง กำกับ ดูแลประเมินผล ติดตาม ตรวจสอบให้เป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบและมาตรการ

(4) ดำเนินการเกี่ยวกับการสำรวจ การตรวจสอบ การศึกษา การวิจัย การพัฒนาองค์ความรู้ การให้บริการข้อมูล การเผยแพร่ความรู้ การบริการทางวิชาการ รวมทั้งประสานความร่วมมือกับต่างประเทศและองค์การระหว่างประเทศในด้านธรณีวิทยา ทรัพยากรธรณี ชากดักดำบรรพ์ ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม และธรณีพิบัติภัย

(5) กำหนดมาตรฐานทางธรณีวิทยา ทรัพยากรแร่ ชากดักดำบรรพ์ ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม และธรณีพิบัติภัย รวมทั้งรวบรวม จัดเก็บ และรักษาหลักฐานอ้างอิงทางธรณีวิทยา ทรัพยากรแร่และซากดึกดำบรรพ์ของประเทศ

(6) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกรมหรือตามที่รัฐมนตรีหรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย

4) กลยุทธ์

(1) พัฒนาศักยภาพ มาตรฐาน และคุณภาพของการสำรวจ วิจัย และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี และธรณีวิทยา

(2) บริหารจัดการข้อมูลทรัพยากรธรณีและธรณีวิทยาอย่างมีประสิทธิภาพ และเร่งรัดให้มีการอนุรักษ์และพัฒนาที่ยั่งยืน โดยการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่างๆ

(3) เร่งรัด ส่งเสริม พัฒนา และเผยแพร่องค์ความรู้ ด้านการอนุรักษ์และคุ้มครองทรัพยากรธรณี แก่ชุมชนและหน่วยงานระดับท้องถิ่นให้เกิดการอนุรักษ์อย่างเป็นรูปธรรมโดยประชาชนมีส่วนร่วม

(4) เสริมสร้างศักยภาพและประสิทธิภาพในการจัดการฐานความรู้ด้านทรัพยากรธรณี และธรณีวิทยา โดยใช้ระบบสารสนเทศ

(5) พัฒนาศักยภาพการสำรวจ วิจัยด้านธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมและธรณีพิบัติภัย พร้อมนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยและขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการลดผลกระทบปัจจัยเสี่ยง

(6) เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูล เพื่อจัดทำแผน มาตรการ แนวทาง ในการลดผลกระทบและปัจจัยเสี่ยงด้านธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม และธรณีพิบัติภัย โดยการมีส่วนร่วม

2.4.4 กระทรวงพลังงาน

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนบริหารราชการตามภารกิจ โดยกำหนดแบ่งการทำงานเป็น 6 ยุทธศาสตร์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความร้อนใต้พิภพ ดังนี้

1) ยุทธศาสตร์ที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
เป้าประสงค์

2.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มขึ้น

2.2 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

กลยุทธ์หลัก

2.1 พัฒนากลไก กฎระเบียบ มาตรฐาน มาตรการกฎหมายและมาตรการทางการเงิน ได้แก่ Building Energy Code, Labeling, HEPS, MEPS สินเชื่อพลังงาน Direct Subsidy, ESCO Fund ส่งเสริมธุรกิจบริษัทจัดการพลังงาน

2.2 สร้างความตระหนักและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยให้ความรู้การประหยัดพลังงานกับประชาชนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม อาทิ แผนพลังงานชุมชน การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

2.3 สนับสนุนการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม และพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงาน

2.4 สนับสนุนการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก (GHG Emission Reduction) ในภาคพลังงานตามแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

2.5 ปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าให้สามารถลดค่าความสิ้นเปลืองในการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Heat Rate)

2.6 จัดทำแผนปฏิบัติการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในอุตสาหกรรม ที่มีศักยภาพ เช่น โรงน้ำตาล โรงสกัดน้ำมันปาล์ม โรงงานแป้งมัน และจัดทำแผนปฏิบัติการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโรงไฟฟ้าในพื้นที่อุตสาหกรรมหลัก

2) ยุทธศาสตร์ที่ 3 พัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาด
เป้าประสงค์

- 3.1 สามารถทดแทนพลังงานฟอสซิลมากขึ้น
- 3.2 ใช้พลังงานทดแทนในชุมชนอย่างทั่วถึง
- 3.3 มีการแก้ไขกฎหมายที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนา และพัฒนามาตรฐานกฎหมาย

เฉพาะในการส่งเสริมและกำกับดูแลพลังงานทดแทน

3.4 คนไทยเป็นเจ้าของเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพในต้นทุนที่แข่งขันได้

กลยุทธ์

- 3.1 กำหนดเกณฑ์และมาตรฐานต่างๆ เพื่อส่งเสริมการลงทุน
- 3.2 ปรับปรุงระบบสายส่งและโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง
- 3.3 ประชาสัมพันธ์การพัฒนาและใช้พลังงานทดแทน รวมทั้งกำหนดให้มีการสร้างความรู้ความเข้าใจพลังงานนิวเคลียร์
- 3.4 ส่งเสริมให้มีการผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนเพิ่มมากขึ้นผ่านโครงการส่งเสริมชุมชน ลงทุนพลังงานทดแทน ได้แก่ ต้นแบบการเรียนรู้ Biogas / CBG
- 3.5 พัฒนาชุมชนต้นแบบ ได้แก่ วิสาหกิจพลังงานทดแทนชุมชน (DGG) ชุมชนต้นแบบการจัดการพลังงาน Low Carbon Model Town
- 3.6 ผลักดันการแก้ไขกฎหมาย กฎระเบียบเดิมที่เกี่ยวข้องและเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน และผลักดันให้มีกฎหมายเฉพาะ เพื่อการส่งเสริมและกำกับดูแลพลังงานทดแทน
- 3.7 ส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัย พัฒนาและสาธิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทน และพลังงานสะอาด ที่ใช้เทคโนโลยีรูปแบบใหม่ โดยร่วมมือกับแหล่งทุนต่างๆ ทั้งภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน พร้อมผลักดันให้มีผลงานวิจัย ได้รับการต่อยอดเชิงพาณิชย์ รวมถึงการสร้างบุคลากรด้านพลังงาน เพื่อรองรับการพัฒนาในอนาคต

2.4.5 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

กระทรวงพลังงาน (2555) ได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ร้อยละ 25 ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564) โดยพลังงานทดแทน ถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

2.4.5.1 ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก กระทรวงพลังงานกำหนดยุทธศาสตร์ ในการจัดทำ Roadmap เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564) หรือ AEDP (2012–2021) ตามแผน AEDP ใน 6 ประเด็น ดังนี้

- 1) การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง

- กับสถานการณ์
- 2) การปรับมาตรการจูงใจสำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสม
 - 3) การแก้ไขกฎหมาย และกฎระเบียบที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน
 - 4) การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบสายส่ง สายจำหน่ายไฟฟ้ารวมทั้งการพัฒนาสู่ระบบ Smart Grid
 - 5) การประชาสัมพันธ์ และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน
 - 6) การส่งเสริมงานวิจัยในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร

2.4.5.2 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564)

พลังงานรูปแบบใหม่เพื่อการผลิตไฟฟ้า

กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานรูปแบบใหม่ที่สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และคาดว่าน่าจะมีศักยภาพในการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยมี วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทน ให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและและการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต โดยในแผนนี้จะไม่รวมเป้าหมายการพัฒนาก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV)

- 2) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ
- 3) เพื่อเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนระดับชุมชน เป็นชุมชนสีเขียว
- 4) เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ
- 5) เพื่อวิจัย พัฒนา ส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ให้สามารถแข่งขันในตลาดสากล

2.4.5.3. การขับเคลื่อนรายเทคโนโลยี

พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป้าหมาย 1 MW ในปี 2564 ปัจจุบันมีกำลังการผลิต 300 kW

- 1) ปัญหาอุปสรรคของการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานความร้อนใต้พิภพ
 - (1) มีขีดจำกัดในการพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพเพื่อการผลิตพลังงาน เพราะว่าแหล่งภายในประเทศส่วนใหญ่ความร้อนไม่สูง
 - (2) การสร้างความเข้าใจต่อชุมชนในการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพเพื่อผลิตพลังงาน
 - (3) ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
- 2) แนวทางและทิศทางการพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพ

- (1) พัฒนาแผนที่ศักยภาพแหล่งและเทคโนโลยีพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศ
- (2) ประเมินความเป็นไปได้การพัฒนาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ด้วยเทคโนโลยีรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสม
- (3) ประเมินความคุ้มค่า ผลกระทบต่อชุมชน สิ่งแวดล้อม และสุขภาพนำมาผลิตพลังงาน
- (4) ทดลองนำเทคโนโลยีที่อาจใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิไม่สูงนักมาใช้ประโยชน์
- (5) ติดตามเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับศักยภาพและภูมิประเทศ

ตารางที่ 2 เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อนและติดตาม

ประเภท	เป้าหมายปริมาณการผลิตไฟฟ้า ในปี 2564	กำลังการผลิตติดตั้งสะสม ในปี 2564
	ล้านหน่วย: GW-hr	MW
1. พลังงานลม	1,283	1,200
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,484	2,000
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ	5,604	1,608
		• EGAT Pump storage 1,284 MW • Small-Hydro 324 MW
4. พลังงานชีวมวล	14,008	3,630
5. ก๊าซชีวภาพ	1,050	600
6. พลังงานจากขยะ	518	160
7. พลังงานรูปแบบใหม่	10	3
		• ความร้อนใต้พิภพ 1 MW • คลื่นหรือกระแสน้ำ 2 MW
รวม	24,956 ล้านหน่วย	9,201 MW

2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความร้อนใต้พิภพ (Relevant Legislation)

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า กฎกระทรวงการแบ่งส่วนราชการกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2545 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2555 กำหนดให้ กรมทรัพยากรธรณี มีภารกิจเกี่ยวกับการสงวน อนุรักษ์ ปันฟูและบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี โดยการสำรวจ ตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี การประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี การกำหนด และกำกับดูแลเขตพื้นที่สงวนและอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรณี คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ กรมทรัพยากรธรณีเคยเป็นหน่วยงานหลักในการสำรวจความร้อนใต้พิภพ แต่การบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพและพุน้ำร้อน จำเป็นต้องมีเครื่องมือทางการบริหารจัดการ ด้านกฎหมาย ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญประการหนึ่ง โดยทำหน้าที่ทั้งกำหนดบทบาท หน้าที่ รับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ รวมถึงกำหนดบทลงโทษผู้กระทำความผิดที่ทำให้เกิดการทำลายหรือก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อแหล่งความร้อนใต้พิภพและพุน้ำร้อน ปัจจุบัน ยังไม่มีกฎหมายพระราชบัญญัติ ประกาศ และระเบียบต่างๆ เกี่ยวกับความร้อนใต้พิภพและพุน้ำร้อน ขึ้นมาโดยเฉพาะเพื่อควบคุม การสำรวจ ผลิต พัฒนา หรือกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพและพุน้ำร้อน กฎหมายหลายระดับนับตั้งแต่รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งเป็นกฎหมายระดับสูงสุดของประเทศ ตลอดจนกฎหมายในระดับที่หน่วยงานถือปฏิบัติ ซึ่งได้มีการกำหนดบทบาทและหน้าที่ที่หน่วยงานแต่ละแห่งที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นประเด็นเฉพาะเจาะจงลงไป การนำพุน้ำร้อนขึ้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อการบริโภคและอุปโภค มีพระราชบัญญัติ หรือระเบียบ ที่อาจเกี่ยวเนื่อง ซึ่งในบทนี้จะแบ่งกฎหมายออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 2) กฎหมายที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรับผิดชอบ และ 3) กฎหมายที่กระทรวงอื่นๆ รับผิดชอบ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550

ถึงแม้ว่ารัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2550 ได้ถูกยกเลิกแล้ว และอยู่ระหว่างการร่างรัฐธรรมนูญใหม่ แต่ผู้เขียนสันนิษฐานว่า รัฐธรรมนูญใหม่น่าจะมีบทบัญญัติมาตราที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คล้ายรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2550 ที่เกี่ยวข้องจำนวน 8 มาตรา ดังนี้

มาตรา 42 การเวนคืนอสังหาริมทรัพย์จะกระทำมิได้ เว้นแต่โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย เฉพาะกิจการของรัฐเพื่อการอันเป็นสาธารณูปโภค การอันจำเป็นในการป้องกันประเทศ การได้มาซึ่งทรัพยากรธรรมชาติ การผังเมือง การส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การพัฒนาการเกษตรหรือการอุตสาหกรรม การปฏิรูปที่ดิน การอนุรักษ์โบราณสถานและแหล่งทางประวัติศาสตร์ หรือเพื่อประโยชน์สาธารณะอย่างอื่น และต้องชดเชยค่าทดแทนที่เป็นธรรมภายในเวลาอันควรแก่เจ้าของตลอดจนผู้ทรงสิทธิบรรดาที่ได้รับความเสียหายจากการเวนคืนนั้น ทั้งนี้ ตามที่กฎหมายบัญญัติการกำหนดค่าทดแทนตามวรรคหนึ่งต้องกำหนดให้อย่างเป็นธรรมโดยคำนึงถึงราคาซื้อขายกันตามปกติในท้องตลาด การได้มา สภาพและที่ตั้งของอสังหาริมทรัพย์ ความเสียหายของผู้ถูกเวนคืน และประโยชน์ที่รัฐและผู้ถูกเวนคืนได้รับจากการใช้สอยอสังหาริมทรัพย์ที่ถูกเวนคืน กฎหมายเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ต้องระบุวัตถุประสงค์แห่งการเวนคืน และกำหนดระยะเวลาการเข้า

ใช้ข้อห้ามทรัพย์สินไว้ให้ชัดเจน ถ้ามิได้ใช้เพื่อการนั้นภายในระยะเวลาที่กำหนดดังกล่าว ต้องคืนให้เจ้าของเดิมหรือทายาท การคืนข้อห้ามทรัพย์สินให้เจ้าของเดิมหรือทายาทตามวรรคสาม และการเรียกค่าทดแทนที่ชดใช้ให้เป็นไปตามที่กฎหมายบัญญัติ

มาตรา 56 บุคคลย่อมมีสิทธิได้รับทราบและเข้าถึงข้อมูลหรือข่าวสารสาธารณะในครอบครองของหน่วยราชการ หน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ หรือราชการส่วนท้องถิ่น เว้นแต่การเปิดเผยข้อมูลหรือข่าวสารนั้นจะกระทบต่อความมั่นคงของรัฐ ความปลอดภัยของประชาชน หรือส่วนได้เสียอันพึงได้รับการคุ้มครองของบุคคลอื่น หรือเป็นข้อมูลส่วนบุคคล ทั้งนี้ ตามที่กฎหมายบัญญัติ

มาตรา 57 บุคคลย่อมมีสิทธิได้รับข้อมูล คำชี้แจง และเหตุผลจากหน่วยราชการ หน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ หรือราชการส่วนท้องถิ่น ก่อนการอนุญาตหรือการดำเนินโครงการ หรือกิจกรรมใดที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย คุณภาพชีวิต หรือส่วนได้เสียสำคัญอื่นใดที่เกี่ยวกับตน หรือชุมชนท้องถิ่น และมีสิทธิแสดงความคิดเห็นของตนต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในเรื่องดังกล่าว การวางแผนพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรม การเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ การวางผังเมือง การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการออกกฎที่อาจมีผลกระทบต่อส่วนได้เสียสำคัญของประชาชน ให้รัฐจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนอย่างทั่วถึงก่อนดำเนินการ

มาตรา 64 บุคคลย่อมมีเสรีภาพในการรวมกันเป็นสมาคม สหภาพ สหพันธ์ สหกรณ์ กลุ่มเกษตรกร องค์การเอกชน องค์การพัฒนาเอกชน หรือหมู่คณะอื่นข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของรัฐย่อมมีเสรีภาพในการรวมกลุ่มเช่นเดียวกับบุคคลทั่วไป แต่ทั้งนี้ต้องไม่กระทบประสิทธิภาพในการบริหารราชการแผ่นดินและความต่อเนื่องในการจัดทำบริการสาธารณะ ทั้งนี้ ตามที่กฎหมายบัญญัติการจำกัดเสรีภาพตามวรรคหนึ่งและวรรคสอง จะกระทำมิได้ เว้นแต่โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย เฉพาะเพื่อคุ้มครองประโยชน์ส่วนรวมของประชาชน เพื่อรักษาความสงบ เรียบร้อยหรือศีลธรรมอันดีของประชาชน หรือเพื่อป้องกันมิให้มีการผูกขาดตัดตอนในทางเศรษฐกิจ

มาตรา 66 บุคคลซึ่งรวมกันเป็นชุมชน ชุมชนท้องถิ่น หรือชุมชนท้องถิ่นดั้งเดิม ย่อมมีสิทธิอนุรักษหรือฟื้นฟูจารีตประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่นศิลปวัฒนธรรมอันดีของท้องถิ่นและของชาติ และมีส่วนร่วมในการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุลและยั่งยืน

มาตรา 67 สิทธิของบุคคลที่จะมีส่วนร่วมกับรัฐและชุมชนในการอนุรักษ บำรุงรักษา และการได้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ และในการคุ้มครอง ส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ดำรงชีพอยู่ได้อย่างปกติและต่อเนื่องในสิ่งแวดล้อมที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย สวัสดิภาพ หรือคุณภาพชีวิตของตน ย่อมได้รับความคุ้มครองตามความเหมาะสมการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรง ทั้งด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และสุขภาพ จะกระทำมิได้ เว้นแต่จะได้ศึกษาและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในชุมชน และจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสียก่อน รวมทั้งได้ให้องค์กรอิสระ

ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนองค์การเอกชนด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ และผู้แทนสถาบันอุดมศึกษาที่จัดการการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม หรือทรัพยากรธรรมชาติ หรือด้านสุขภาพ ให้ความเห็นประกอบก่อนมีการดำเนินการดังกล่าว สิทธิของชุมชนที่จะฟ้องหน่วยราชการ หน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ ราชการส่วนท้องถิ่นหรือองค์กรอื่นของรัฐที่เป็นนิติบุคคล เพื่อให้ปฏิบัติหน้าที่ตามบทบัญญัตินี้ย่อมได้รับความคุ้มครอง

มาตรา 85 รัฐต้องดำเนินการตามแนวนโยบายด้านที่ดิน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

1) กำหนดหลักเกณฑ์การใช้ที่ดินให้ครอบคลุมทั่วประเทศ โดยให้คำนึงถึงความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ทั้งผืนดิน ผืนน้ำ วิถีชีวิตของชุมชนท้องถิ่น และการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ และกำหนดมาตรฐานการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน โดยต้องให้ประชาชนในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากหลักเกณฑ์การใช้ที่ดินนั้นมีส่วนร่วมในการตัดสินใจด้วย

2) กระจายการถือครองที่ดินอย่างเป็นธรรมและดำเนินการให้เกษตรกรมีกรรมสิทธิ์ หรือสิทธิในที่ดินเพื่อประกอบเกษตรกรรมอย่างทั่วถึงโดยการปฏิรูปที่ดินหรือวิธีอื่น รวมทั้งจัดหาแหล่งน้ำเพื่อให้เกษตรกรมีน้ำใช้อย่างพอเพียงและเหมาะสมแก่การเกษตร

3) จัดให้มีการวางผังเมือง พัฒนา และดำเนินการตามผังเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล เพื่อประโยชน์ในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

4) จัดให้มีแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและทรัพยากรธรรมชาติอื่นอย่างเป็นระบบ และเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม ทั้งต้องให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการสงวน บำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุล

5) ส่งเสริม บำรุงรักษา และคุ้มครองคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืนตลอดจนควบคุมและกำจัดการสะสมพิษที่มีผลต่อสุขภาพอนามัย สวัสดิภาพ และคุณภาพชีวิตของประชาชน โดยประชาชน ชุมชนท้องถิ่น และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ต้องมีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางดำเนินงาน

มาตรา 86 รัฐต้องดำเนินการตามแนวนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ ทรัพย์สินทางปัญญา และพลังงาน ดังต่อไปนี้

1) ส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมด้านต่างๆ โดยจัดให้มีกฎหมายเฉพาะเพื่อการนี้ จัดงบประมาณสนับสนุนการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และให้มีสถาบันการศึกษาและพัฒนา จัดให้มีการใช้ประโยชน์จากผลการศึกษาและพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ และการพัฒนาบุคลากรที่เหมาะสม รวมทั้งเผยแพร่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ และสนับสนุนให้ประชาชนใช้หลักด้านวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต

2) ส่งเสริมการประดิษฐ์หรือการค้นคิดเพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ รักษาและพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นและภูมิปัญญาไทย รวมทั้งให้ความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา

3) ส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย พัฒนา และใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทน ซึ่งได้จากธรรมชาติและเป็นคุณต่อสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

มาตรา 290 องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นย่อมมีอำนาจหน้าที่ส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายบัญญัติ กฎหมายตามวรรคที่หนึ่งอย่างน้อยต้องมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

- 1) การจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในเขตพื้นที่
- 2) การเข้าไปมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อยู่นอกเขตพื้นที่เฉพาะในกรณีที่มีผลกระทบต่อดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ของตน
- 3) การมีส่วนร่วมในการพิจารณาเพื่อริเริ่มโครงการ หรือกิจกรรมใดนอกเขตพื้นที่ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่
- (4) การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น

2.5.2 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.5.2.1 กรมทรัพยากรธรณี มีกฎหมายที่ต้องรับผิดชอบอยู่ 2 ฉบับ ดังนี้

1) พระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. 2551 เนื่องจากมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ที่สำคัญในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นสมควรอนุรักษ์ไว้ เพื่อการศึกษาวิจัยในการสืบค้นความเป็นมาของประวัติของโลก อีกทั้งยังเป็นมรดกทางธรรมชาติของแผ่นดินและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ แต่ที่ผ่านมาไม่มีกฎหมายเพื่อคุ้มครอง อนุรักษ์ และการบริหารจัดการซากดึกดำบรรพ์ไว้เป็นการเฉพาะ เป็นเหตุให้มีการลักลอบขุดค้นซากดึกดำบรรพ์ หรือขุดค้นโดยไม่ถูกหลักวิชาการทำให้ซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้นถูกทำลาย หรือนำไปเพื่อประโยชน์ทางการค้า ทำให้สูญเสียมรดกของแผ่นดินที่มีคุณค่ายังเป็นจำนวนมากสมควรกำหนดให้มีกฎหมายเพื่อให้การคุ้มครองอนุรักษ์ และบริหารจัดการซากดึกดำบรรพ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้ขึ้น

พระราชบัญญัตินี้ประกอบด้วย 8 หมวด ได้แก่ หมวด 1 คณะกรรมการคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ หมวด 2 แหล่งซากดึกดำบรรพ์ หมวด 3 ซากดึกดำบรรพ์ หมวด 4 พิพิธภัณฑสถานซากดึกดำบรรพ์ธรณีวิทยาและบรรพชีวินวิทยา หมวด 5 กองทุนจัดการซากดึกดำบรรพ์ บัญญัติให้มีกองทุนจัดการซากดึกดำบรรพ์ หมวด 6 การพักใช้และการเพิกถอนใบอนุญาต หมวด 7 พนักงานเจ้าหน้าที่ และหมวด 8 บทกำหนดโทษ

2) พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 อยู่ในความรับผิดชอบของ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ประกอบด้วย 13 หมวด แต่กรมทรัพยากรธรณี มีอำนาจหน้าที่เฉพาะมาตรา 6 เท่านั้น ซึ่งตาม มาตรา 6 ทวิ มาตรา 6 ตี และมาตรา 6 จัตวา มีรายละเอียดต่อไปนี้

มาตรา 6 ทวิ เพื่อประโยชน์ในการสำรวจ การทดลอง การศึกษา หรือการวิจัยเกี่ยวกับแร่ ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยอนุมัติของคณะรัฐมนตรี มีอำนาจในการประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดพื้นที่ใดๆ ให้เป็นเขตสำหรับการดำเนินการสำรวจ การทดลอง หรือการศึกษา หรือการวิจัยเกี่ยวกับแร่ได้

ภายในเขตที่กำหนดตามวรรคหนึ่ง ผู้ใดจะยื่นคำขออาชญาบัตร ประทาน บัตรชั่วคราว หรือประทานบัตรไม่ได้ เว้นแต่ในกรณีที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เห็นสมควรให้ยื่นคำขอได้เป็นกรณีพิเศษโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา 6 ตี พระราชบัญญัตินี้ไม่ใช่บังคับแก่ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี และกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ในการกระทำเพื่อประโยชน์แก่การสำรวจ การทดลอง การศึกษา หรือการวิจัยเกี่ยวกับแร่

มาตรา 6 จัตวา เพื่อประโยชน์แก่เศรษฐกิจของประเทศ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยอนุมัติของคณะรัฐมนตรี มีอำนาจในการประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดพื้นที่ใดที่มีพื้นที่แหล่งต้นน้ำหรือป่าน้ำซับซึมที่ได้ทำการสำรวจแล้ว ปรากฏว่ามีแหล่งแร่อุดมสมบูรณ์ และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ให้เป็นเขตแหล่งแร่เพื่อออกประทานบัตรชั่วคราว หรือประทานบัตรได้เป็นอันดับแรก ก่อนการสงวนหวงห้าม หรือใช้ประโยชน์อย่างอื่นในที่ดินในพื้นที่นั้น แต่ทั้งนี้ให้คำนึงถึงผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วย

อนึ่ง พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 กำลังอยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลงแก้ไขใหม่

2.5.2.2 พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484 กำหนดให้ควบคุมครองสงวนรักษาของป่า โดยกำหนดนิยามศัพท์ว่า ของป่า หมายความว่า บรรดาของที่เกิดหรือมีขึ้นใหม่ในป่าตามธรรมชาติ คือไม้ พืชต่างๆ (ตลอดจนสิ่งอื่นๆ ที่เกิดจากพืช) รังนก ครั่ง รวงผึ้ง น้ำผึ้ง ขี้ผึ้ง และมูลค้างคาว ตลอดจนหิน (ที่ไม่ใช่แร่ตามกฎหมายแร่) และหมายรวมถึงถ่านไม้ที่คนทำขึ้นด้วย ในเรื่องของป่าหวงห้ามนี้กฎหมายฉบับนี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการสงวนรักษาไว้ โดยกำหนดว่า ของป่าอย่างใดในท้องที่ใด จะให้เป็นของป่าหวงห้ามให้กำหนดโดยพระราชกฤษฎีกา การเพิ่มเติมเพิกถอนของป่าหวงห้ามที่มีพระราชกฤษฎีกากำหนดไว้แล้วหรือจะกำหนดไว้แล้วนั้น ก็ให้กำหนดโดยพระราชกฤษฎีกาเพิ่มเติมได้ การเก็บหาของป่านั้นต้องได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่และต้องเสียค่าภาคหลวงเช่นเดียวกันกับการทำไม้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีเหตุภัยพิบัติสาธารณะ หรือมีเหตุจำเป็นที่เห็นสมควรช่วยเหลือราษฎรเป็นพิเศษ รัฐมนตรีอาจจะอนุญาตให้ผู้ใดเฉพาะรายเก็บหาของป่าหวงห้ามแตกต่างจากข้อกำหนดในกฎกระทรวง หรือข้อกำหนดในการอนุญาตเป็นการชั่วคราวก็ได้

พระราชบัญญัติป่าไม้ (ฉบับที่ 4) ยังได้บัญญัติไว้ใน มาตรา 54 ห้ามมิให้ผู้ใดก่อสร้าง แผ้ว ถางหรือเผาป่า หรือกระทำด้วยประการใดๆ อันเป็นการทำลายป่าหรือเข้ายึดถือครอบครองป่าเพื่อตนเองหรือผู้อื่น เว้นแต่จะกระทำภายในเขตที่ประกาศจำแนกไว้เป็นประเภทเกษตรกรรม หรือได้รับใบอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง ทั้งนี้เพื่อเป็นการสงวนรักษาพื้นที่ในป่ามิให้ถูกแผ้วถางไปโดยไม่เกิดประโยชน์

2.5.2.3 พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 เป็นกฎหมายเพื่อการจัดตั้งและคุ้มครองอุทยานแห่งชาติ ออกใช้เพื่อคุ้มครองรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ เช่น พันธุ์ไม้และของป่า สัตว์ป่า ตลอดจนทิวทัศน์ ป่าและภูเขา ให้คงอยู่ในสภาพเดิม มิให้ถูกทำลายหรือเปลี่ยนแปลงไปเพื่ออำนวยความสะดวกทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่รัฐและประชาชน โดยแบ่งออกเป็น 5 หมวด ได้แก่ 1) การกำหนดที่ดินให้เป็นอุทยานแห่งชาติ 2) คณะกรรมการอุทยานแห่งชาติ 3) การคุ้มครองและดูแลรักษาอุทยานแห่งชาติ 4) เบ็ดเตล็ด และ 5) บทลงโทษ

2.5.2.4 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 เป็นกฎหมายที่ออกมาใช้แทนพระราชบัญญัติคุ้มครองและสงวนป่า พ.ศ. 2481 มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสภาพป่าไม้ของป่าหรือทรัพยากรธรรมชาติอื่นในบริเวณที่สงวนให้มีสภาพความอุดมสมบูรณ์อยู่ต่อไปโดยการกำหนดเขตที่ดินให้เป็นป่าสงวนแห่งชาติ กฎหมายบัญญัติห้ามมิให้ราษฎรเข้าไปยึดถือครอบครองทำประโยชน์หรืออยู่อาศัยในป่าสงวนแห่งชาติ ตลอดจนห้ามก่อสร้าง แผ้วถาง เเผาป่า ทำไม้ เก็บหาของป่าหรือกระทำการด้วยประการใดๆ ซึ่งจะทำให้เสื่อมสภาพของป่า เว้นแต่เป็นการทำไม้หรือเก็บหาของป่าโดยได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่หรือตามกฎหมายว่าด้วยป่าไม้ หรือได้รับอนุญาตให้ทำประโยชน์หรืออยู่อาศัยในเขตป่าสงวนแห่งชาติตามมาตรา 16 มาตรา 16 ทวิ และมาตรา 16 ตรี หรือได้รับอนุญาตให้ศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการ หรือเป็นกรณีการเข้าไป การผ่าน หรือการใช้ทาง การนำหรือปล่อยสัตว์เลี้ยงเข้าไปตามระเบียบที่อธิบดีกรมป่าไม้กำหนด หรือการได้รับอนุญาตให้ทำการบำรุงป่าหรือปลูกสร้างสวนป่าหรือไม้ยืนต้นในเขตป่าเสื่อมโทรม

2.5.2.5 พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายที่ออกใช้แทนพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 ที่ใช้มาเป็นเวลานาน มาตรการต่างๆ ที่มีอยู่ในกฎหมายเดิมไม่สามารถทำให้การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลสมดังวัตถุประสงค์ของกฎหมาย ประกอบกับจำเป็นต้องเร่งรัดการขยายพันธุ์สัตว์ป่า และให้การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าควบคู่กันไป และเนื่องจาก ปัจจุบันได้มีความตกลงระหว่างประเทศในการที่จะร่วมมือกัน เพื่อสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าของท้องถิ่นอันเป็นทรัพยากรที่สำคัญของโลก สาระสำคัญของกฎหมายมุ่งที่จะคุ้มครองชนิดพันธุ์ของสัตว์ป่าโดยกำหนดมาตรการต่างๆ ในการควบคุมการค้า การเพาะพันธุ์ การครอบครอง การค้า และการเคลื่อนย้ายสัตว์ป่าและซากของสัตว์ป่า

2.5.2.6 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติทุกประเภท มีสาระสำคัญ ดังนี้

1) ให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (มาตรา 6-8) เพื่อประโยชน์ในการร่วมกันส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของชาติ บุคคลมีสิทธิในการได้รับทราบข้อมูลข่าวสารจากราชการในเรื่องการส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามสมควร มีสิทธิได้รับค่าเสียหายหรือทดแทนจากรัฐ ในกรณีได้รับความเสียหายที่เกิดจากการแพร่กระจายของมลพิษ จากกิจการหรือโครงการที่สนับสนุน หรือดำเนินการโดยส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจ มีสิทธิในการร้องเรียน กล่าวโทษผู้กระทำความผิดอันเป็นการละเมิด หรือฝ่าฝืนกฎหมายเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษ หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งบุคคลยังมีหน้าที่ในการให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเจ้าพนักงานในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังสนับสนุนให้องค์กรเอกชนที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม หรืออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ มีสิทธิขอจดทะเบียนเป็นองค์กรเอกชนด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมได้ และเอกชนที่ได้จดทะเบียนดังกล่าวแล้ว มีสิทธิได้รับความช่วยเหลือ หรือได้รับการสนับสนุนจากทางราชการในเรื่องต่างๆ หากประสบอุปสรรคในการปฏิบัติงาน

2) อำนาจสั่งการของนายกรัฐมนตรี (มาตรา 9-10) ในกรณีมีเหตุฉุกเฉินต่อสาธารณชนอันเนื่องจากธรรมชาติและภาวะมลพิษที่เกิดจากการแพร่กระจายของมลพิษ ซึ่งเป็น

อันตรายร้ายแรงต่อชีวิต หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชนหรือของรัฐ ให้นายกรัฐมนตรีมีอำนาจสั่งการอันจะมีผลเป็นการควบคุม ระงับ หรือบรรเทาผลร้ายจากอันตรายและความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างทันที่ ในกรณีที่ทราบว่าบุคคลใดเป็นผู้ก่อให้เกิดมลพิษดังกล่าว ให้นายกรัฐมนตรีมีอำนาจสั่งบุคคลนั้น ไม่ให้กระทำการใดอันจะมีผลเป็นการเพิ่มความรุนแรงแก่ภาวะมลพิษ ในระหว่างที่มีเหตุภัยอันตรายดังกล่าวด้วย รวมทั้งนายกรัฐมนตรีสามารถมอบอำนาจให้ผู้ว่าราชการจังหวัด ปฏิบัติราชการภายในเขตจังหวัดแทนนายกรัฐมนตรีได้ โดยให้รัฐมนตรีกำหนดมาตรการป้องกันและจัดทำแผนฉุกเฉิน เพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้นล่วงหน้า

3) การกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (มาตรา 32-34) เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติมีอำนาจในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในเรื่องคุณภาพในแหล่งน้ำต่างๆ ในผืนแผ่นดินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มาตรฐานระดับเสียงและความสั่นสะเทือน และมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเรื่องอื่นๆ โดยอาศัยหลักวิชาการ และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน และต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้เชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องด้วย และในกรณีที่เห็นสมควร คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติมีอำนาจกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้สูงเป็นพิเศษ และมีอำนาจในการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ได้กำหนดไว้แล้วให้เหมาะสมตามความก้าวหน้าในทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความเปลี่ยนแปลงในทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

4) การวางแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม (มาตรา 35-38) กำหนดให้มีการจัดทำแผนปฏิบัติการทั้งในระดับชาติ และในระดับจังหวัดให้สอดคล้องกับนโยบายที่วางไว้ ซึ่งส่วนราชการที่เกี่ยวข้องมีหน้าที่ดำเนินการตามอำนาจหน้าที่เพื่อปฏิบัติการให้เป็นไปตามแผนนี้ด้วย โดยแผนระดับชาติควรจะต้องประกอบด้วยแผนงานและแนวทางการดำเนินงานในเรื่องต่างๆ ทั้งคุณภาพน้ำ อากาศ การควบคุมมลพิษ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การประมาณการเงินงบประมาณสำหรับการดำเนินงานตามแผนงาน การจัดการองค์กร และระเบียบการบริหารเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การตรากฎหมาย และออกกฎบังคับสำหรับการดำเนินงาน การตรวจสอบติดตาม และวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินผลการดำเนินงาน ส่วนแผนระดับจังหวัดควรจะต้องประกอบด้วย แผนการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด แผนการจัดหาที่ดิน วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ การจัดเก็บภาษีอากร และค่าบริการที่จำเป็นต่อการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสีย แผนการตรวจสอบ ติดตาม และควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำเสีย และแผนการบังคับใช้กฎหมายเพื่อป้องกันการละเมิด และฝ่าฝืนกฎหมายเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษ การอนุรักษ์ธรรมชาติ ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม

5) การกำหนดเขตอนุรักษ์และเขตพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม (มาตรา 42-45) การคุ้มครองและจัดการพื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ให้เป็นไปตามแผนงานและกฎหมาย ในกรณีพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร หรือมีระบบนิเวศตามธรรมชาติ แตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ โดยอาจถูกทำลาย หรือได้รับผลกระทบกระเทือนจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ได้โดยง่ายหรือเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าอันควรแก่การอนุรักษ์ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นเขตพื้นที่

คุ้มครองสิ่งแวดล้อม โดยให้กำหนดมาตรการคุ้มครองอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง เช่น กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ห้ามการกระทำกิจกรรมที่เป็นอันตราย หรือก่อให้เกิดผลกระทบ ในทางเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศ กำหนดขนาด และประเภทโครงการที่จะทำการสร้างในพื้นที่นั้นๆ ต้องเสนอรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม กำหนดวิธีการจัดการ ขอบเขตหน้าที่ และความรับผิดชอบของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กำหนดมาตรการคุ้มครองตามสมควรแก่พื้นที่

ในกรณีพื้นที่ที่ได้มีการกำหนดให้เป็นเขตอนุรักษ์ เขตผังเมืองรวม เขตผังเมืองเฉพาะ เขตควบคุม อาคาร เขตนิคมอุตสาหกรรม หรือเขตควบคุมมลพิษ แต่ปรากฏว่ามี สภาพปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อม รุนแรงเข้าขั้นวิกฤต ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขทันที และส่วนราชการ ที่เกี่ยวข้องไม่มีอำนาจตามกฎหมาย ให้รัฐมนตรีโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม เสนอต่อคณะรัฐมนตรีขออนุมัติเข้าดำเนินการเพื่อใช้มาตรการคุ้มครองอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังกล่าวข้างต้น ตามความเหมาะสม เพื่อควบคุมและแก้ไขปัญหาในพื้นที่นั้นได้

2.5.2.7 พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2546 พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ได้ถูกตราขึ้นเพื่อควบคุมการเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล และการระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาลโดยเฉพาะ การกระทำดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ แบ่งออกเป็น 6 หมวด 1 บทเฉพาะกาล และ 46 มาตรา ซึ่งจะไม่ระบุนายละเอียดในที่นี้

2.5.3 หน่วยงานภายนอกกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.5.3.1 พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจ ให้แก่องค์กร ปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 ให้มีอำนาจในการจัดการทรัพยากรธรณี ซึ่งได้บัญญัติไว้ในหมวด 2 การกำหนดอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะ ดังนี้

มาตรา 16 ให้เทศบาล เมืองพัทยา และองค์การบริหารส่วนตำบลมี อำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของ ตนเอง ดังนี้ (2) การจัดให้มีและบำรุงรักษาทางบก ทางน้ำ และทางระบายน้ำ (3) การจัดให้มีและ ควบคุมตลาด ท่าเทียบเรือ ท่าข้าม และที่จอดรถ (4) การสาธารณสุขูปโภคและการก่อสร้างอื่นๆ (5) การ สาธารณูปการ (8) การส่งเสริมการท่องเที่ยว (9) การจัดการศึกษา (11) การบำรุงรักษาศิลปะ จารีต ประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัฒนธรรมอันดีของท้องถิ่น (13) การจัดให้มีและบำรุงรักษาสถานที่ พักผ่อนหย่อนใจ (17) การรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (18) การ กำจัดมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และน้ำเสีย (23) การรักษาความปลอดภัยความเป็นระเบียบเรียบร้อย และการ อนามัย โรงมหรสพ และสาธารณสถานอื่นๆ (24) การจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ ประโยชน์จากป่าไม้ ที่ดิน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (25) การผังเมือง (27) การดูแลรักษาที่ สาธารณะ (28) การควบคุมอาคาร

มาตรา 17 ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีอำนาจและหน้าที่ในการ จัดระบบบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตนเอง ดังนี้ (5) การคุ้มครอง ดูแล และบำรุงรักษาป่าไม้ ที่ดินทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (6) การจัดการศึกษา (10) การ จัดตั้งและดูแลระบบบำบัดน้ำเสียรวม (11) การกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลรวม (12) การจัดการ สิ่งแวดล้อมและมลพิษต่างๆ (14) การส่งเสริมการท่องเที่ยว (18) การส่งเสริมการกีฬา จารีตประเพณี

และวัฒนธรรมอันดีงามของท้องถิ่น (20) การจัดให้มีพิพิธภัณฑ์และหอจดหมายเหตุ (25) สนับสนุนหรือช่วยเหลือส่วนราชการ หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นในการพัฒนาท้องถิ่น

2.5.3.2 พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ. 2540 หมวด 4 ได้กำหนดอำนาจหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนจังหวัด ที่เกี่ยวข้องการบริหารจัดการแหล่งอันควรอนุรักษ์ด้านธรณีวิทยา ได้แก่ มาตรา 45 (7) คุ่มครอง ดุแล และบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ (7 ทวิ) บำรุงรักษาศิลปะ จารีตประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัฒนธรรมอันดีของท้องถิ่น

2.5.3.3 พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537 หมวด 1 สภาตำบล ส่วน 2 อำนาจหน้าที่ของสภาตำบล มาตรา 23 (4) และ หมวด 2 องค์การบริหารส่วนตำบล ส่วน 3 อำนาจหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล มาตรา 67 (7) แห่งพระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537 ได้ระบุอำนาจหน้าที่ของสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบลให้มีหน้าที่ต้องคุ้มครอง ดุแล และบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.5.3.4 พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 ได้ถูกตราขึ้นเพื่อควบคุมการสำรวจแร่และการทำเหมืองแร่โดยเฉพาะ การทำเหมืองแร่นั้น อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของประชาชนได้และยังมีหลายมาตราที่เกี่ยวข้อง แต่ปัจจุบันอยู่ระหว่างการแก้ไขของคณะกรรมการกฤษฎีกา

มาตรา 11 ในการสำรวจแร่หรือทำเหมือง ถ้าได้พบโบราณวัตถุซากดึกดำบรรพ์ หรือแร่พิเศษอันมีคุณค่าเกี่ยวกับการศึกษาในทางธรณีวิทยา นอกจากจะต้องปฏิบัติตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายเกี่ยวกับการเก็บได้ซึ่งวัตถุนั้นแล้ว ผู้ถืออาชญาบัตร ผู้ถือประทานบัตรชั่วคราว หรือผู้ถือประทานบัตรจะต้องแจ้งการพบนั้นต่อทรัพยากรธรณีประจำท้องที่โดยพลัน

2.5.3.5 พระราชบัญญัติปิโตรเลียม พ.ศ. 2514 และ (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2550 ได้ถูกตราขึ้นเพื่อควบคุมการสำรวจ ผลิต เก็บรักษา ขนส่ง ขาย หรือจำหน่ายปิโตรเลียมโดยเฉพาะ การผลิตปิโตรเลียมนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของประชาชนได้แบ่งออกเป็น 8 หมวด 1 บทเฉพาะกาล และ 113 มาตรา อนึ่ง พระราชบัญญัติปิโตรเลียม พ.ศ. 2514 อยู่ระหว่างการแก้ไข เปลี่ยนแปลง

2.5.3.6 พระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ที่ได้ตราและให้คำนิยามที่เกี่ยวกับการประกอบกิจการพลังงาน ดังนี้

มาตรา 1 พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า “พระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550”

“กิจการพลังงาน” หมายความว่า กิจการไฟฟ้า กิจการก๊าซธรรมชาติ หรือกิจการระบบโครงข่ายพลังงาน

“กิจการไฟฟ้า” หมายความว่า การผลิต การจัดให้ไดมา การจัดส่ง การจำหน่ายไฟฟ้า หรือการควบคุมระบบไฟฟ้า

“กิจการก๊าซธรรมชาติ” หมายความว่า การขนส่งก๊าซธรรมชาติทางท่อผ่านระบบส่งก๊าซธรรมชาติ การเก็บรักษาและแปรสภาพก๊าซธรรมชาติจากของเหลวเป็นก๊าซ

การจัดหาและค้าส่ง ก๊าซธรรมชาติ หรือการค้าปลีกก๊าซธรรมชาติผ่านระบบจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ แต่ไม่รวมถึง การประกอบกิจการก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง

“ระบบโครงข่ายพลังงาน” หมายความว่า ระบบโครงข่ายไฟฟ้าหรือระบบโครงข่ายก๊าซธรรมชาติ

2.5.3.7 พระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2511 สรุปมาตราสำคัญ พระราชบัญญัติฉบับนี้บัญญัติขึ้นเพื่อให้การดำเนินการผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพ มีการประสานงานและเป็นไปโดยประหยัด ทั้งในด้านเป้าหมาย นโยบายและในด้านปฏิบัติการโดยมีบทบัญญัติทั้งสิ้น 59 มาตรา มีสาระสำคัญคือ ให้จัดตั้ง "การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย" เรียกโดยย่อว่า "กฟผ." มีสถานะเป็นนิติบุคคล มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตจัดหา จัดส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้าอื่นตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าตามที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกา ประเทศใกล้เคียง รวมทั้งดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า และธุรกิจอื่นที่เกี่ยวกับหรือต่อเนื่องกับกิจการ ของ กฟผ. (มาตรา 6)

อนึ่ง พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 พระราชบัญญัติปิโตรเลียม พ.ศ. 2514 และพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เป็นกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้องกับการกิจกรรมการสำรวจพัฒนาใช้ประโยชน์พูนน้ำร้อนและความร้อนใต้พิภพ เป็นอย่างมาก

บทที่ 3

ศักยภาพ การพัฒนา และใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ

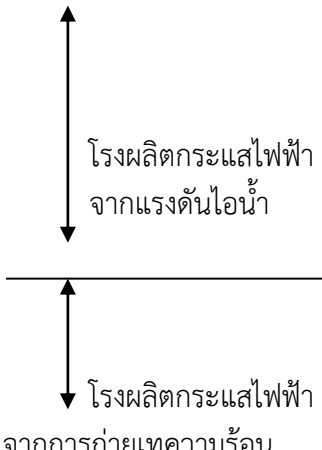
การดำรงชีวิตอยู่ของสรรพสิ่งทั้งหลายต้องไม่เบียดเบียนกัน และต้องคำนึงถึงสภาพของสิ่งแวดล้อมที่ดีและบริสุทธิ์เป็นสำคัญ พลังงานที่ควรมีการศึกษา วิจัย และนำมาใช้ต่อไปในอนาคต ต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และควรเป็นการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน มีปริมาณเหลือเฟือ หรือสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (Sustainable and renewable energy) เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy)

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ อยู่ที่บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก (Tectonic plate boundaries) และจุดความร้อนที่เป็นภูเขาไฟ (Volcanic hot spots) ประเมินความร้อนใต้พิภพ ประมาณ 6.5 TWth (205 EJth/yr) (Stefansson, 2005) สามารถเป็นต้นกำเนิดพลังงานโดยน้ำร้อน ไอน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่า 130°C เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 200 GWe (5.7 EJ/yr, or 57 EJth/yr) โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 10 แหล่งกำเนิดความร้อนใต้พิภพหลักเป็นการไหลถ่ายเทความร้อน (Heat flow) จากแก่นโลกและเนื้อโลกหรือแมนเทิลสู่ผิวโลก ประมาณร้อยละ 40 และความร้อนที่เกิดจากการสลายตัวอย่างช้าๆ ของธาตุกัมมันตรังสีบริเวณเปลือกโลกที่เป็นทวีป ประมาณร้อยละ 60 (Earth's continental crust, IEA, 2011, 2012) มองเห็นในรูปของปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ เช่น ภูเขาไฟ พุแก๊ส พุน้ำร้อนไกเซอร์ พุน้ำร้อน บ่อน้ำอุ่น ความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ หรือมีการซื้อขายล่วงหน้า เก่งกำไร เหมือนแร่เชื้อเพลิงธรรมชาติ อื่นๆ การใช้ประโยชน์แหล่งความร้อนใต้พิภพต้องพัฒนาในพื้นที่ หรือชุมชนที่มีแหล่งพลังงานกักเก็บอยู่ ดังนั้น การใช้ประโยชน์พลังงานอย่างยั่งยืน ต้องเป็นการพัฒนาภายใต้คำขวัญที่ว่า “แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ (ในประเทศไทย หมายถึง พุน้ำร้อน) เกิดอยู่ที่ไหน ต้องพัฒนาให้มีผลประโยชน์ร่วมกัน เป็นประโยชน์ต่อชุมชนท้องถิ่น สูงสุด”

3.1 การสำรวจ วิจัย ใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพ

การใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในประเทศญี่ปุ่นมีมามากกว่า 10,000 ปี แล้ว กล่าวคือมนุษย์ใช้พุน้ำร้อนเพื่อการอาบน้ำแร่ และเพื่อการซักล้าง การอาบน้ำพุน้ำร้อนอย่างแพร่หลาย ในประเทศจีนมีมากกว่า 2,000 ปี หลายประเทศในทวีปยุโรปและสหรัฐอเมริกา ต่อพุน้ำร้อนใส่ท่อเพื่อให้ความอบอุ่นกับบ้านเรือน มานานกว่า 100 ปี การใช้ความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าครั้งแรก เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2447 ที่ประเทศอิตาลี การใช้ประโยชน์แหล่งพุน้ำร้อนแบ่งออกเป็น 2 วิธี (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3) คือ การใช้ประโยชน์โดยตรง และการใช้เป็นต้นพลังงานในการผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์แหล่งพุน้ำร้อนแบ่งตามอุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) การใช้ประโยชน์โดยตรง		ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า
200		
180	อุตสาหกรรมห้องเย็นจากแอมโมเนีย	
	โรงงานกระดาษ	
160	เครื่องอบแห้งปลาและไม้	
	โรงงานอุตสาหกรรมอลูมินา	
140	โรงบรรจุอาหารกระป๋อง	
	โรงทำน้ำตาล	
120	การผลิตน้ำตาล	
	โรงบ่มซีเมนต์	
100	เครื่องบ่มแห้งผลิตผลทางการเกษตร	
	อุตสาหกรรมปลาแห้ง	
80	ให้ความอบอุ่นบ้านเรือน ห้องควบคุม	
	อุณหภูมิสำหรับปลูกต้นไม้ ห้องเย็น	
60	เครื่องปรับอากาศ ห้องควบคุมอุณหภูมิ	
	สำหรับสัตว์เลี้ยง	
40	โรงบ่มดิน ห้องควบคุมอุณหภูมิ	
	สระว่ายน้ำ กำจัดของเสีย	
20	ควบคุมอุณหภูมิการเลี้ยงปลา	



ภาพที่ 3 การพัฒนาโครงการเอนกประสงค์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ แจกในงาน WGC, 2000

3.1.1 การใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพผลิตไฟฟ้า

การสำรวจ ศึกษา วิจัยเพื่อพัฒนานำความร้อนใต้พิภพมาเป็นต้นพลังงานใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นผลสำเร็จ ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2447 ที่เมือง Larderello ประเทศอิตาลี โดย Prince Piero Ginori Conti เสด็จทรงเปิดงาน เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2447 และทรงกดปุ่มเปิดหลอดไฟฟ้า จำนวน 4 ดวง (Tiwari and Ghosal, 2005) ต่อมา พ.ศ. 2454 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ กำลังผลิตไฟฟ้า ขนาด 0.25 เมกะวัตต์ ได้เปิดอย่างเป็นทางการ (ภาพที่ 4ก)

การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพที่เมือง Beppu ประเทศญี่ปุ่น (ภาพที่ 4ข) และที่แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพไกเซอร์ ในอุทยานแห่งชาติเยลโลสโตน เมือง Santa Rosa มลรัฐแคลิฟอร์เนียเหนือ ประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินการระหว่างทศวรรษ ค.ศ. 1920s ปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพที่ใหญ่ที่สุดในโลก (ภาพที่ 4ค) พ.ศ. 2501 ประเทศนิวซีแลนด์ผลิตไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพเชิงพาณิชย์เป็นประเทศที่สองที่ไวราเกอี (Wairakei station, ภาพที่ 4ง) (<http://www.ipenz.org.nz>) พ.ศ. 2558 การสำรวจ วิจัยใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพเป็นต้น พลังงานในการผลิตไฟฟ้ามีการติดตั้งโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ จาก 26 ประเทศ ทั้งสิ้น 12,635 เมกะวัตต์ หรือจำนวน 73,549 GWh/yr (ตารางที่ 4 (Bertani, 2015)) ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง จำนวน 3,450 เมกะวัตต์ และเป็นการใช้เชื้อเพลิงความร้อนใต้พิภพเพียงร้อยละ 0.3 ของประเทศ เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดจากเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ประเทศฟิลิปปินส์ผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพมากเป็นลำดับที่สอง จำนวน 1,870 เมกะวัตต์ เป็นการใช้เชื้อเพลิงความร้อนใต้พิภพจำนวนร้อยละ 27 ประเทศเคนยาเป็น

ผู้ผลิตไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพเป็นอัตราส่วนมากที่สุด ถึงร้อยละ 51 โดยใช้ความร้อนใต้พิภพผลิตไฟฟ้า จำนวน 594 เมกกะวัตต์ ประเทศไทยได้เริ่มผลิตไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ ตั้งแต่ พ.ศ. 2532 จำนวน 0.3 เมกกะวัตต์ อย่างไรก็ตาม การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพก็ยังมีสัดส่วนน้อย เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากนิวเคลียร์และเชื้อเพลิงธรรมชาติซากดึกดำบรรพ์



ภาพที่ 4 โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ

(ก) เมืองลาเดอเรลโล ประเทศอิตาลี

(ข) เมืองเบปปุ ประเทศญี่ปุ่น (<http://science.time.com/2011/04/13/geothermal-a-more-grounded-power-source-for-japan/>)

(ค) ไกเซอร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Photograph by Julie Donnelly-Nolan, USGS)

(ง) ไวราเคอิ ประเทศนิวซีแลนด์ (www.freezphotos.com)

ตารางที่ 4 ประเทศที่ใช้ความร้อนใต้พิภพเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า

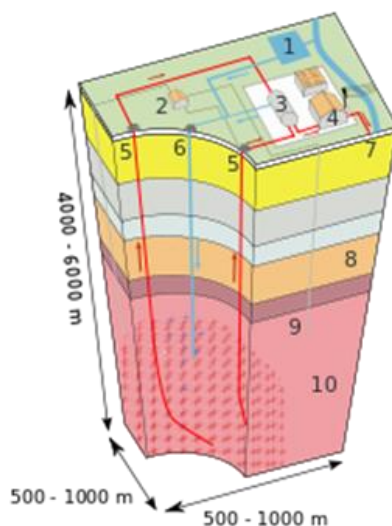
ประเทศ	2000 เมกกะวัตต์ (MWe)	2005 เมกกะวัตต์ (est. MWe)	2010 เมกกะวัตต์ (MWe)	2015 เมกกะวัตต์ (MWe)	Percentage (%) of National Production
 อเมริกา	2687	2376	3086	3450	0.30
 ฟิlippินส์	1969.7	2673	1904	1870	27.00
 อินโดนีเซีย	992	1987	1197	1340	3.70
 เม็กซิโก	953	1080	958	1017	3.00
 นิวซีแลนด์	471.6	437	628	1005	14.50
 อิตาลี	810.5	946	843	916	1.50
 ไอซ์แลนด์	170	170	575	665	30.00
 เคนยา	45	173	167	594	51.00
 ญี่ปุ่น	547	567	536	519	0.10
 ตุรกี	20	250	94	397	0.30
 คอสตาริกา	142	161	166	207	14.00
 เอลซัลวาดอร์	161	200	204	204	25.00 ^L
 นิการากัว	70	145	88	159	10.00
 รัสเซีย	23	125	82	82	
 ปาปัวนิวกินี	0	0	56	50	
 กัวเตมาลา	33	33	52	52	
 โปรตุเกส	16	45	29	29	
 จีน	29	n/a	24	27	
 ฝรั่งเศส	4	20	16	16	
 เฮอร์ไอเปีย	9	9	7.3	7.3	
 เยอรมนี	0	0	6.6	27	
 ออสเตรีย	0	0	1.4	1.2	
 ออสเตรเลีย	0.2	n/a	1.1	1.1	
 ไทย	0.3	0.3	0.3	0.3	
โรมาเนีย				0.1	
ไต้หวัน				0.1	
รวม	7,974	11,398	10,709.7	12,635.9	

ที่มา: Bertani, 2015; https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_electricity

3.1.2 ทรัพยากรความร้อนใต้พิภพ พลังงานที่ยั่งยืน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณความร้อนที่กักเก็บอยู่ภายในโลกมีประมาณ 1031 joules ความร้อนนี้ไหลถ่ายเทขึ้นมาสู่ผิวโลกโดยการนำความร้อนในอัตรา 44.2 terawatts (TW) และเสริมเพิ่มความร้อนจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีในอัตรา 30 TW อัตราไหลของพลังงานความร้อนนี้มีมากกว่าความต้องการใช้พลังงานจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ ที่มนุษย์ต้องการใช้ใน ปัจจุบันถึงสองเท่า แต่พลังงานนี้มีอยู่อย่างกระจุกกระจาย (ประมาณเฉลี่ย 0.1 W/m²) และยากที่จะนำกลับคืนมาใช้ประโยชน์ได้ เปลือกโลกกระทำตัวเหมือนเป็นแผ่นฉนวนหนา ปิดกั้นความร้อนไว้ใต้โลก ต้องมีการทำให้เปลือกโลกเป็นรู รอยแตก รอยเลื่อนเพื่อเป็นช่องทางให้ความร้อนใต้โลกไหลขึ้นมาสู่ผิวโลก

การพัฒนาความร้อนใต้พิภพบริเวณที่แหล่งกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิสูงมาก แต่มีความชันน้อย แห้ง ต้องเจาะหลุมลึกสองหลุมไว้ใกล้กัน แล้วทำให้เกิดรอยแตกเพิ่มขึ้นและมีความต่อเนื่อง (Hydraulic fracturing)อัดน้ำลงในหลุมเจาะที่อยู่ลึกมากกว่า ให้ได้รับความร้อนที่ระดับลึกที่ปลายหลุมเจาะ เกิดแรงดันทำให้ปริมาตรน้ำขยายตัวเพิ่มขึ้น น้ำบางส่วนกลายเป็นไอน้ำก็จะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูง ไหลกลับไปยังหลุมเจาะอีกหลุมเจาะหนึ่ง กระบวนการนี้ในยุโรป เรียกว่า “พลังงานความร้อนใต้พิภพหินร้อนแห้ง” (hot dry rock geothermal energy, HDR) หรือในประเทศอเมริกาเหนือ เรียกว่า “ระบบเสริมเพิ่มพลังงานความร้อนใต้พิภพ” (enhanced geothermal systems, EGS, ภาพที่ 5) การปฏิบัติเช่นนี้ เป็นการเพิ่มศักยภาพอย่างมากมายมหาศาลของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพที่เป็นหินร้อนแห้ง แต่ไม่มีน้ำร้อน ไอน้ำ และแรงดัน (Jefferson, 2007) และเป็นเทคนิคในการพัฒนาความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย



ภาพที่ 5 ระบบเสริมเพิ่มพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Enhanced geothermal system, EGS) ที่อาจเป็นแหล่งความร้อนใต้พิภพที่ยั่งยืนในอนาคต หมายเลข 1: Reservoir, 2: Pump house, 3: Heat exchanger, 4: Turbine hall, 5: Production well, 6: Injection well, 7: Hot water to district heating, 8: Porous sediments, 9: Observation well, 10: Crystalline bedrock

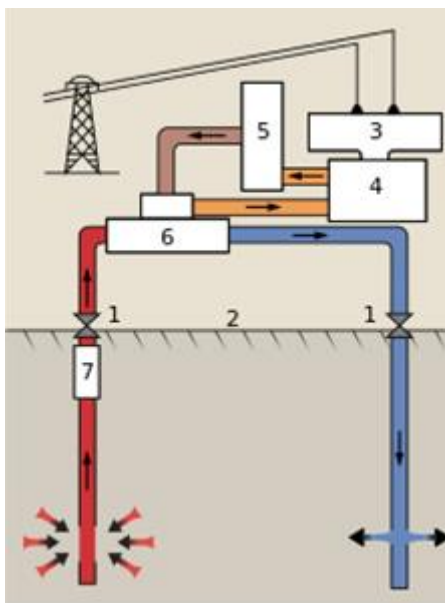
ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_electricity

สถาบันเทคโนโลยีแห่งสหรัฐอเมริกา (The Massachusetts Institute of Technology) (MIT, 2006) ได้ทำการวิจัยอนาคตของความร้อนใต้พิภพ โดยศึกษาผลกระทบของระบบเสริมเพิ่มพลังงานความร้อนใต้พิภพ (EGS) ในทศวรรษที่ 21 และรายงานว่า การลงทุนในการวิจัย EGS ด้วยงบประมาณ 1,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา เป็นระยะเวลา 15 ปี จะทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มขึ้น 100 GW ในปี พ.ศ. 2593

3.1.3 ประเภทโรงงานไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ

โรงงานไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพใช้น้ำ น้ำร้อน จากใต้โลกขึ้นมาหมุนใบพัด ส่งต่อแรงไปปั่นไดนาโมเพื่อผลิตไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท แต่ประเภทโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ได้แก่ โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพแบบสองวงจร (Binary cycle power plants)

โรงงานไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพแบบสองวงจร เป็นโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ ประกอบด้วยสองวงจรร่วมกัน ได้แก่ 1) วงจรแรกอยู่ในแท่งที่มีอุณหภูมิสูงเป็นไอน้ำแรงดันสูง และ 2) วงจรที่สองอยู่ในแท่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและแรงดันไอน้ำต่ำกว่า (https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_cycle) กล่าวคือ โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพแบบสองวงจร ใช้น้ำร้อน-ไอน้ำร้อนที่แหล่งกักเก็บความร้อนระดับลึก ที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำกว่าไอน้ำ น้ำร้อน ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ แบบอื่นๆ ที่มีได้กล่าวถึง โดยน้ำร้อนผสมกับไอน้ำร้อนที่ความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส จากใต้โลกที่ระดับลึกจากบ่อผลิต (ภาพที่ 6) อาจไหลขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือต้องใช้ปั๊มน้ำดูดน้ำร้อนขึ้นมา ตามหลุมเจาะผ่านท่อส่งน้ำร้อน ไอน้ำร้อนปฐมภูมิ (Primary steam pipe, หมายเลข 7) เข้าไปในแท่งน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger, หมายเลข 6) ที่ประกอบด้วยแท่งสองถึงอยู่ภายใน แท่งที่หนึ่งด้านในบรรจุของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น บิวเทนเหลว (butane liquid จุดเดือดที่อุณหภูมิ-1 องศาเซลเซียส) อนึ่ง โรงไฟฟ้าที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ไอโซบิวเทนเหลวหรืออีกชื่อหนึ่งคือ methylpropane จุดเดือดที่อุณหภูมิ-11 องศาเซลเซียส) หรืออาจใช้แอมโมเนียเหลว (ammonia liquid) ก็ได้ น้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำนี้จะทำให้ไอโซบิวเทนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอเดือดไหลผ่านท่อส่งไปหมุน/ปั่นใบพัด (Turbine) ที่ต่ออยู่กับเครื่องผลิตไฟฟ้า (Generator) ทำให้เกิดการผลิตไฟฟ้าขึ้น ไอเดือดของสารไอโซบิวเทนนี้ จะไหลกลับไปแท่งควบแน่นเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วไหลกลับเข้าในวงจรของแท่งน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน (หมายเลข 6) หมุนเวียนแบบนี้ตลอดไป การทำงานของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพแบบสองวงจรเป็นแบบวงจรปิด น้ำร้อนที่แท่งน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนหนึ่ง จะควบแน่นกลายเป็นน้ำเย็นที่หม้อควบแน่นสำหรับทำไอน้ำให้กลายเป็นน้ำเย็น (Condenser) และจากหม้อควบแน่น น้ำที่เย็นลงจะไหลผ่านไปหอรบายความร้อน (Cooling tower) เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำให้กลายเป็นน้ำเย็น และจะถูกปล่อยกลับลงตามท่อหลุมเจาะอัดน้ำใต้ดิน (Reinjection well) ณ บริเวณชั้นกักเก็บความร้อนที่ระดับลึก ที่อยู่ห่างจากหลุมเจาะผลิตไอน้ำร้อน ต่อไป



ภาพที่ 6 โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ แบบสองวงจร (Binary cycle power plants) หมายเลขต่างๆ แสดง 1 Wellheads, 2 Ground surface, 3 Generator, 4 Turbine, 5 Condenser, 6 Heat exchanger, 7 Pump Hot water

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_cycle

กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพ แสดงให้เห็นได้ว่า ทรัพยากรใต้พิภพ แหล่งความร้อน (Heat source) อยู่ใต้โลก หรือทรัพยากรใต้พิภพที่มีความดันเพิ่มขึ้นตามความลึกลงสู่แกนโลก พลังงานนี้ก็ยังคงใช้กันต่อไปไม่มีสิ้นสุด จึงจัดเป็นพลังงานทดแทนสำคัญ อย่างหนึ่ง

3.2 การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

การศึกษาพุน้ำร้อนเบื้องต้น ทำให้ทราบว่า แหล่งพุน้ำร้อนหลายแหล่ง บริเวณภาคเหนือมีศักยภาพสูง สามารถพัฒนาผลิตไฟฟ้า หรือใช้ประโยชน์โดยตรง หน่วยงานต่างๆ ได้ดำเนินการสำรวจแหล่งพุน้ำร้อน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพ เพื่อต้องการใช้เป็นต้น พลังงานในการผลิตไฟฟ้า กรมทรัพยากรธรณีและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ศึกษาเพื่อจำแนกศักยภาพแหล่งความร้อนแต่ละแหล่ง (กรมทรัพยากรธรณี, 2530; มานพ รักษาสกุลวงศ์, 2556) และกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานสำรวจ พัฒนาใช้ประโยชน์จากพุน้ำร้อนโดยตรง เพื่อการอบแห้งพืชผลเกษตรกรรม

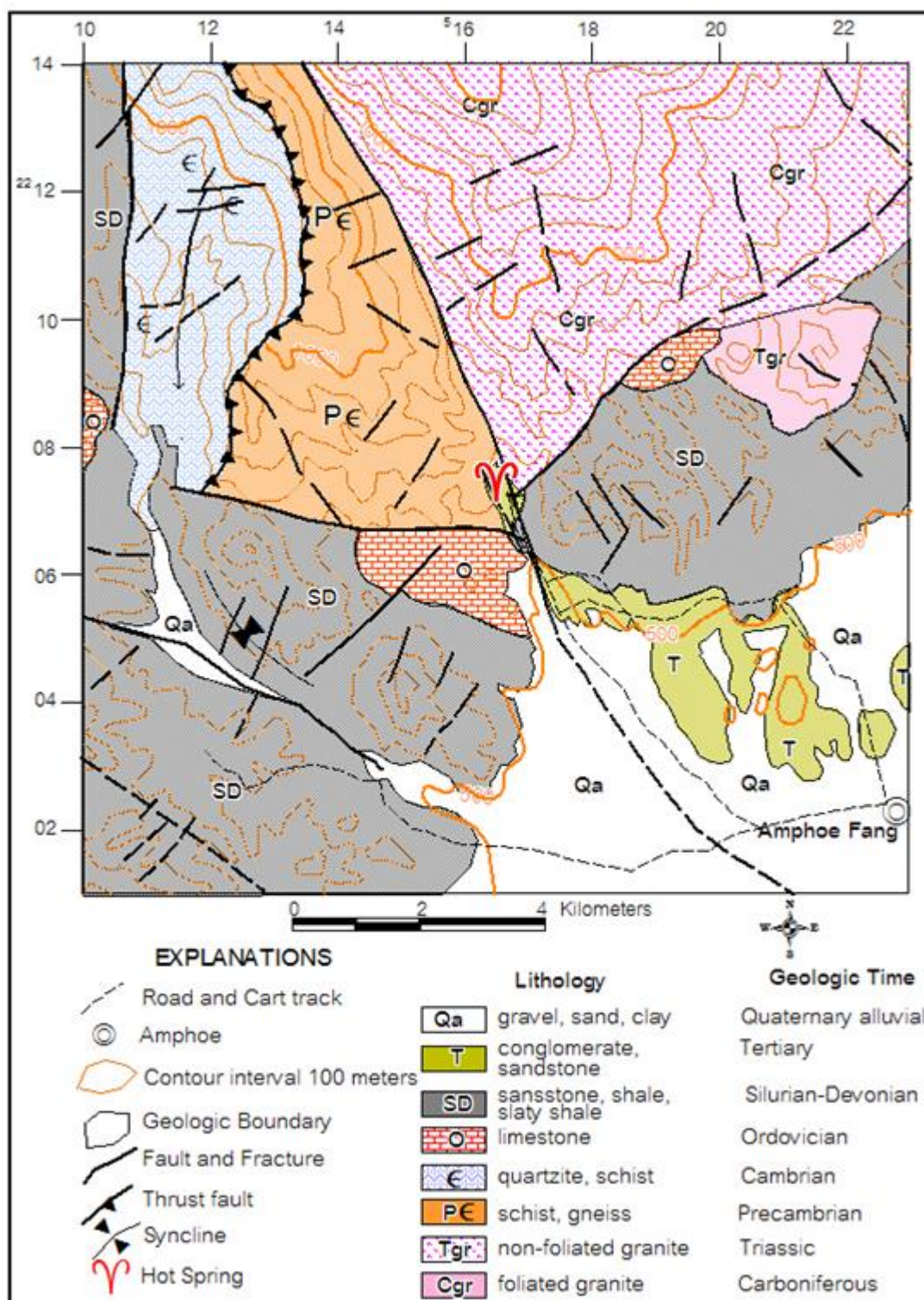
นอกจากนี้ หน่วยงานอื่นอีกหลายหน่วยงานที่พัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพ เพื่อให้เป็นแหล่งสันตนาการ และแหล่งท่องเที่ยวสำคัญของท้องถิ่น เช่น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น กรมป่าไม้ และหน่วยงานเอกชน เป็นต้น ปัจจุบัน การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรม ทรัพยากรธรณี กรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน ได้ลงนามร่วมมือกันในการ สำรวจ วิจัยและพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพให้เป็นต้นพลังงานในการผลิตไฟฟ้า

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการพัฒนาใช้ประโยชน์แหล่งความร้อนใต้พิภพ แบบเอนกประสงค์ (multipurpose utilization) เพื่อการผลิตไฟฟ้า การอาบพุ่น้ำร้อนเพื่อสันถนาการและการท่องเที่ยว ที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

3.2.1 แหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง

อยู่ห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ไปทางเหนือ 140 กิโลเมตร ระหว่างเส้นรุ้ง $19^{\circ} 54'$ ถึง $20^{\circ} 02'$ และเส้นแวง $99^{\circ} 06'$ ถึง $99^{\circ} 14'$ (พิกัดตะวันออก 516500 เมตร พิกัดเหนือ 2207500 เมตร) บ่อน้ำร้อนมากกว่า 100 บ่อ โผล่ให้เห็นอยู่ในหินคาร์บอนิเฟอรัสแกรนิต อุณหภูมิของพุ่น้ำร้อน สูงกว่า 90 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลขึ้นมาเองตามธรรมชาติของพุ่น้ำร้อน วัดได้ 22.4 ลิตร/วินาที (Chaturongkawanich *et al.*, 1980; Lerdthusnee *et al.*, 1990; Geotermica, 1984; Raksaskulwong, 1999, 2000a, 2000b)

ธรณีวิทยาในพื้นที่ประกอบด้วย หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส อยู่ทางตอนเหนือ ค่อนไปทางทิศตะวันออกของบ่อน้ำร้อน หินไนส์และหินชีสต์ ยุคพรีแคมเบรียน อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ หินปูน หินดินดาน และหินทรายยุคคาร์บอนิเฟอรัส อยู่ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้ ธรณีโครงสร้างที่สำคัญมีผลต่อการเกิดพุ่น้ำร้อนน่าจะอยู่ในทิศทาง ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และอยู่ทางด้านทิศเหนือของพุ่น้ำร้อน (NNW-SSE; ภาพที่ 7) การสำรวจเบื้องต้นทางธรณีวิทยา ธรณีเคมี ธรณีฟิสิกส์ และอุทกธรณีวิทยา ได้เริ่มดำเนินการ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520



ภาพที่ 7 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ที่มา: ดัดแปลงจาก Chaturongkawanich *et al.*, 1980 และ Lerdthusnee *et al.*, 1990)

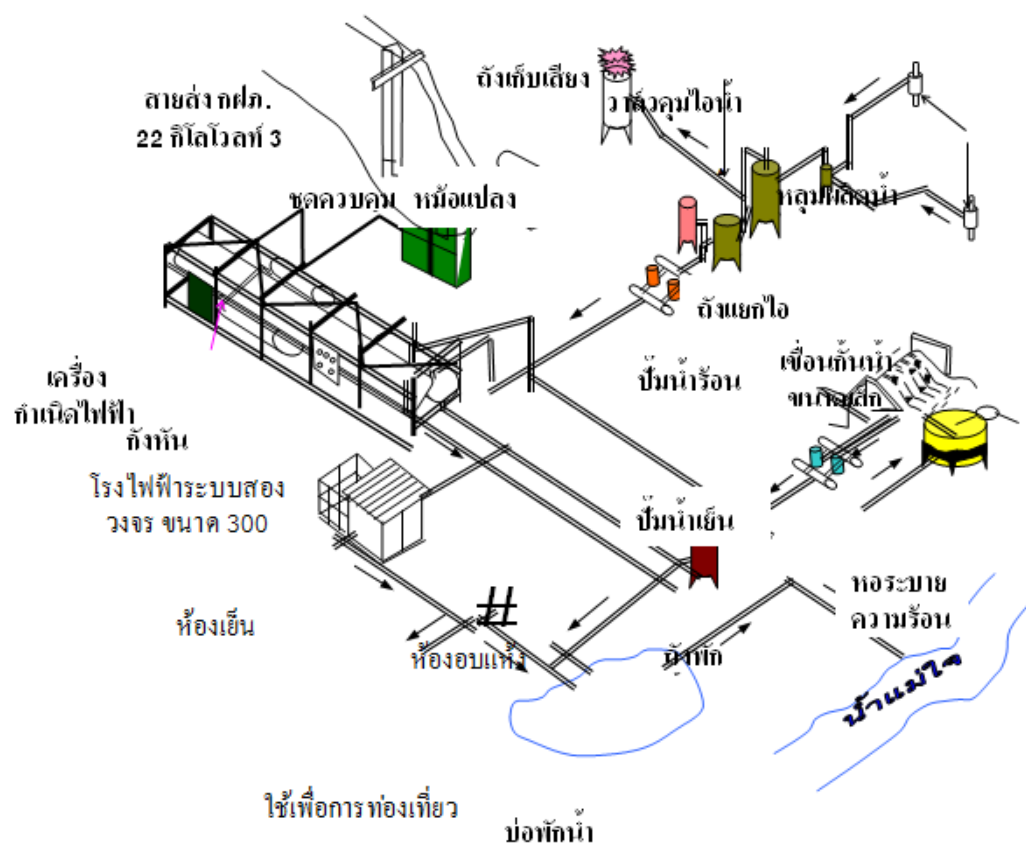
พ.ศ. 2524–2527 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ร่วมมือกับ องค์การเพื่อการจัดการด้านพลังงานประเทศฝรั่งเศส (AFME) เพื่อศึกษารูปแบบจำลองของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ ข้อมูลได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินหาเอนทาลปีของแหล่ง เพื่อจุดมุ่งหมายในการผลิตไฟฟ้า

การศึกษาขั้นต้นบ่งชี้ว่า อัตราการไหลของน้ำร้อนจากบ่อเจาะสำรวจต้น ประมาณ 100 เมตร สามารถนำไปใช้ ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบสองวงจร ขนาดกำลังผลิต 300 กิโลวัตต์ แผนการก่อสร้างโครงการเอนกประสงค์ความร้อนใต้พิภพที่อำเภอฝาง เพื่อผลิตไฟฟ้า และอุตสาหกรรม การเกษตร สุขภาพบำบัด และการท่องเที่ยว จึงได้เริ่มดำเนินการ ต่อไป

3.2.1.1 โรงไฟฟ้า โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพโรงแรกของประเทศไทยในกลุ่มอาเซียน และเป็นโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพโรงเดียวในประเทศไทย เป็นระบบสองวงจร กำลังผลิตไฟฟ้า 300 กิโลวัตต์

โรงไฟฟ้าก่อสร้างระหว่างเดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2532 หลักการทำงาน ก็คือนำน้ำร้อน ไอน้ำร้อนที่ได้จากหลุมเจาะพุร้อน มีอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส มีปริมาณการไหล 16.5–22 ลิตร/วินาที ความดันในท่อ 3.5 บาร์ ไหลผ่านตามท่อ ที่มีสารไอโซบิวเทน บรรจุอยู่ด้านในทางค์สองชั้น สารไอโซบิวเทนมีอุณหภูมิจุดเดือด 27 องศาเซลเซียส ที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนก็จะเดือดเป็นไอแล้วไหลผ่านต่อไป เพื่อไปหมุนกังหันที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้าออกมา (Korjedee and Prasatkhettwittaya, 1997) ในกระบวนการผลิตไฟฟ้านี้ ต้องใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15–30 องศาเซลเซียส ปริมาณ 72–94 ลิตร/วินาที ไหลอยู่ในท่ออีกท่อหนึ่ง เพื่อเป็นตัวหล่อเย็น ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งต่อเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละ 1,200,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ภาพที่ 8 และภาพที่ 9)

อำเภอฝางเป็นหนึ่งในผู้นำผลิตผลทางการเกษตรของจังหวัดเชียงใหม่ พืชผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ กระเทียม หัวหอม ข้าว ลิ้นจี่ พริก ยาสูบ มะเขือเทศ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ฝ้าย และอื่นๆ เกษตรกรสามารถเก็บถนอมผลิตผลไว้ไม่ให้เสียหาย ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตนั้นๆ การเก็บรักษาพืชผลให้อยู่ได้นานๆ อาจทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การเก็บแช่ผลิตผลไว้ในห้องเย็น และการอบแห้ง น้ำร้อนจากความร้อนใต้พิภพที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงการทำงานของโรงไฟฟ้า โครงการอนกประสงค์ความร้อนใต้พิภพฝาง ในการผลิตไฟฟ้า 300 กิโลวัตต์ ทำห้องอบแห้ง ห้องเย็น และห้องอาบน้ำร้อน



ภาพที่ 9 ภาพแสดงการพัฒนาพุน้ำร้อนฝาง (ก) หลุมเจาะบ่อน้ำร้อน (ข) โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ 300 กิโลวัตต์ แบบสองวงจร

3.2.1.2 กระบวนการทำให้แห้ง (Drying process) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ร่วมมือพัฒนาห้องอบแห้งโดยใช้น้ำร้อนที่สะอาดที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส ไหลเวียนเป่าเข้าไปในห้องอบแห้ง ซึ่งทำเป็นชั้นๆ สำหรับวางผลิตผลการเกษตร พริกที่นำเข้าอบแห้งจะให้สีแดงเท่ากันตลอดทั้งเม็ด และน้ำหนักของพริกแห้งจะเหลือเพียงร้อยละ 30 ของน้ำหนักพริกสด (รูปที่ 10ก)

3.2.1.3 ห้องทำความเย็น (Cooling storage room process) หลักการทำงานในการใช้พลังงานจากน้ำร้อนที่เหลือปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้ามาพัฒนาเป็นห้องเย็น โดยใช้ระบบการดูดซับความเย็น ห้องเก็บความเย็นห้องแรกของโครงการ มีขนาด 3x4x2.2 เมตร และสามารถเก็บผลิตผลทางการเกษตรได้ถึง 5 ตัน โดยใช้โพลีสไตรีน (polystyrene) เป็นฉนวนความร้อน ห้องเย็นนี้ให้กำลังของความเย็น ขนาด 24,000 บีทียูต่อชั่วโมง และให้ความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงว่าการเน่าเสียของผลิตผลลดลง โดยที่ มะนาวจะเน่าเสียเพียงร้อยละ 8.2 และลิ้นจี่เน่าเสียร้อยละ 10 ภายในระยะเวลาทดลองเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นเป็นเวลาหนึ่งเดือน (ภาพที่ 10ก)

3.2.1.4 นันทนาการและการท่องเที่ยว พุน้ำร้อนส่วนหนึ่งที่ใสสะอาด และมีอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะถูกส่งไปตามท่อ สำหรับการอาบน้ำเพื่อสุขภาพ เนื่องจากประชาชนทั่วไป ยังคงมีความเชื่อว่าการอาบน้ำแร่ร้อนสามารถบำบัดอาการบางอย่างที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ได้ (ภาพที่ 10ข 10ค 10ง)



ภาพที่ 10 โครงการเอนกประสงค์พุน้ำร้อนฝาง (ก) ห้องอบแห้งและห้องเย็น (ข) การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพแสดงน้ำร้อน ไอน้ำพุ่งขึ้นมาจากหลุมเจาะ (ค) ห้องอาบน้ำร้อน (ง) อ่างอาบน้ำร้อน

ท้ายที่สุด น้ำอุ่นบางส่วนที่เหลือจากกระบวนการเอนกประสงค์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งยังเป็นน้ำที่สะอาดอยู่จะถูกส่งผ่านลำธารน้ำตามธรรมชาติ ไปใช้ในการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร ซึ่งจากการสอบถามเกษตรกรบริเวณใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้า ทำให้ทราบว่า การใช้น้ำในลำห้วยสำหรับแปลงเกษตรทำให้พืชออกดอก ออกผลเจริญดีและไม่มีปัญหาเกี่ยวกับแมลงที่จะมาทำลายพืช

การประเมินการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ แหล่งฝาง เป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้เดือด และนำมาใช้ในกิจการโครงการเอนกประสงค์ที่อำเภอฝาง ที่อุณหภูมิของน้ำต่างๆ พบว่าสามารถช่วยประเทศประหยัดจากการใช้น้ำมันก๊าดได้ประมาณ 0.3 ล้านลิตรต่อปี (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 โครงการเอนกประสงค์ที่แหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง สามารถประหยัดการใช้น้ำมันก๊าดได้ประมาณ 0.3 ล้านลิตรต่อปี

ศักยภาพการใช้งานพลังความร้อนใต้พิภพฝาง	โรงไฟฟ้า	การเกษตร	นันทนาการ
อัตราไหล (กก./วินาที)	18	18	18
อุณหภูมิน้ำไหลเข้าระบบ (°ซ)	130	77	42
อุณหภูมิน้ำไหลออกระบบ (°ซ)	80	40	32
กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	3.8	2.8	0.8
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	0.8	0.6	0.6
พลังงานที่ใช้ต่อปี (เทราจูล)	59.9	44.2	12.6
เทียบเท่าการใช้น้ำมันก๊าด (พันลิตร)	126.4	124.7	33.7

ดังนั้น การพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยซึ่งสำรวจพบแล้ว 118 แห่ง ใช้ประโยชน์ตามความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่ง และความต้องการในท้องถิ่น จึงเป็นนโยบายที่ดีที่ช่วยรัฐประหยัดเงินตราในการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง และลดมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงลงได้มาก

3.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ

ความร้อนใต้พิภพสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้านดังได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ ก็อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในบางกรณี เช่นเดียวกับการพัฒนาใช้พลังงานด้านอื่นๆ ดังนั้น การศึกษาและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การใช้ประโยชน์จากความร้อนใต้พิภพ จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนที่ร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก ระบบการนำความร้อนใต้พิภพมาใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นระบบปิด ผลกระทบที่อาจจะมี ก็เป็นเรื่องที่ป้องกันได้ ดังที่ทำการศึกษา สํารวจ วิจัยกัน ได้เห็นผลกระทบแล้วในประเทศต่างๆ ซึ่งจะบอกกล่าวเฉพาะ การแพร่กระจายของก๊าซที่ขึ้นมากับไอน้ำ-น้ำร้อน (gaseous emission)

การแพร่กระจายออกสู่อากาศของก๊าซใดโลก ที่ลอยตัวขึ้นมารวมกับไอน้ำ เป็นก๊าซที่ไม่รวมตัว (Noncondensable Gases) โดยปกติ จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน

ซัลไฟด์ ส่วนก๊าซอื่นๆ ที่มีปริมาณน้อยที่อาจลอยตัวรวมมาสู่อากาศ เช่น ก๊าซมีเทน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแอมโมเนีย เป็นต้น มลพิษจากก๊าซเหล่านี้เป็นตัวเร่งปรากฏการณ์โลกร้อน และส่งกลิ่นที่รบกวนรำคาญ นอกจากนี้ ก๊าซที่จับตัวตามส่วนต่างๆ ของโรงไฟฟ้าทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลง ดังนั้น ต้องทำการกำจัดหรืออัดกลับผ่านหลุมเจาะลงสู่ใต้ดิน ตารางที่ 6 แสดงปริมาณก๊าซต่างๆ ที่ปล่อยออกมา ซึ่งจะเห็นได้ว่า โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินและไฮโดรคาร์บอนมาก

ตารางที่ 6 ก๊าซต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงที่ต่างกัน

ประเภทโรงไฟฟ้า	CO ₂ : kg/MWh	SO ₂ : kg/MWh	NO _x : kg/MWh	อนุภาค-ฝุ่น: kg/MWh
ถ่านหิน	994	4.71	1.955	1.012
น้ำมันเชื้อเพลิง	758	5.44	1.814	ไม่มีข้อมูล
ก๊าซธรรมชาติ	550	0.0998	1.343	0.0635
ความร้อนใต้พิภพ แบบสองวงจร	0	0	0	ต่ำมาก-ละทิ้ง

ที่มา: Kagel *et al.*, 2005

3.4 การใช้ประโยชน์จากความร้อนใต้พิภพในแง่เศรษฐศาสตร์

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในประเทศต่างๆ แสดงให้เห็นว่า การใช้ความร้อนใต้พิภพผลิตไฟฟ้ามีต้นทุนต่ำกว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ด้วยเหตุนี้ ประเทศต่างๆ จึงพากันให้ความสนใจต่อการแสวงหาแหล่งความร้อนใต้พิภพ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้นเรื่อยๆ จากการประเมินค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ พบว่า ต้นทุนจะขึ้นอยู่กับขนาดของโรงไฟฟ้าที่ติดตั้ง ถ้าเป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กต้นทุนจะสูงกว่าโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

ปัจจัยสำคัญการลงทุน พัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพมาใช้ผลิตไฟฟ้าต้องพิจารณา ดังนี้

1) การสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพ (Geothermal exploration) จำเป็นจะต้องใช้นักวิชาการหลายกลุ่ม คือ นักธรณีวิทยา นักธรณีฟิสิกส์ นักธรณีเคมี นักอุทกวิทยา ช่วยกันในการวางแผนและกำหนดขั้นตอนในการสำรวจ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรไว้

2) ค่าใช้จ่ายในการเจาะ (Drilling cost) ขึ้นอยู่กับขนาดของแหล่ง จำนวนหลุมที่เจาะ ขนาดของหลุมที่เจาะ ความลึกของหลุมเจาะ ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่ง ค่าใช้จ่ายต่างๆ เหล่านี้จะเป็นค่าเครื่องเจาะและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเจาะ เครื่องป้องกันน้ำร้อน ไอน้ำร้อนแรงดันสูงพุ่งขึ้นมาจากใต้ดินระหว่างการเจาะ (Blow out preventor) ค่าหัวเจาะ ค่าก้านเจาะ ท่อกรุ ซีเมนต์ผงชนิดพิเศษ โคลนผง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ค่าวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ ค่าแรงงานของบุคลากร

3) ลักษณะและขนาดของหลุมเจาะ (Bore characteristic) ขึ้นอยู่กับความดันของแหล่ง อุณหภูมิใต้ดิน อัตราการไหล พลังงานของน้ำร้อนหรือน้ำ ไอน้ำ คุณภาพของน้ำร้อนหรือน้ำ ไอน้ำ ความพรุนและความสามารถในการไหลผ่านได้ของของไหล (Porosity and permeability)

4) การรวบรวมและการส่งผ่านความร้อนใต้พิภพจากหลุมผลิตไปยังโรงไฟฟ้า (Fluid collection and transmission) ขึ้นอยู่กับการออกแบบและวางท่อ (Piping) การติดตั้งวาล์ว การติดตั้งระบบ แยกไอน้ำกับน้ำร้อน การติดตั้งเครื่องเก็บเสียง (Silencer) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ความปลอดภัย การวางระบบสำหรับปล่อยอัดน้ำกลับลงไปได้ดิน (Reinjection system)

5) ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า (Electricity potential) จะพิจารณาจากอัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน ค่าความร้อนของน้ำ/ไอน้ำ ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นไฟฟ้า ซึ่งจะขึ้นกับการวางท่อ การติดตั้งอุปกรณ์ และ เครื่องแยกน้ำร้อนและไอน้ำ ชนิดและการออกแบบของกังหันและเครื่องควบแน่น ขนาดของโรงไฟฟ้าจะเป็นตัวแปรสำคัญในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ถ้าขนาดใหญ่ต้นทุนต่อกิโลวัตต์ติดตั้งของโรงไฟฟ้าก็จะลดลง แต่ทั้งนี้ ต้องไม่ใช้ความร้อนใต้พิภพมากกว่าสมดุลในการให้ความร้อนของแหล่งพลังงาน ถ้าชนิดของโรงไฟฟ้าไม่ซับซ้อนต้นทุนโรงไฟฟ้าก็จะถูกลง แต่ถ้าซับซ้อนต้นทุนก็จะสูงขึ้น

6) ชนิดของโรงไฟฟ้าที่จะใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน ปริมาณของไอน้ำร้อน และน้ำร้อน ขนาดของแหล่งกักเก็บ ปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำร้อน

7) อัตราเงินเฟ้อและอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมัน ถ้าราคาน้ำมันเพิ่มสูงกว่าอัตราเงินเฟ้อ การนำพลังงานความร้อนใต้พิภพ มาใช้งานก็จะมีข้อได้เปรียบ แต่ถ้าอัตราเงินเฟ้อสูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันก็จะเป็นข้อเสียเปรียบ

8) สถานการณ์ของพลังงานในประเทศ (Energy situation) ถ้าเป็นประเทศนำเข้าพลังงานปิโตรเลียม การพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพก็มีความจำเป็น เพราะจะได้ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ลดการขาดดุลการค้าและการชำระเงิน

9) ผลพลอยได้จากแหล่งความร้อนใต้พิภพ (Geothermal by product) เช่น การนำน้ำร้อนที่ได้ไปใช้ ในการเกษตร การอบแห้งหรือการใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ อาจจะพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวด้วย ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เป็นเรื่องที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการพัฒนาความร้อนใต้พิภพ ให้มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

การลงทุนติดตั้งโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยขนาด 5 เมกะวัตต์ ต้นทุนจะประมาณ 1.34–1.60 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นโรงไฟฟ้าขนาด 50 เมกะวัตต์ ต้นทุนจะลดลงเหลือประมาณ 0.64–0.77 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (JICA, 1988) ซึ่งหากเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเตาแล้วพบว่า ถ้าติดตั้งโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเตาขนาด 75 เมกะวัตต์ ต้นทุนเฉพาะค่าเชื้อเพลิงอย่างเดียวจะประมาณ 1.25 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง จึงเห็นได้ว่าการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าถูกกว่ามาก

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ

การดำเนินงานด้านวิจัยและพัฒนาต่างๆ ย่อมส่งผลกระทบทั้งข้อดีและข้อเสีย ต่อการพัฒนานั้นๆ แต่มีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาแสวงหาสิ่งที่ดีขึ้น การนำผลการวิจัยไปพัฒนาใช้ประโยชน์ต้องคำนึงถึงผลดีซึ่งต้องมีมากกว่าผลเสีย และผลเสียที่เกิดขึ้นต้องไม่เป็นประเทหอย่างสูง ควบคุมไม่ได้ หรือส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นบริเวณกว้าง การพัฒนาความร้อนใต้พิภพก็เช่นเดียวกันต้องส่งผลกระทบทั้งเป็นผลดีและผลเสีย ซึ่งขอสรุปพอสังเขป ดังนี้

3.5.1 ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ

- 1) เป็นแหล่งที่มีขนาดใหญ่ มีปริมาณมาก ปลอดภัย และใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เป็นพลังงานทดแทนที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
- 2) เทคโนโลยีที่ใช้ในโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถควบคุมการปล่อยก๊าซพิษ ทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย โดยส่วนใหญ่ จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นปริมาณ น้อยกว่าร้อยละ 2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 1 และอนุภาคของสารเคมีต่างๆ น้อยกว่าร้อยละ 1 (Particulates, Brown 1996) ดังนั้น โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ จึงเป็นทางเลือกอีกชนิดหนึ่งของพลังงานทดแทน ที่จะใช้ประโยชน์ได้นาน และให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เมื่อเทียบกับพลังงานจำพวกเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ ความร้อนใต้พิภพไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด การทิ้งสารเคมี หรือของเสียจากการทำเหมือง ผุพังที่เกิดจากการผลิตต่างๆ และจากการทำเหมืองเปิด น้ำมันเชื้อเพลิงไหลหรือรั่วระหว่างการขนส่ง เนื่องจาก เราไม่สามารถขนถ่ายความร้อนใต้พิภพจากแหล่งหนึ่ง แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่นที่อยู่ไกลออกไป
- 3) โรงไฟฟ้าที่เชื่อถือได้มาก (reliable) โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูง และ ถูกออกแบบให้ทำงานได้ทุกสภาพอากาศ ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- 4) เทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ ถูกออกแบบให้อยู่ในเกณฑ์ที่มีความคล่องตัวสูง (Flexible) สามารถขยายและเพิ่มกำลังการผลิตเดิม โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นน้อยมาก
- 5) แหล่งความร้อนใต้พิภพ แสดงถึงการใช้พลังงานจากต้นกำเนิด เป็นการเตรียมการสำหรับการใช้พลังงานที่มั่นคง และลดความต้องการในการนำเข้าของเชื้อเพลิงธรรมชาติ สร้างความสมดุลของค่าใช้จ่าย สิ่งนี้สำคัญอย่างยิ่งสำหรับประเทศกำลังพัฒนา อย่างประเทศไทยของเรา ที่แหล่งความร้อนใต้พิภพสามารถลดความกดดันทางเศรษฐกิจในการนำเข้าเชื้อเพลิง และทำให้เกิดการจ้างงานภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น
- 6) ความร้อนใต้พิภพสามารถเก็บสะสมพลังงานได้เองตามธรรมชาติ จึงต้องออกแบบให้เป็นการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน
- 7) โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพใช้พื้นที่ไม่มาก และการออกแบบสร้างโรงไฟฟ้าสามารถปรับให้มีสภาพกลมกลืนกับสภาพธรรมชาติได้ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ (ก) โรงไฟฟ้า Negros Oriental ประเทศฟิลิปปินส์
(ข) โรงไฟฟ้า Nesjavellir ประเทศไอซ์แลนด์

3.5.2 ข้อจำกัดของโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ

1) ความร้อนใต้พิภพจะปล่อยก๊าซพิษที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมีเทน ในน้ำแร่ร้อนยังประกอบด้วยสารละลายซิลิกา โลหะหนัก (heavy metal) โซเดียม และโพแทสเซียมคลอไรด์ บางครั้งอาจจะมี คาร์บอนเนตด้วย อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยก๊าซพิษเหล่านี้ สามารถควบคุมปริมาณก๊าซพิษที่ปล่อยออกมาให้น้อยลง

2) อาจจะมีการทรุดตัวของพื้นดิน แต่ก็เป็นไปได้ยาก จะพบเฉพาะในแหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีน้ำเป็นส่วนใหญ่ (Liquid-dominated field) อย่างไรก็ตาม การทรุดตัวของพื้นดินสามารถแก้ไขโดยใช้เทคนิคของการสูบน้ำอัดกลับเข้าไปใต้ดินใหม่ (Reinjection techniques)

3) กล่าวกันว่าโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ มักจะสัมพันธ์กับการก่อให้เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งประเด็นนี้ก็มิใช่ข้อโต้แย้งกลับว่า แหล่งความร้อนใต้พิภพส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่มีแนวโน้มการเกิดแผ่นดินไหวอยู่แล้ว

4) โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ จะก่อให้เกิดเสียงดังน่ารำคาญในช่วงที่มีการก่อสร้าง เช่น การเจาะหลุมลงในใต้ดินที่ระดับลึก แต่เมื่อโรงไฟฟ้าดำเนินการผลิตแล้วปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องเสียงก็จะหมดไป

5) ยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าความร้อนใต้พิภพ ไม่ใช่พลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้แน่นอนหรือเป็นพลังงานทดแทน เพราะไม่แสดงลักษณะของ การใช้พลังงานแบบยั่งยืน (Sustainable manner) แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า ภายในโลกนั้นยังร้อนอยู่แน่นอน ดังนั้น การนำพลังงานขึ้นมาใช้ให้พอเหมาะกับความร้อนที่เพิ่มขึ้นหรือเข้ามาทดแทน จะทำให้การใช้พลังงานเป็นแบบยั่งยืนและยาวนาน

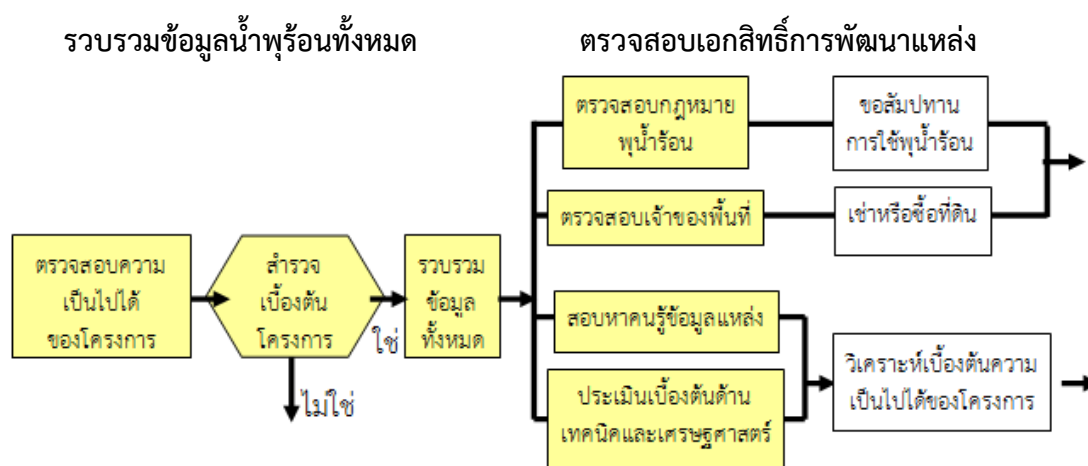
6) การใช้ความร้อนใต้พิภพก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า การใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์อย่างอื่น จึงน่าจะได้อภิสิทธิ์ต่างๆ ทางด้านนโยบายทางพลังงาน เช่น ภาษีถูกกว่าพลังงานชนิดอื่น หรือได้รับเงินช่วยเหลือในด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

3.6 ขั้นตอนการพัฒนาพุน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพให้เป็นโรงไฟฟ้าและแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

การนำความร้อนใต้พิภพ พุน้ำร้อนมาใช้ประโยชน์พัฒนาเป็นโรงไฟฟ้า และแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ โดยทั่วไปสามารถแบ่งขั้นตอนการวางแผนดำเนินการ และการบริหารจัดการ ออกเป็น 10 ขั้นตอน (ภาพที่ 12-15) อนึ่ง กล้องข้อความสี่เหลี่ยมที่อยู่ในกรอบแผนผังโครงการต้องดำเนินการสำหรับการพัฒนาพุน้ำร้อนที่มีปริมาณน้ำร้อนไหลสู่พื้นดิน เป็นปริมาณมาก และไม่ต้องเจาะนำน้ำพุร้อนจากใต้ดินขึ้นมาเพิ่มเติม และเป็นโครงการพัฒนาพุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ในพื้นที่สาธารณะประโยชน์ ที่มีหน่วยงานของรัฐบาลดูแล

1) การรวบรวมข้อมูลพุน้ำร้อน ให้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลพุน้ำร้อนทั้งหมดที่เกิดอยู่ในพื้นที่อำเภอ จังหวัดที่ต้องการพัฒนา และพุน้ำร้อนที่มีอยู่ในประเทศไทย ตรวจสอบกำเนิดพุน้ำร้อนธรณีวิทยา และคุณสมบัติการกายภาพและทางเคมี ตลอดจนปริมาณการไหลของพุน้ำร้อนขึ้นมาสู่ผิวดิน

และขอบเขตพื้นที่พุน้ำร้อนโพล์บนผิวดิน (ภาพที่ 12) สํารวจเบื้องต้นข้อมูลทุกประเภทเพื่อประเมิน ศักยภาพ ประกอบการตัดสินใจดำเนินโครงการพัฒนาต่อไป หรือยุติการพัฒนา



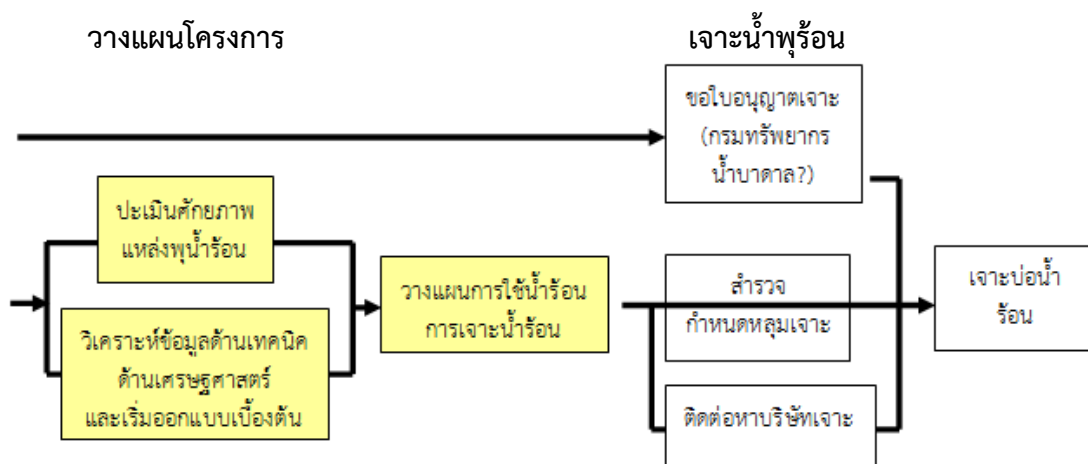
ภาพที่ 12 แผนผังแสดงขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลน้ำพุน้ำร้อนและตรวจสอบเอกสารสิทธิ์พื้นที่

2) ตรวจสอบเอกสารสิทธิ์พื้นที่ เพื่อหาเจ้าของพื้นที่ที่พุน้ำร้อนโพล์ ในกรณีที่เป็นที่ดินที่อยู่ในความดูแลของรัฐบาลก็ให้หน่วยงานของรัฐบาลพัฒนาได้เลย ควรมีการตรวจสอบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพุน้ำร้อน การก่อสร้าง และการกักน้ำเสีย ของเสีย มลพิษ ตลอดจนกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องก่อนพัฒนา สอบถามข้อมูลแหล่งพุน้ำร้อน ประวัติการไหลของพุน้ำร้อนจากผู้รู้และชุมชนผู้มีส่วนได้เสีย ประเมินผลข้อมูลทั้งหมดเบื้องต้นทั้งด้านเทคนิคการใช้พุน้ำร้อน ใช้น้ำร้อน น้ำร้อน รูปแบบการพัฒนา ตลอดจนความเป็นไปได้และความอยู่รอดของโครงการ

ในกรณีที่พื้นที่ดินของเอกชน และ/หรือ เอกชนต้องการเข้ามาดำเนินการพัฒนาพุน้ำร้อนก็ให้ดำเนินการ ขอสัมปทานการใช้น้ำร้อน เช่าหรือซื้อที่ดินจากเจ้าของพื้นที่เดิม และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

3) วางแผนโครงการ ตลอดจนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการพื้นที่ จัดทำ การวิเคราะห์ SWOT ประเมินเบื้องต้นศักยภาพของแหล่งพุน้ำร้อน เพื่อวางแผน ประเมินความสามารถในการรองรับนักท่องเที่ยวในปัจจุบันและอนาคต จากปริมาณพุน้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาเองตามธรรมชาติ และขนาดของพื้นที่พัฒนา ตลอดจนกันพื้นที่ส่วนหนึ่งให้อนุรักษ์ไว้สำหรับการเจาะพัฒนาน้ำร้อนขึ้นมาใช้เพิ่มเติม วิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และวางแผน ออกแบบกรอบแนวคิดการพัฒนาเบื้องต้น (ภาพที่ 13)

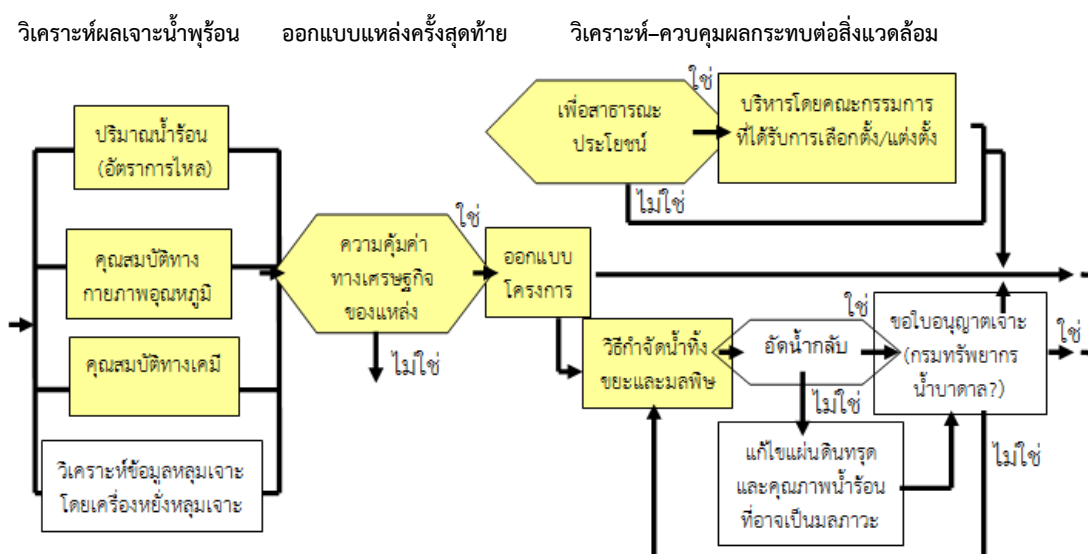
ในกรณีที่ น้ำพุน้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาเองตามธรรมชาติมีปริมาณน้อย หรือไม่เพียงพอรองรับนักท่องเที่ยว ต้องมีการเจาะพัฒนาน้ำพุน้ำร้อนจากใต้ดินขึ้นมาใช้เพิ่มเติม ก็ให้ดำเนินการขออนุญาตเจาะ และใช้น้ำบาดาล จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (หรือจากหน่วยงานเจ้าภาพอื่น ซึ่งต้องมีการร่างกฎหมาย ต่อไป) ที่มีสำนักงานอยู่ในสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมประจำจังหวัดนั้นๆ



ภาพที่ 13 แผนผังแสดงขั้นตอนการวางแผนโครงการพัฒนาพุน้ำร้อน และการเจาะน้ำร้อน

4) เจาะน้ำร้อน ใอน้ำร้อน สำรวจธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนดตำแหน่งเจาะน้ำร้อน (ขั้นตอนนี้ควรดำเนินการพร้อมกับการเริ่มออกแบบ ผังการพัฒนาเบื้องต้นในข้อ 3) ติดต่อหน่วยงานราชการ หรือบริษัทเอกชน ที่รับจ้างเจาะน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพ ดำเนินการเจาะน้ำร้อน พร้อมทั้งพัฒนาบ่อให้สะอาด พร้อมต่อท่อน้ำร้อน ใอน้ำร้อนใช้ประโยชน์

5) วิเคราะห์ผลเจาะน้ำร้อน ใอน้ำร้อน ดำเนินการทดสอบปริมาณน้ำร้อน ใอน้ำร้อนที่ได้ ความดันใอน้ำร้อน (ภาพที่ 14) ศึกษาตัวอย่างดิน หินของหลุมเจาะ ทำการหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ เพื่อวิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดน้ำร้อน และความหนาของชั้นอุ้มน้ำร้อน คำนวณหาขอบเขตพื้นที่ ศักยภาพน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพ ปริมาณน้ำร้อน ใอน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยไม่ทำให้พุน้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาเองตามธรรมชาติหายหรือหมดไป คำนวณปริมาณน้ำร้อน ใอน้ำร้อนของพื้นที่ (safe yield) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีน้ำพุร้อน

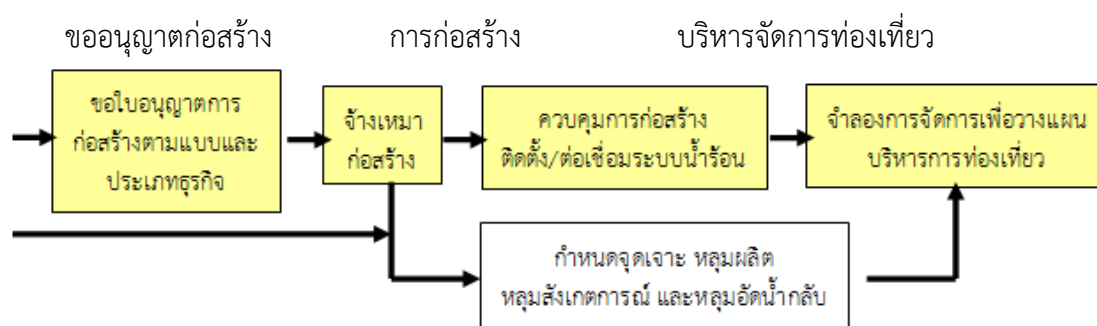


ภาพที่ 14 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ผลเจาะน้ำร้อน การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมและอาคารต่างๆ การวิเคราะห์และควบคุมผลกระทบตอลสิ่งแวดล้อม

6) ออกแบบแหล่งครั้งสุดท้าย โดยรวบรวมข้อมูลศักยภาพน้ำร้อน แหล่งความร้อนใต้พิภพ ศักยภาพการท่องเที่ยวของจังหวัด แหล่งท่องเที่ยวเชื่อมโยง แหล่งสายส่งไฟฟ้าเชื่อมโยง และแนวคิดในการออกแบบแหล่งน้ำร้อน ประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็น ตัดสินใจว่าต้องการพัฒนาต่อไปหรือไม่ วางแนวคิด ออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม อาคาร และกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจต่อขนาดการพัฒนา แหล่งความร้อนใต้พิภพ และน้ำร้อน

7) วิเคราะห์และควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต้องศึกษาว่าการก่อสร้างอยู่ในกฎเกณฑ์ข้อบังคับให้ต้องจัดทำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ โดยปกติการพัฒนาพุน้ำร้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ที่มีการก่อสร้างอาคารต่างๆ ขนาดเล็กนั้น ไม่อยู่ภายใต้ข้อบังคับให้ต้องจัดทำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ความสะอาด และความปลอดภัยในการใช้บริการต้องเป็นสิ่งที่ผู้บริหารควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรก ต้องวางแผนการจัดการน้ำทิ้ง ขยะ และมลพิษต่างๆ ต้องแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อการบริหารและจัดการพื้นที่น้ำร้อน แหล่งท่องเที่ยวเชื่อมโยง แหล่งกระจายไฟฟ้า ควรแบ่งพื้นที่เพื่อสาธารณประโยชน์ ราคาไม่แพงมาก หรือฟรีสำหรับชุมชนท้องถิ่น ให้ชุมชนท้องถิ่นมีส่วนร่วมและได้รับประโยชน์จากการพัฒนาน้ำร้อน และแหล่งความร้อนใต้พิภพ

8) ขออนุญาตก่อสร้าง (ภาพที่ 15) การขออนุญาตก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามระเบียบกรมโยธาธิการและผังเมือง เทศบาลและหน่วยงานบริหารการปกครองส่วนท้องถิ่น การจดทะเบียนประเภทธุรกิจให้สอดคล้องกับระเบียบกระทรวงพาณิชย์ การท่องเที่ยว และสาธารณสุข ในกรณีโรงไฟฟ้า ต้องขออนุญาตจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน



ภาพที่ 15 แผนผังแสดงขั้นตอนการพัฒนาน้ำร้อนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

9) การก่อสร้าง แบ่งออกเป็นสองส่วน คือการหาผู้รับเหมาก่อสร้างตามผังที่ได้วางแผนไว้แล้ว และการควบคุมการก่อสร้างให้ได้ตามมาตรฐานงานก่อสร้าง และเป็นไปตามแบบผัง ในกรณีที่ต้องมีการเจาะพัฒนาน้ำร้อน ไอน้ำร้อนจากใต้ดินขึ้นมาเพิ่มเติม ต้องประสานงานกันระหว่างผู้รับเหมาก่อสร้างอาคาร และผู้รับเหมาเจาะบ่อน้ำ เพื่อให้เป็นระเบียบ ไม่กีดขวางกัน และเพื่อให้การต่อเชื่อมระบบน้ำในโครงการ เป็นไปตามที่วางแผน

10) บริหารจัดการท่องเที่ยว ให้มีการจำลองการจัดการท่องเที่ยว การใช้สอยอาคารและสถานที่ต่างๆ เพื่อความเป็นระเบียบในวันที่เปิดบริการจริง เพิ่มการโฆษณา ประชาสัมพันธ์ และต้องดำเนินการให้นักท่องเที่ยวที่มาใช้บริการอยากกลับมาใช้บริการอีกต่อไป

อนึ่ง การใช้ความร้อนใต้พิภพในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า เป็นโครงการขนาดใหญ่ ต้องดำเนินการขอสัมปทาน และปฏิบัติตามขอบเขตที่กำหนดในเอกสารสัมปทาน นั้นๆ ซึ่ง ผู้เขียนเห็นว่า การดำเนินการสำรวจเจาะประเมินศักยภาพความร้อนใต้พิภพ ควรอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบกำกับดูแลของ กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำบาดาล หรือกระทรวงพลังงาน อย่างใดอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ ควรมีการร่างระเบียบ กฎหมาย คู่มือแนวทางปฏิบัติต่างๆ ที่เป็นสากล เพื่อให้สัมปทาน การพัฒนา ใช้ประโยชน์ จนถึงการค้าตอบแทนการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพให้รัฐบาล ในกรณีโรงไฟฟ้า ต้องขออนุญาตจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน สังกัดกระทรวงพลังงาน

บทที่ 4

การบริหารจัดการความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Management)

คำว่า การบริหาร (administration) มีรากศัพท์มาจากภาษาลาติน “administratiae” หมายถึง ช่วยเหลือ (assist) หรืออำนวยความสะดวก (direct) การบริหาร บางครั้งเรียกว่า การบริหารจัดการ หมายถึง การดำเนินงาน หรือการปฏิบัติงานใดๆ ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับคน สิ่งของ และ หน่วยงานโดยครอบคลุมเรื่องต่างๆ เช่น (1) การบริหารนโยบาย (Policy) (2) การบริหารอำนาจหน้าที่ (Authority) (3) การบริหารคุณธรรม (Morality) (4) การบริหารที่เกี่ยวข้องกับสังคม (Society) (5) การวางแผน (Planning) (6) การจัดองค์การ (Organizing) (7) การบริหารทรัพยากรมนุษย์ (Staffing) (8) การอำนวยความสะดวก (Directing) (9) การประสานงาน (Coordinating) (10) การรายงาน (Reporting) และ (11) การงบประมาณ (Budgeting)

4.1 นโยบาย แนวทาง มาตรการในการบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพ

กรมทรัพยากรธรณี (2553) ได้ร่างนโยบาย และแนวทาง การบริหารจัดการแหล่งอันครอนรักษ์ทางธรณีวิทยาในการพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ และแหล่งท่องเที่ยวเชิงเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถปรับปรุง ประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพได้ การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 6 ประเด็นหลัก ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ในที่นี้ จะขอลำรายชื่อรายละเอียดและข้อเสนอเพียง 2 ประเด็น ที่ต้องดำเนินการจัดทำเร่งด่วน เพื่อให้การพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ มีแนวทางที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังนี้

4.1.1 กฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับ

กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับเพื่อเป็นกรอบกฎเกณฑ์มาตรฐานของการมีแนวทางการบริหารจัดการ และการประโยชน์ พัฒนาความร้อนใต้พิภพร่วมกันกับผู้มีส่วนได้เสีย การบริหารจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพ ควรแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ได้แก่ การศึกษา สำรวจ ตรวจสอบ พิสูจน์ทราบศักยภาพของแหล่งว่า เพียงพอสำหรับการพัฒนา และการพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ เพื่อการผลิตไฟฟ้า

ประเทศไทยไม่มีกฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับในการศึกษา สำรวจ ตรวจสอบ พิสูจน์ทราบศักยภาพของแหล่งความร้อนใต้พิภพ แต่มีพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 พระราชบัญญัติปิโตรเลียม พ.ศ. 2514 และพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ที่เป็นกฎหมายมีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการสำรวจ พัฒนาใช้ประโยชน์น้ำร้อนและความร้อนใต้พิภพเป็นอย่างมาก กฎหมาย ระเบียบ การพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพ ส่วนใหญ่ในต่างประเทศก็อยู่ภายใต้การดำเนินงานควบคุม กำกับ ดูแลของ กรมทรัพยากรธรณี กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และกระทรวงพลังงาน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และประเทศเยอรมนี เป็นต้น การผลิตไฟฟ้าอยู่ในการควบคุม กำกับ ดูแล ของกระทรวงพลังงานเป็น

ส่วนใหญ่ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ควรมีการ ปรีกษา และมอบการเป็นเจ้าภาพ ให้กับหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง หรือหลายหน่วยงานในการร่างกฎหมาย ดังกล่าว

เป็นที่น่ายินดีว่า 4 หน่วยงาน ได้แก่ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมทรัพยากรธรณี และการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ลงนามความร่วมมือโครงการพัฒนาต้นแบบการพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพ ระหว่าง พ.ศ. 2554–2560 โดยกำหนดเป้าประสงค์เพื่อให้มีการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ขนาด 2 เมกกะวัตต์ ปัจจุบัน งานสำรวจธรณีวิทยา ธรณีเคมี ธรณีฟิสิกส์ การรับฟังความคิดเห็นผู้มีส่วนได้-เสีย ดำเนินการแล้วเสร็จ ขั้นตอนต่อไป ได้แก่การกำหนดจุดเจาะสำรวจศักยภาพความร้อนใต้พิภพ

นอกจากนี้ ประเทศไทยควรมีการจัดทำแผนแม่บทการสำรวจศักยภาพ และพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพ และวางกรอบแนวทาง เพื่อกำหนดแผนการดำเนินงานและระยะเวลาการพัฒนาความร้อนใต้พิภพ ควรมีการจัดทำระเบียบ คู่มือแนวทางปฏิบัติ การสำรวจศักยภาพ การพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพร่วมกันระหว่างหน่วยงานเจ้าภาพหลัก เช่น กรมทรัพยากรธรณี หน่วยงานเจ้าของพื้นที่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อให้กระทรวงพลังงานนำไปเป็นแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย ต่อไป

กฎหมาย และระเบียบในการพัฒนาความร้อนใต้พิภพ จัดทำขึ้นโดยประเทศพัฒนาแล้วหลายประเทศ ผู้เขียนเห็นว่า การพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย น่าจะมีความใกล้เคียงกับสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี จึงน่าจะมีการประสานกันระหว่าง หน่วยงานจากประเทศไทยและหน่วยงานในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี เพื่อทศศึกษาและเรียนรู้ตั้งแต่กฎหมาย ระเบียบต่างๆ การให้สัมปทานต่างๆ การกำกับ ตรวจสอบ และควบคุม รวมถึงเรื่องเกี่ยวกับภาษีและการแบ่งปันผลประโยชน์ระหว่างผู้ได้รับสัมปทาน รัฐบาลและหน่วยงานเจ้าของพื้นที่

4.1.2 การประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่

การประสานงานระหว่างหน่วยงานทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจศักยภาพ การพัฒนาและบริหารจัดการ ควรมีการแบ่งภาระหน้าที่ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน และเน้นการกำหนดความรับผิดชอบที่สอดคล้องกับความเชี่ยวชาญและความพร้อมระหว่างหน่วยงานต่างๆ กรมทรัพยากรธรณีควรมีหน้าที่ในการสำรวจ ศักยภาพ วางแนวทางการพัฒนา และให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องแก่สาธารณะ กระทรวงพลังงานควบคุมการผลิตไฟฟ้าและระเบียบการให้ความชดเชย (incentive) การใช้พลังงานทดแทนผลิตไฟฟ้า หน่วยงานเจ้าของพื้นที่ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทในการอนุญาตให้เข้าใช้พื้นที่ เฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมและส่วนร่วม รับรู้ เกี่ยวกับการบริหารจัดการ และประชาชนในพื้นที่เป็นผู้ได้รับประโยชน์จากการพัฒนาพื้นที่นั้นๆ การประสานงานสามารถดำเนินไปในรูปของการส่งเสริมให้มีการให้ความรู้ การรับทราบข้อเท็จจริงระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อการอนุรักษ์ และการตรวจสอบการดำเนินการร่วมกัน การสร้างความชัดเจนของหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบในพื้นที่ เพื่อกำหนดอำนาจหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งครอบคลุมถึงเอกสารสิทธิ์ในการถือครองพื้นที่ด้วย และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ให้เข้าร่วมในการบริหารจัดการพื้นที่ และการวางแผนอนุรักษ์ การพัฒนาใช้ประโยชน์แหล่งความร้อนใต้พิภพอย่างยั่งยืน

4.2 การบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรความร้อนใต้พิภพอย่างยั่งยืน

การพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นการพัฒนาที่พอเพียงต่อความต้องการ ณ ปัจจุบัน โดยปราศจากการพิจารณาความสามารถในการผลิตในอนาคตเพื่อสนองความต้องการของพื้นที่ การทดแทนเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของทรัพยากร (Stefansson and Axelsson, 2005) คำว่า "ยั่งยืน" หมายถึง การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติของความร้อนใต้พิภพที่พอเพียงต่อความต้องการ และไม่กระทบต่อศักยภาพความร้อนใต้พิภพที่มีความแปรผัน หรือผันผวนค่อนข้างมาก เนื่องจาก การลดลงของพลังงาน มาจากสาเหตุการลดลงของแรงดันไอน้ำตามกาลเวลาการใช้ประโยชน์ การขาดปริมาณน้ำที่ไหลลงเข้าไปในชั้นกักเก็บทดแทนปริมาณน้ำร้อนที่นำมาใช้ประโยชน์ และปริมาตรของแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ การนำความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนควรเป็น การศึกษาวิจัย อย่างละเอียดถึงปริมาณน้ำร้อนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยให้น้ำร้อนมาใช้น้อยกว่าปริมาตรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การดึงน้ำร้อนมาใช้มากกว่าปกติ ทำให้แหล่งสูญเสียสมดุลและไม่สามารถได้รับการถ่ายเทความร้อนอย่างเพียงพอ ตัวอย่างเช่นที่ Laugarnes geothermal system ประเทศไอซ์แลนด์ ที่เพิ่มการผลิตไฟฟ้าด้วยการติดตั้งปั๊มน้ำดูดน้ำร้อนในหลุมผลิตความร้อนใต้พิภพเพิ่มเติม ทำให้ระดับน้ำบาดาลและแรงดันน้ำร้อนลดลง (Axelsson *et al.*, 2001, 2002, 2005) และที่แหล่งความร้อนใต้พิภพไกเซอร์ มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ 20 โรง ผลิตไฟฟ้า 2,000 เมกกะวัตต์ ระหว่าง พ.ศ. 2528–2538 ทำให้ความดันไอน้ำของแหล่งกักเก็บความร้อนลดลงอย่างมาก ปริมาณไอน้ำร้อนไม่เพียงพอที่จะใช้ผลิตไฟฟ้า กำลังการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างสม่ำเสมอ จึงได้ทำการอัดน้ำผ่านลงไป ในท่อหลุมเจาะลงสู่แหล่งกักเก็บความร้อน ทำให้มีไอน้ำร้อนไหลเข้าสู่ใบพัดและสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้ง 20 โรง ในปี พ.ศ. 2538

Axelsson *et al.* (2001) ได้ให้คำจำกัดความ พร้อมยกตัวอย่าง "การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพอย่างยั่งยืนจากแหล่งความร้อนใต้พิภพแต่ละแหล่ง" ว่า สมมติให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแหล่งเป็น "ก" ถ้าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้อยกว่า "ก" ก็จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลานาน เช่น (100–300 ปี) ถ้าการผลิตไฟฟ้ามากกว่า "ก" อายุของแหล่งในการผลิตไฟฟ้าก็จะลดลง การผลิตไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ "ก" เรียกว่า "การผลิตอย่างยั่งยืน" ดังนั้น การผลิตอย่างยั่งยืนจึงไม่ได้เป็นเรื่อง เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี มาพิจารณาร่วมด้วย แต่เป็นการพิจารณาบนพื้นฐานความสามารถในการผลิตไฟฟ้า ของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ นั้นๆ (Axelsson, *et al.*, 2005)

การจัดการทรัพยากรความร้อนใต้พิภพ เป็นการควบคุมการดึงปริมาณความร้อนจากแหล่งกักเก็บใต้ดิน ขึ้นมาใช้ประโยชน์ การแสวงหาผลประโยชน์โดยการดึงปริมาณความร้อนมากกว่าศักยภาพของแหล่ง เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าจำนวนมาก เป็นสิ่งที่ต้องไม่กระทำ เนื่องจาก เป็นการทำให้แหล่งกักเก็บมีอายุการใช้งานลดลง กลยุทธ์ในการจัดการแหล่งกักเก็บความร้อนอย่างยั่งยืน จึงควรมีการทำแผนปฏิบัติงานที่มีแนวทางเลือกหลายแนวทาง เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริหารตัดสินใจเกี่ยวกับสถานการณ์แหล่งกักเก็บความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป ณ แต่ละช่วงเวลา (Stefansson *et al.*, 1995) ดังที่ทราบกันแล้วว่าลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ไม่สามารถเข้าใจ หรือสันนิษฐานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพจึงต้องทำการเก็บ

ข้อมูล ศึกษาและวิเคราะห์ คุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น การลดลงของแรงดันน้ำร้อน ที่เป็นปัจจัยปฏิกิริยาของขนาดการผลิตไฟฟ้า มีสาเหตุมาจากขนาดของแหล่งกักเก็บ ความต่อเนื่องช่องทางการไหลของน้ำร้อนและปริมาณการเติมน้ำเข้ามาในระบบ เป็นต้น

การดึงปริมาณน้ำร้อนมาใช้ประโยชน์มากกว่าความสามารถในการให้ความร้อน มีสาเหตุหลักจาก 2 สาเหตุ ได้แก่ 1) การขาดการควบคุมและการเก็บข้อมูลที่เพียงพอ ทำให้การเข้าใจระบบกักเก็บน้ำร้อนเพียงเล็กน้อย และรูปแบบจำลองของแหล่งกักเก็บขาดความสมบูรณ์แลไม่น่าเชื่อถือ และ 2) การที่ผู้ประกอบการใช้หรือเชื่อถือทฤษฎีเดิมโดยปราศจากการจัดการหรือควบคุม ศึกษาข้อมูล ณ ปัจจุบัน การใช้ประโยชน์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการตรวจสอบ สังเกตการณ์ การทำแบบจำลองและการควบคุมปริมาณน้ำอัดกับไปในชั้นกักเก็บความร้อน (Axelsson *et al.*, 2002) ดังนั้น การศึกษาประวัติ ตรวจสอบ สังเกตการณ์แหล่งกักเก็บความร้อนได้พิภพตลอดระยะเวลาการสำรวจและการใช้ประโยชน์จะนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของแหล่ง และการจัดการแหล่งทรัพยากรที่ประสบความสำเร็จ

4.3 พุน้ำร้อน ความร้อนใต้พิภพและการอนุรักษ์พลังงาน

ความร้อนใต้พิภพ เป็นพลังงานที่มีอัตราการเติบโต ของการใช้ประโยชน์สูงมากประเภทหนึ่ง และได้รับการขนานนามในประเทศที่พัฒนาแล้วทางยุโรป และอเมริกาว่าเป็น “พลังงานสีเขียว” (green energy) ความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานทดแทนที่มีอยู่มากในหลายภูมิภาคทั่วโลก แต่งานวิจัยเพื่อพัฒนานำความร้อนใต้พิภพขึ้นมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายยังมีอยู่น้อย หรือจำกัดอยู่ในวงแคบๆ เท่านั้น การพัฒนาใช้ความร้อนใต้พิภพอาจนำไปเป็นต้นพลังงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หรือนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และสันถนาการ

ความร้อนใต้พิภพได้ถูกใช้ไป หรือถูกปล่อยทิ้งไป โดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างมหาศาล เราสามารถคำนวณพลังงานที่ใช้ได้ (สมมติให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำร้อน = 1) ดังนี้

$$C = (T_i - T_o) \times F_{av} \times 4.187 \times 10^{-6} \quad \text{เมกกะวัตต์}$$

C เป็นความจุปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็น เมกกะวัตต์

T_i เป็นอุณหภูมิน้ำร้อนไหลเข้า มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

T_o เป็นอุณหภูมิน้ำร้อนไหลออก มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

F_{av} เป็นอัตราไหลของน้ำร้อนในระบบ มีหน่วยเป็น กรัม/วินาที

จากสมการข้างบน เราสามารถคำนวณปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในหนึ่งปี (สมมติให้ในหนึ่งวันใช้ความร้อนใต้พิภพ 12 ชั่วโมง) ได้ดังนี้

$$\text{พลังงานใช้ในหนึ่งปี} = \text{ความจุปริมาณความร้อน} \times 15.768 \text{ เทราจูล/ปี}$$

หมายเหตุ 1 เทราจูล (terajoule) = 10^{12} จูล

การใช้ปริมาณความร้อนข้างบน สามารถเปลี่ยนเป็นการเปรียบเทียบกับการประหยัดน้ำมันก๊าดที่ใช้ในการต้มน้ำให้ร้อนให้ได้เท่ากับอุณหภูมิของพุน้ำร้อน (กำหนดให้ประสิทธิภาพของหม้อต้ม เป็น 85 เปอร์เซ็นต์) ดังนี้

$$\nabla \cong \text{พลังงานใช้ในหนึ่งปี} \times 0.315 \quad \text{ล้านลิตร/ปี}$$

∇ เป็นปริมาณน้ำมันก๊าดที่ประหยัดได้ในหนึ่งปี มีหน่วยเป็น ล้านลิตร

ตารางที่ 7 เป็นสรุปผลการคำนวณการประหยัดพลังงานโดยการใช้ความร้อนใต้พิภพของแหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแยกการคำนวณการประหยัดพลังงานระหว่างการใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง ทางด้านเกษตรกรรมและการสันถนาการ จากตารางจะเห็นได้ว่าเพียงแหล่งความร้อนใต้พิภพฝางเพียงแหล่งเดียว ประเทศไทยประหยัดเงินจากการนำเข้าพลังงาน ดังนี้ ความร้อนใต้พิภพถูกนำความร้อนไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 3.8 เมกกะวัตต์ และนำความร้อนไปใช้ประโยชน์โดยตรง 3.6 เมกกะวัตต์ ทำให้ประเทศประหยัดการนำเข้าน้ำมันก๊าดปีละ 284,800 ลิตร

ตารางที่ 7 การใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการใช้ประโยชน์โดยตรง

แหล่งพลังงาน	การใช้พุน้ำร้อน			Capacity (เมกกะวัตต์)	การใช้พลังงานทั้งปี		ประหยัด น้ำมันก๊าด (พันลิตร)
	อัตราไหล (kg/sec)	อุณหภูมิ (°ซ)			พลังงาน (เทราจูล/ปี)	ประสิทธิภาพ	
		น้ำไหลเข้า	น้ำไหลออก				
ฝาง (ไฟฟ้า)	18	130	80	3.8	59.9	0.8	126.4
ฝาง (เกษตร)	18	77	40	2.8	44.2	0.6	124.7
ฝาง (อาบน้ำ)	18	40	30	0.8	12.6	0.6	33.7
รวม							284.8

4.4 การจัดทำแผนแม่บทและแผนปฏิบัติการ

การจัดทำแผนแม่บทความร้อนใต้พิภพ จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในเกือบทุกด้าน เช่น นโยบายของรัฐบาล นโยบายของหน่วยงานกลางที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการตามแผนและนโยบายของหน่วยงานนั้นๆ และต้องพิจารณาแผนพัฒนาต่างๆ ระดับประเทศที่ดำเนินการโดยหน่วยงานกำหนดแผนงานของประเทศ เมื่อได้ทำการศึกษารายละเอียดในส่วนของนโยบายและแผนงานต่างๆ ของรัฐบาลและหน่วยงานกลางที่รับผิดชอบทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ก็จะเป็นการกำหนดเป้าหมายของการอนุรักษ์และการพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพ ที่ได้มีการจัดลำดับความสำคัญเพื่อการอนุรักษ์ และขั้นตอนอื่นๆ ดังนี้

4.4.1 กำหนดเป้าหมาย

การกำหนดเป้าหมายเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้านความร้อนใต้พิภพ อย่างชัดเจน ควรมีการดำเนินการ ดังนี้

- 1) มีการกำหนดพื้นที่การพัฒนาและจัดการอย่างชัดเจน เพื่อการควบคุมและรักษาสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ อันอาจประกอบด้วย
 - พื้นที่สงวน (Preservation Area)
 - พื้นที่อนุรักษ์ (Conservation Area)
 - พื้นที่บริการและพื้นที่ใช้ประโยชน์ (Service Area)
- 2) มีระบบการควบคุมและและรักษาสิ่งแวดล้อมธรรมชาติอย่างเคร่งครัด โดยอาจใช้มาตรการทางกฎหมาย/หรือมาตรการทางสังคมที่ชัดเจน และกำหนดกรอบ จัดให้มีการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่
- 3) มีการสนับสนุนให้มีการเรียนรู้ทั้งในระบบและนอกระบบ เพื่อให้ประชาชนทั้งในและนอกพื้นที่มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติของท้องถิ่น
- 4) มีการศึกษาวิจัยองค์ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในพื้นที่ เพื่อเป็นแนวทางการอนุรักษ์ประเภทสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทเดียวกันในพื้นที่อื่น
- 5) มีการประชาสัมพันธ์ การรณรงค์และเผยแพร่ข่าวสารข้อมูลของคุณค่าความสำคัญ ของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติอย่างเป็นระบบ
- 6) มีการกำหนดแนวทางการพัฒนาระบบบริหารจัดการที่ชัดเจน โดยให้มีความร่วมมือจากองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนในระดับต่างๆ เช่น ระดับพื้นที่ ระดับจังหวัด ระดับภาค และส่วนกลาง

4.4.2 กำหนดพื้นที่

การกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติอย่างชัดเจน โดยให้มีการจัดแบ่งเขตพื้นที่เพื่อการดำเนินการ โดยมีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- 1) มีการกำหนดเขตพื้นที่จัดการที่ชัดเจน มีการกำหนดวัตถุประสงค์และแนวทางในการจัดการเฉพาะแหล่งธรรมชาติ ที่สอดคล้องกับเป้าหมาย
- 2) มีข้อกำหนดเพื่อการควบคุมและกำกับดูแล การจัดการและการใช้ที่ดินตามวัตถุประสงค์อย่างชัดเจน เนื่องจากลักษณะของแหล่งธรรมชาติแต่ละประเภท หรือแต่ละแหล่งต่างมีองค์ประกอบด้านต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นกายภาพของพื้นที่ กิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ สิทธิการครอบครองในพื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียง สภาพเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น การกำหนดเขตพื้นที่เป้าหมายเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาจึงต้องเป็นการศึกษาในรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ แต่ก็สามารถนำการศึกษาของข้อดีและข้อเสียจากการกำหนดพื้นที่เป้าหมายที่ได้ดำเนินการในพื้นที่อื่นประกอบการพิจารณา ที่สำคัญการกำหนดเขตพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์จะต้องนำผู้รู้ หรือผู้เชี่ยวชาญในลักษณะและรูปแบบของพื้นที่ โดยเน้นเอกลักษณ์ของพื้นที่ รวมทั้งความสำคัญของการพัฒนาและจัดการแหล่งความร้อนใต้พิภพ ซึ่งในส่วนของการพิจารณาและวิเคราะห์ในส่วนนี้ สามารถใช้ระบบการมีส่วนร่วมของประชาชนเข้ามาเป็นองค์ประกอบการพิจารณาหลัก เพราะประชาชนในพื้นที่

สามารถเข้าใจถึงความผูกพันและตำนานต่างๆ ของแหล่งความร้อนใต้พิภพที่ต้องทำการอนุรักษ์ พัฒนาและบริหารจัดการได้ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่

4.4.3 เสนอกลยุทธ์และมาตรการ

การกำหนดกลยุทธ์ที่สามารถนำมาใช้อย่างชัดเจน เช่น กลยุทธ์ทางกฎหมาย กลยุทธ์ การฟื้นฟู กลยุทธ์ในการคุ้มครองและเฝ้าระวัง กลยุทธ์ในการกำกับดูแลกิจกรรมการใช้ที่ดิน กลยุทธ์ ในการส่งเสริมความรู้แก่ประชาชนในท้องถิ่น เป็นต้น ซึ่งต้องศึกษาในรายละเอียดว่า กลยุทธ์นั้นๆ สามารถดำเนินการอย่างบูรณาการกับโครงการพัฒนาอื่นๆ การเสนอกลยุทธ์จะต้องพิจารณาและ วิเคราะห์ผลดีและผลเสียของกลยุทธ์นั้นๆ เพราะการเสนอกลยุทธ์โดยไม่พิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ อาจจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศ และที่สำคัญ กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์จำเป็นต้องให้ ประชาชนสามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้ ซึ่งการที่จะให้กลยุทธ์ประสบผลสำเร็จนั้น ต้องมีการกำหนด มาตรการที่ชัดเจนและสามารถปฏิบัติได้จริง มาตรการในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติอันควร อนุรักษ์และการพัฒนาความร้อนใต้พิภพนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดกลยุทธ์ในการอนุรักษ์แหล่ง เพราะ การเสนอมาตรการหลักนั้น จะต้องเป็นมาตรการที่สามารถปฏิบัติได้ ตามความพร้อมและความจำเป็น แรงจูงใจ เนื่องจาก ตั้งแต่ต้นได้มีการวิเคราะห์และประเมินคุณค่า ศักยภาพและความเสี่ยงของแหล่ง ธรรมชาติ รวมทั้งได้จัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติไว้แล้ว ดังนั้น ผลการประเมินดังกล่าวจะ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์เพื่อการอนุรักษ์ พัฒนาแหล่งธรรมชาตินั้นๆ

การพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพมีความเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการรักษา อัตราเร่งของการพัฒนานี้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ลดต้นทุนการ พัฒนา ส่งเสริมประชาสัมพันธ์ ผลกำไรตอบแทนในการใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ และให้ความรู้ แก่สาธารณะ ภาคการเงินและผู้กำหนดนโยบายโดยผ่านสื่อต่างๆ ทั้งภายในประเทศและระดับ นานาชาติ การเพิ่มการพัฒนาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนเป็นระยะเวลานาน จะมีส่วนช่วยในการลดการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีของประเทศพัฒนาสู่ประเทศพัฒนาน้อยกว่า หรือประเทศ ด้อยพัฒนา จะเป็นส่วนช่วยให้การพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพแพร่หลายมากขึ้น ดังนั้น การ ดำเนินการให้ประสบความสำเร็จสามารถแบ่งออกเป็น 6 ยุทธศาสตร์ (IEA, annual report 2012) ดังนี้

- 1) การส่งเสริม สนับสนุนอย่างจริงจังและได้ผลในการร่วมมือกันวิจัยและพัฒนา โดยจัดโปรแกรมการทำงานร่วมกัน อบรมเชิงปฏิบัติการและการสัมมนา
- 2) การรวบรวม ปรับปรุง พัฒนาและเผยแพร่ข้อมูลการวิจัยและพัฒนาระหว่าง ประเทศสมาชิก IEA และประเทศที่ไม่ได้เป็นสมาชิก
- 3) เพื่อป้องกันเอกลักษณ์ของความร้อนใต้พิภพ โดยการตีพิมพ์ผลการวิจัยและ พัฒนา โอกาสและการพัฒนาเทคโนโลยี ความร้อนใต้พิภพใหม่ๆ อยู่เสมอ
- 4) หาสมาชิกเพิ่มให้กับ Geothermal Implementing Agreement (GIA)
- 5) การส่งเสริม สนับสนุนความตกลงในการทำงานร่วมกันขององค์กรระหว่าง ประเทศภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ตามความเหมาะสม

6) การขยายวงกว้างขึ้นและการเพิ่มขึ้นในการกระจายข้อมูลความร้อนใต้พิภพ และกิจกรรมต่างๆ ที่จัดขึ้นให้แก่ผู้ควบคุมนโยบาย ภาคการเงิน นักวิจัยและสาธารณะชน

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพในอดีต บ่อยครั้งที่ถูกสร้างให้มีขนาดใหญ่เท่าที่ ศักยภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้ดำเนินการศึกษา วิจัยและประเมินไว้ในเบื้องต้น ปัจจุบัน พบว่า ยุทธศาสตร์การพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ ดังกล่าวประสบอุปสรรค ปัญหาหลาย ประการ ซึ่งขอสรุปแบ่งออกเป็น 4 ประการ (Stefanssono, and Grensasvegur, 2001) ดังนี้

1) อัตราเสี่ยงในการเจาะหลุม การเร่งโครงการเพื่อความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ทำให้ต้องลงทุนดำเนินการเจาะหลุมทดสอบและเจาะหลุมผลิตอย่างรวดเร็ว เพื่อก่อสร้าง ติดตั้ง โรงไฟฟ้า เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อพ่วงกับระบบสายส่งไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม ค่าใช้จ่ายในการเจาะอยู่ ระหว่าง ร้อยละ 20-50 ของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ ดังนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโรงไฟฟ้าจึงต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนและใช้เวลาสั้น ซึ่งผลสำเร็จหรือประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำ น้ำร้อนและแรงดันของชั้นกักเก็บ ความร้อนใต้พิภพของหลุมเจาะ การศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ของหลุมเจาะเพียงระยะเวลาสั้นอาจทำให้มีปัญหาระหว่างการผลิตไฟฟ้า เหตุการณ์เช่นนี้ อาจทำให้เกิดข้อขัดแย้งระหว่างผู้ลงทุนเกี่ยวกับ เป้าหมายและขนาดโรงไฟฟ้า การเจาะหลายหลุมในช่วงแรกๆ ของการลงทุนสามารถลดความเสี่ยงในการประเมินความสามารถของแหล่งในการผลิตไฟฟ้า ดังนั้น การเจาะหลุมหลายหลุมภายหลังการ พิสูจน์ทราบข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของแหล่งจะเป็นการลดต้นทุนการลงทุนด้วย

2) ความน่าเชื่อถือ ความรู้เกี่ยวกับความสามารถการผลิตไฟฟ้าของแหล่งและ คุณลักษณะต่างๆ ของแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพต้องใช้เวลาศึกษา สังเกตเป็นระยะเวลานาน เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการวางแผนขนาดของกำลังผลิตไฟฟ้า การทดสอบหลุมผลิตเป็นระยะเวลานาน หลายปี จึงมีความจำเป็น เพื่อให้การประเมินความสามารถกำลังผลิตไฟฟ้ามีความถูกต้อง และ จัดสร้างโรงไฟฟ้าตามขนาดกำลังผลิตนั้นๆ หรืออาจดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้า เพียง 1 โรงก่อน ทำการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ เป็นเวลาหลายปีเพื่อให้มั่นใจว่าแหล่งความร้อนใต้พิภพนั้นมีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเท่าใด จากนั้น จึงดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าอันตามมาในภายหลัง

3) ประวัติศาสตร์ การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพที่ผ่านมาเกือบ ไม่มีการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่กว่า ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของแหล่ง ดังนั้น การทดลองก่อสร้างและติดตั้งโรงไฟฟ้าเพียง 1 โรง ในช่วงแรก เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิต กระแสไฟฟ้าของแหล่ง จึงมีความจำเป็น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิจัยการทำงานของโรงไฟฟ้าโรงแรก จะทำให้เกิดความมั่นใจในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตต่างๆ ต่อไป

4) การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี การศึกษา ฝ้าสังเกตทำให้ทราบว่า การใช้ประโยชน์ ดึงน้ำร้อน ไอน้ำของความร้อนใต้พิภพเป็นเวลานานจะทำให้เอนทัลปีลดลง เป็นผลให้ปริมาณและ แรงดันไอน้ำ น้ำร้อนไม่เพียงพอที่จะไปหมุน ปั่นกังหันหรือใบพัด ซึ่งการสร้างโรงไฟฟ้าเพียง 1 โรง ตามข้อ 2 สามารถลดปัญหานี้ได้ โดยการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดเล็กก่อน เช่น ประเทศไทย อาจเป็น ขนาด 1 เมกกะวัตต์ จากนั้น ทดสอบผลิตไฟฟ้า 2 ปี หากผลการศึกษา ฝ้าสังเกตพบว่า แหล่งความร้อน ใต้พิภพนี้มีกำลังผลิตเท่าใด จึงเริ่มก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ขึ้นมาภายหลัง แผนการสำรวจและ ก่อสร้างโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพในประเทศไอซ์แลนด์ ดำเนินการ 6 ปี ดังนี้

- | | | |
|---|----------|------|
| - การสำรวจ ตรวจสอบเบื้องต้น | ระยะเวลา | 1 ปี |
| - การสำรวจชั้นรายละเอียด | ระยะเวลา | 1 ปี |
| - การเจาะหลุมสำรวจ | ระยะเวลา | 1 ปี |
| - การเจาะหลุมผลิตและการก่อสร้างโรงไฟฟ้า | ระยะเวลา | 3 ปี |

การตัดสินใจก่อสร้างโรงไฟฟ้าควรตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อมูลผลการเจาะสำรวจ อย่างน้อยจำนวน 2 หลุม ที่ดำเนินการในปีที่สาม การเจาะหลุมผลิตและการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิยามดำเนินการพร้อมกัน ภายหลังการสำรวจ 6 ปี และดำเนินการผลิตไฟฟ้า จากนั้น ควรให้เริ่มดำเนินการเจาะหลุมสังเกตการณ์ ดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ วิจัย การผลิตกระแสไฟฟ้า จากข้อมูลต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 ปี แล้วจึงตัดสินใจและ/หรือสรุปศักยภาพความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของแหล่งความร้อนใต้พิภพนั้นๆ จึงดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ขึ้นที่เหมาะสมกับความสามารถการผลิตไฟฟ้าที่ได้มาจากผลการศึกษา ต่อไป

4.4.4 กำหนดระยะเวลาดำเนินการ

การจัดทำแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติและพัฒนาร้อนใต้พิภพ นั้น จะต้องมีการกำหนดระยะเวลาดำเนินการที่ชัดเจน เพื่อให้การอนุรักษ์ พัฒนาสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลการทำงานได้ โดยกำหนดว่า ในช่วงระยะเร่งด่วนจะต้องดำเนินการในการจัดการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติกลุ่มใด และมีวิธีการจัดการอย่างไร ในช่วงระยะเวลาดำเนินการต่อไป จะมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างไร ให้การอนุรักษ์ พัฒนาแหล่งธรรมชาตินี้ประสบผลสำเร็จตรงตามเป้าหมายที่วางไว้

4.4.5 กำหนดหน่วยงานรับผิดชอบระดับต่างๆ

การจัดทำแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ การพัฒนาร้อนใต้พิภพ จำเป็นจะต้องมีการศึกษาในรายละเอียดของหน่วยงานที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ในการศึกษาได้พิจารณาหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ประชาชนในพื้นที่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระดับต่างๆ หน่วยงานระดับจังหวัดและระดับภาค และหน่วยงานกลางที่มีการกำหนดตั้งแต่นโยบายลงไป การกำหนดโครงสร้างขององค์กรที่เกี่ยวข้องในภาพรวมสามารถดำเนินการ โดยพิจารณาตั้งแต่องค์กรระดับประเทศ ซึ่งกำหนดนโยบายการอนุรักษ์ พัฒนารักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระดับต่อมาในระดับหน่วยงานปฏิบัติ ประกอบด้วย หน่วยงานระดับกรม ระดับภาค ระดับจังหวัด ซึ่งหน่วยงานในระดับต่างๆ เหล่านี้จะต้องเป็นหน่วยงานที่จัดทำแผนแม่บท และแผนปฏิบัติ ซึ่งการดำเนินการอาจจะเป็นผู้ดำเนินการเอง หรือให้หน่วยงานระดับท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการ แล้วแต่ลักษณะของประเภทแหล่งธรรมชาติและสิทธิการครอบครอง ในขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนปฏิบัติการนั้น หน่วยปฏิบัติจำเป็นจะต้องให้องค์กรท้องถิ่นระดับต่างๆ และประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม

4.4.6 จัดทำแผนปฏิบัติการ

การอนุรักษ์ พัฒนาแหล่งธรรมชาติที่เป็นความร้อนใต้พิภพ จะต้องมีการจัดทำแผนปฏิบัติการที่ชัดเจน เพื่อให้หน่วยงานสามารถนำไปปฏิบัติได้ ซึ่งควรมีการกำหนดแนวทางการปฏิบัติไว้อย่างละเอียดว่าถ้าจะดำเนินการอนุรักษ์ พัฒนานั้น จะต้องดำเนินการอย่างไร หน่วยงานไหนเป็นผู้รับผิดชอบ เพื่อให้หน่วยงานต่างๆ ที่รับผิดชอบในพื้นที่สามารถนำไปจัดทำแผนและโครงการอนุรักษ์ พัฒนาที่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแผนปฏิบัติการนี้จะประกอบด้วย

- 1) การจัดรูปแบบและโครงสร้างการบริหารองค์กรในทุกระดับ
- 2) การกำหนดอำนาจหน้าที่ขององค์กรที่รับผิดชอบทุกระดับอย่างชัดเจนเหมาะสม
- 3) จัดลำดับความสำคัญของแผนปฏิบัติการในระยะเร่งด่วน ระยะกลางและระยะยาว
- 4) การจัดกำลังคนในการดำเนินการ
- 5) การจัดงบประมาณในการดำเนินการ
- 6) การจัดรูปแบบด้านกฎหมาย

4.4.7 กำหนดหน่วยงานรับผิดชอบ

การอนุรักษ์ วิจัย และพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องมีหน่วยงานประสานงานที่สามารถชี้แนะและกำหนดว่าหน่วยงานใดควรมีบทบาทและหน้าที่อย่างไรบ้าง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะต้องมีการศึกษาในรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ เพราะบางแหล่งอนุรักษ์ความร้อนใต้พิภพ มีหน่วยงานดูแลและอนุรักษ์อย่างชัดเจน แต่บางแหล่งธรรมชาติมีหน่วยงาน รวมทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งในกรณีเช่นนี้ จำเป็นจะต้องมีการกำหนดบทบาทและหน้าที่ของแต่ละองค์กรอย่างเป็นรูปธรรม สำหรับพื้นที่ที่มีหลายหน่วยงานและ/หรือหลายองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับผิดชอบนั้น มีจำเป็นต้องอาศัยการประสานความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้การอนุรักษ์ พัฒนาแหล่งธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงาน หรือให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งการบูรณาการโครงการดังกล่าวจะเป็นผลสำเร็จได้ดี นอกจากนี้ ควรกำหนดเบื้องต้น ความร่วมมือระหว่างประเทศที่มีลักษณะแหล่งคล้ายประเทศไทย

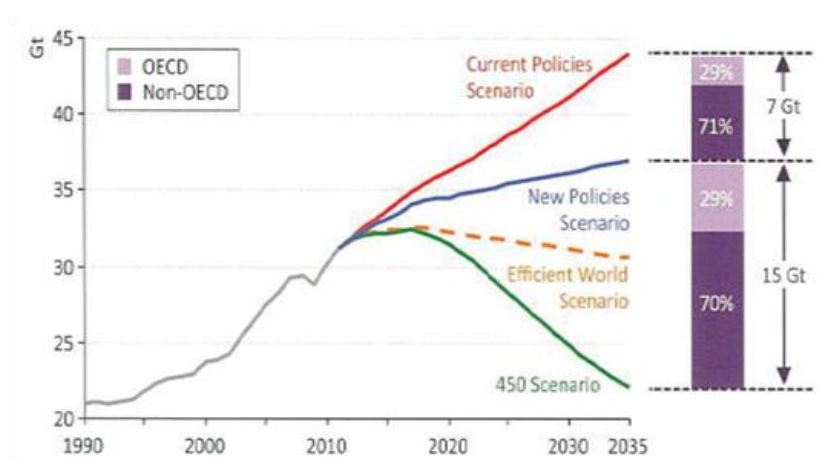
4.4.8 กำหนดงบประมาณ

เมื่อมีการเสนอแนวทางการจัดการและแผนการดำเนินการ ตลอดจนหน่วยงานที่รับผิดชอบที่ชัดเจนแล้ว จำเป็นต้องมีการกำหนดงบประมาณในแผนงานต่างๆ เพื่อให้หน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรงสามารถจัดทำแผนการดำเนินงานได้ โดยจะต้องมีการดำเนินการกำหนดงบประมาณทั้งในระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาว รวมทั้งแหล่งงบประมาณในการดำเนินงาน เพื่อให้การจัดทำแผนการอนุรักษ์ พัฒนาแหล่งธรรมชาติเหล่านี้ มีงบประมาณสนับสนุนอย่างเพียงพอ และมีความชัดเจน

4.5 การผลิตไฟฟ้าของโลกและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ (2557) สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน กล่าวถึง บทวิเคราะห์ภาพอนาคตพลังงานโลกจาก “ทบวงพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) ” รายงานภาพอนาคตพลังงานโลก (World Energy Outlook Series) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้นำเสนอทิศทางการเปลี่ยนแปลงพลังงานทั่วโลกออกเป็น 4 ภาพดังแสดงในภาพที่ 16 และยังคงกล่าวถึงการเจริญเติบโตของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พร้อมวิเคราะห์ให้เห็นถึงบทบาทของภูมิภาคนี้ที่คาดว่าจะสร้างผลกระทบต่อภาพพลังงานโลกอย่างมีนัยสำคัญ โดยหากนับรวมจีนและอินเดียผนวกเข้าไปด้วย จะทำให้เอเชียกลายเป็นผู้เล่นที่มีอิทธิพลอย่างมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงภาพพลังงานของโลกในอนาคต ด้วยศักยภาพการเติบโตทางเศรษฐกิจของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่คาดว่าจะมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่า 3 เท่า ภายในปี ค.ศ. 2035 นอกจากนี้ จำนวนประชากรที่

คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีก 25% จากฐาน 600 ล้านคนในปัจจุบัน ส่งผลให้ความต้องการพลังงานในภูมิภาคเพิ่มขึ้นกว่า 80 % ในปี ค.ศ. 2035 หรือมากกว่าการใช้พลังงานของญี่ปุ่นในปัจจุบัน นอกจากนี้ การมีแหล่งทรัพยากรพลังงานที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังงานหมุนเวียน แต่ละแหล่งจะมีจุดเด่นที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทำให้เมื่อมองในภาพรวมของภูมิภาคจะมีทรัพยากรพลังงานที่ค่อนข้างสมบูรณ์ แต่เมื่อมองไปในแต่ละประเทศ ต่างก็ประสบกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่ต่างกันไป เนื่องจาก ความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น โดยในอนาคตทั้งในภาพรวมของภูมิภาคและหลายประเทศ ต่างมีแนวโน้มที่จะต้องนำเข้าพลังงานหลัก โดยเฉพาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 16 ภาพอนาคตพลังงานโลกจากมุมมองของ IEA

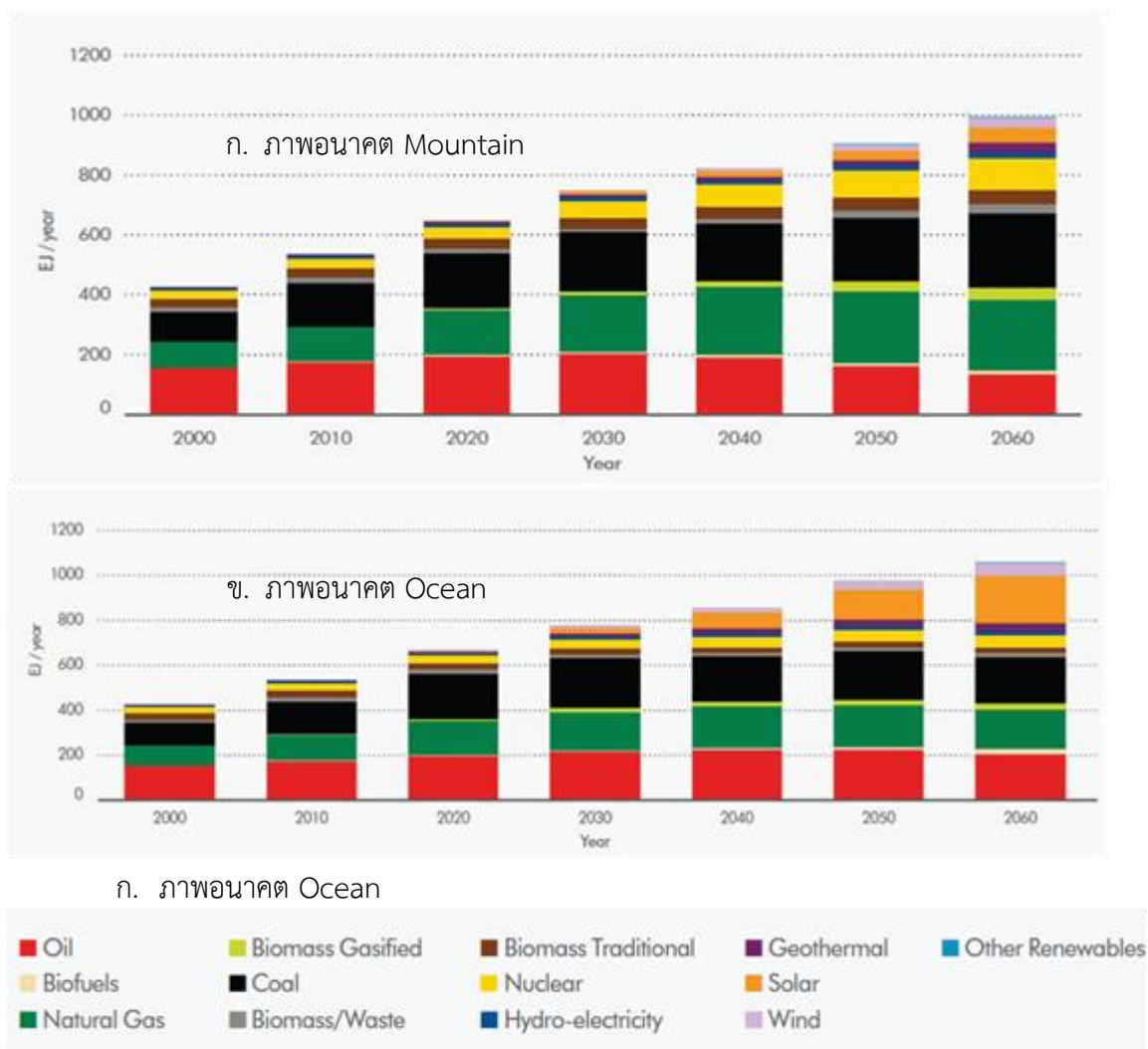
นอกจากนี้ IEA ยังได้เสนอแนะนโยบายที่เป็นกุญแจสำคัญ นำไปสู่การพัฒนาด้านพลังงานอย่างมั่นคงและยั่งยืนในภูมิภาค โดยประเทศต่างๆ ควรเน้น “การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน” เนื่องจาก เป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูงและมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยมาตรการด้านประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้พลังงานในภูมิภาคได้มากกว่าร้อยละ 15 ในปี ค.ศ. 2035 หรือสามารถลดการใช้พลังงานได้มากกว่าการใช้พลังงานของประเทศไทยทั้งประเทศในปัจจุบัน และ การพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน

บทวิเคราะห์ภาพอนาคตพลังงานโลกของ “บริษัทเชลล์” ที่เผยแพร่ล่าสุดใน “Shell New Lens 2013” โดยได้เปิดมุมมอง ทิศทางการเปลี่ยนแปลงพลังงานโลกออกเป็น 2 ภาพ ได้แก่

- 1) ภาพอนาคต Mountain แสดงถึงโลกที่ถูกขับเคลื่อนโดยนโยบายและการวางแผนที่ชัดเจน ถูกกำหนดโดยนโยบายและมาตรการต่างๆ จาก ภาครัฐ และองค์กรต่างๆ
- 2) ภาพอนาคต Ocean แสดงถึงโลกพลังงานที่ถูกขับเคลื่อนด้วยกลไกตลาด การแข่งขัน การเจรจาต่อรองและสร้างอำนาจการแข่งขันเป็นหัวใจพื้นฐานของภาพอนาคตภาพนี้ และบางครั้งอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยด้านการเมือง

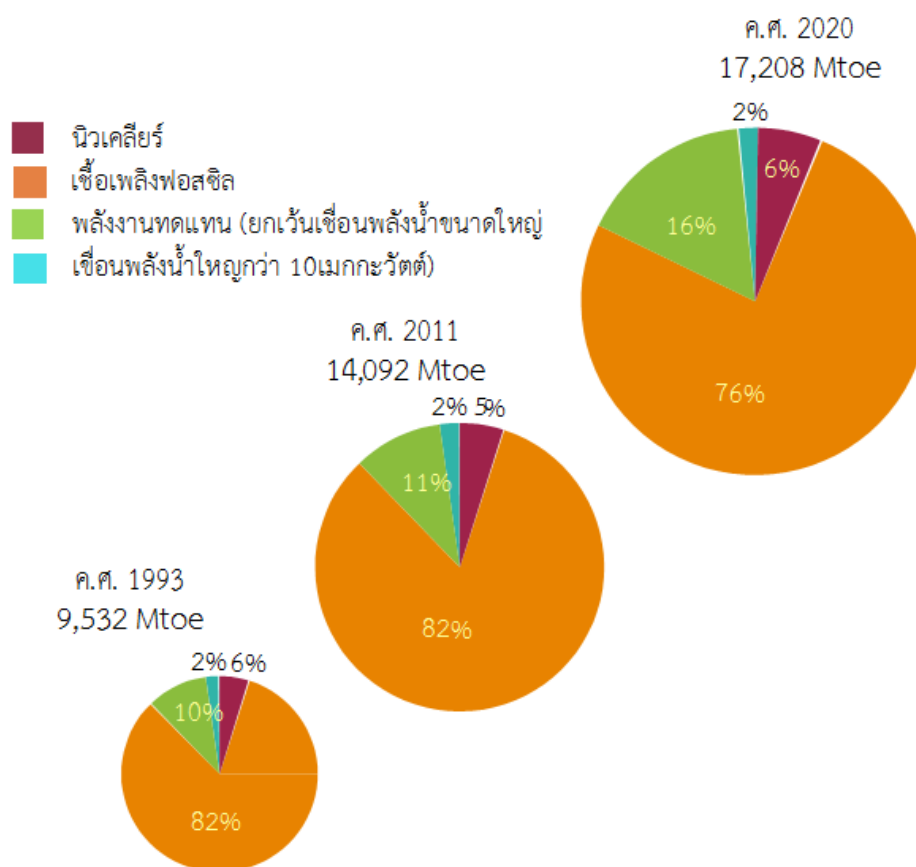
ด้วยแนวคิดดังกล่าว ทำให้โครงสร้างการใช้พลังงานของภาพอนาคตทั้ง 2 แบบ มีทั้งความเหมือนและแตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 17 สิ่งที่สำคัญคล้ายคลึงกันคือ การเติบโตของการใช้และ

การผลิต Unconventional oil and gas รวมถึงพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่างๆ จะมีบทบาทต่อโครงสร้างพลังงานโลกในอนาคตมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เพราะเป็นแหล่งพลังงานใหม่และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



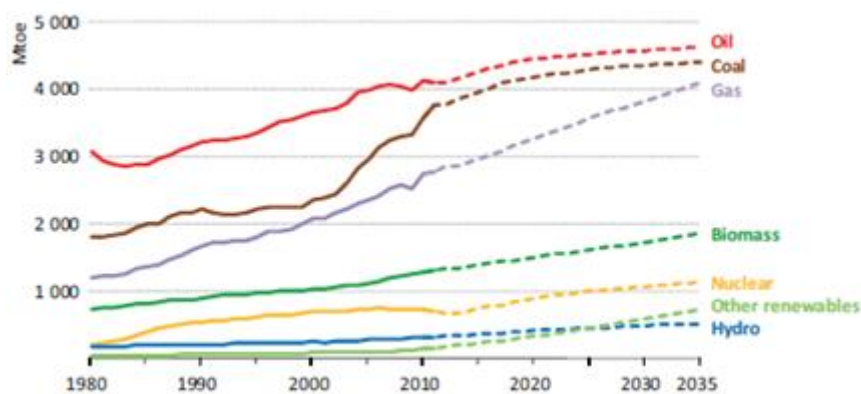
ภาพที่ 17 โครงสร้างการใช้พลังงานขั้นต้น (Total Primary Energy)

ในขณะเดียวกัน WEC (2013) ได้ประเมินว่า การใช้พลังงานทดแทน จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยเพิ่มจาก ค.ศ. 1993 ที่มีการใช้พลังงานทดแทนเพียงร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 11 ในปี ค.ศ. 2011 และร้อยละ 16 ในปีค.ศ. 2020 (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานต่างๆ ในปี ค.ศ. 1993 ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2020
ที่มา: World Energy Council, 2013.

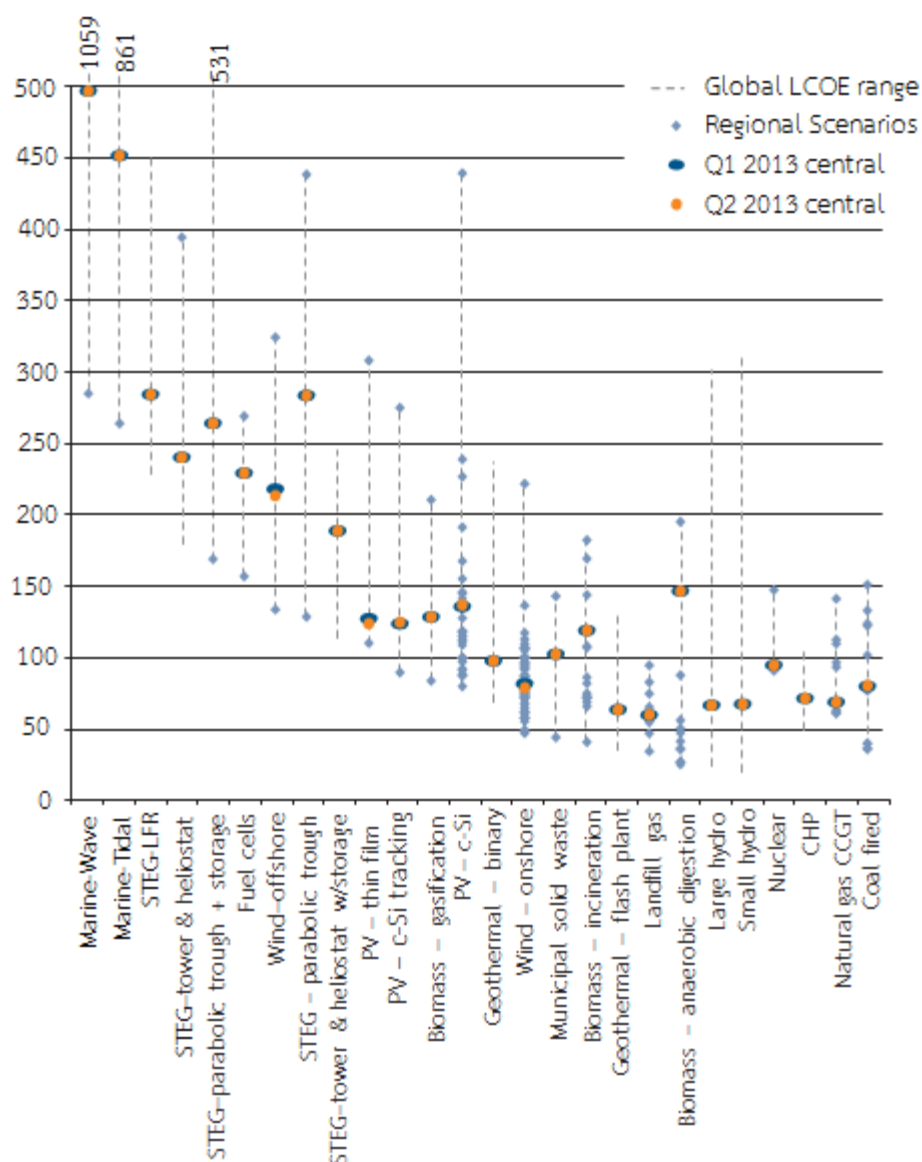
ในภาพรวมทั่วโลก น้ำมันยังเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ แม้ว่าบทบาทการใช้น้ำมันจะลดลงในหลายสาขา โดยเฉพาะการใช้ในเชิงความร้อนในภาคอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากราคาที่สูงกว่าทางเลือกอื่นๆ แต่การใช้น้ำมันสำเร็จรูปในภาคคมนาคมขนส่งยังคงเป็นสิ่งจำเป็นและยังมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ในขณะที่ ก๊าซธรรมชาติกลับมีบทบาทต่อโครงสร้างพลังงานของโลกมากขึ้น อันเนื่องมาจากการก้าวข้ามขีดจำกัดในด้านการขนส่งก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะการซื้อขายข้ามภาคพื้นทวีป จากการเติบโตของก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas: LNG) และการตอบโต้ในเรื่องสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหิน ที่มีข้อด้อยในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ตลาดก๊าซธรรมชาติมีการขยายและต่อ ยอดธุรกิจอย่างต่อเนื่อง ทบวงพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) ได้ประเมินแนวโน้มความต้องการพลังงาน (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แนวโน้มความต้องการพลังงานปรุภูมิจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง
ที่มา: World Energy Outlook 2013, IEA

4.6 ต้นทุนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า

การทำงานร่วมกันระหว่าง World Energy Council (WEC) และ Bloomberg New Energy Finance (BNEF) ในการศึกษาต้นทุนของเทคโนโลยีการใช้ต้นพลังงานต่างๆ ในการผลิตไฟฟ้า (levelised cost of electricity, LCOE) ในที่นี้ LCOE เป็นราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อเมกะวัตต์ที่ใช้คำนวณเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (ภาพที่ 20) ซึ่งจะเห็นได้ว่า การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ต้นพลังงานจากความร้อนใต้พิภพ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เชื้อเพลิง และลม มีราคาต่ำที่สุด ประมาณ 60–80 ดอลลาร์สหรัฐ/เมกะวัตต์-ชั่วโมง ในขณะที่ การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ต้นพลังงานจากโซลาร์ มีต้นทุน ประมาณ 125 ดอลลาร์สหรัฐ/เมกะวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งแพงกว่าเกือบเท่าตัว ดังนั้น รัฐบาลไทยต้องจ่ายเงินชดเชยให้กับโรงไฟฟ้าโซลาร์ มากกว่า 5 บาท/หน่วย



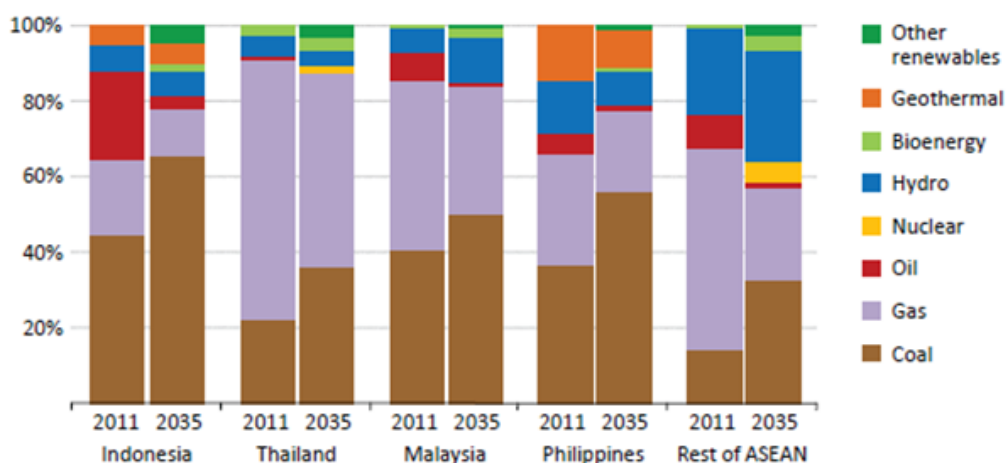
ภาพที่ 20 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตตลอดอายุโรงไฟฟ้า ในช่วง Q1 and Q2 ค.ศ. 2013.

(Global levelised cost of energy in Q2 2013 (หน่วย USD/MWh)

ที่มา: Bloomberg New Energy Finance, WEC2013

4.7 การผลิตไฟฟ้าในประเทศอาเซียนและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต

ประเทศในอาเซียนต่างมีนโยบายที่จะเพิ่มสัดส่วนถ่านหิน ในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น เพื่อกระจายความเสี่ยงจากก๊าซธรรมชาติ (ภาพที่ 21) ส่งผลทำให้ราคาก๊าซถ่านหินในระยะยาว อาจทรงตัวในกรอบแคบ โดย IEA ได้ประเมินและคาดว่าราคาก๊าซถ่านหินน่าจะเฉลี่ยอยู่ในกรอบ 75–110 เหรียญสหรัฐต่อตัน ในปี 2035 (ราคาคงที่ ณ ปี 2011)



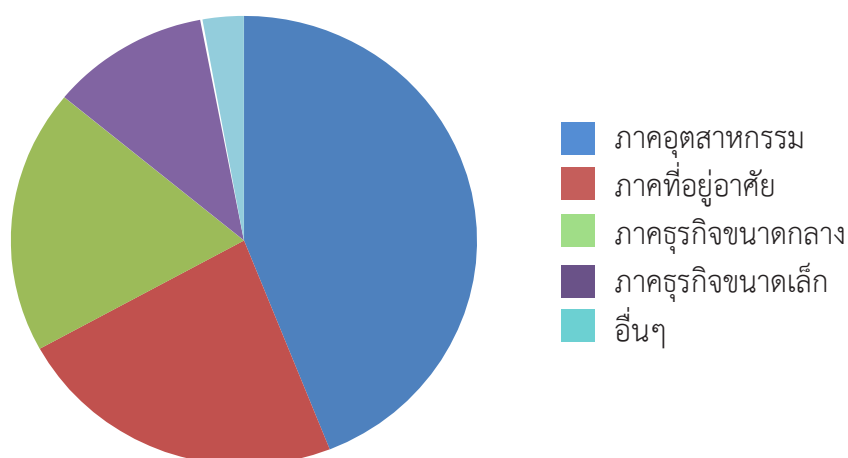
ภาพที่ 21 สัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าในอาเซียน

ที่มา: SEA Energy Outlook 2013, IEA

4.8 การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยและความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต

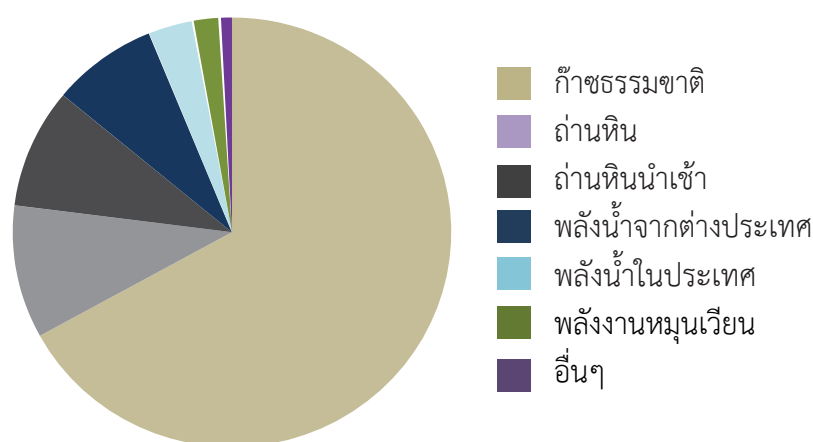
4.8.1 การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิรวม (เฉพาะระบบของ กฟผ.) 173,475 ล้านหน่วย ซึ่งมีค่าสูงกว่าปี 2555 จำนวน 270 ล้านหน่วย หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.16 ส่วนความต้องการไฟฟ้าสูงสุดสุทธิ (Peak) ของประเทศ (เฉพาะระบบของ กฟผ.) ในปี 2556 มีค่าเท่ากับ 26,598 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี 2555 จำนวน 477 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.83 โดยภาคอุตสาหกรรมเป็นผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ตามด้วยภาคที่อยู่อาศัย ภาคธุรกิจขนาดกลาง ภาคธุรกิจขนาดเล็ก และอื่นๆ ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วนโดยประมาณร้อยละ 44, 23, 19, 11 และ 3 ตามลำดับ (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 การใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิของระบบของ กฟผ. พ.ศ. 2556

ในปี พ.ศ. 2556 ระบบของ กฟผ. มีกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา รวม 33,681 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี 2555 จำนวน 1,081 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 3.3 โดยกำลังผลิตส่วนใหญ่มาจากการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนภายในประเทศ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 48 ของกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าของ กฟผ. และการรับซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศคิดเป็นร้อยละ 45 และ 7 ตามลำดับ แต่ เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบของ กฟผ. ยังคงใช้ ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักถึงประมาณร้อยละ 67 รองลงไป คือ ลิกไนต์ ถ่านหินนำเข้า พลังน้ำจากต่างประเทศ พลังน้ำในประเทศ พลังงานหมุนเวียน และอื่นๆ คิดเป็นประมาณร้อยละ 10, 9, 7.8, 3.25, 1.95 และ 1 ตามลำดับ (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบของ กฟผ.

4.8.2 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต

ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า 173,475 ล้านหน่วย เพื่อการพัฒนาประเทศเติบโต ในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทย (เฉพาะระบบไฟฟ้าของ กฟผ.) และมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 26,598 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ ในอีก 17 ปีข้างหน้า (2557–2573) จะมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.9 ต่อปี ซึ่งจะทำให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นประมาณ 1.9 เท่า เมื่อเทียบกับปี 2556 (ภาพที่ 24) ทั้งนี้ เนื่องมาจากการเติบโตในภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ และบ้านอยู่อาศัย เป็นหลัก ดังนั้น การวางแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ (Power Development Plan: PDP) ในระยะยาว ที่จะต้องจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอ เพื่อรองรับการพัฒนาประเทศ พร้อมทั้งต้องพิจารณาถึงความมั่นคงในการจัดหาแหล่งเชื้อเพลิงและความมั่นคงของระบบไฟฟ้า รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ความไม่แน่นอนของสถานการณ์ต่างๆ ทั้งที่สามารถและไม่สามารถคาดการณ์ได้ ล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้ความต้องการไฟฟ้าในอนาคตเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความขัดแย้งทางการเมืองที่ส่งผลต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจประเทศ สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงส่งผลกับการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น



ภาพที่ 24 แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554–2573)

ที่มา: สนพ.

4.8.3 การส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การอนุรักษ์พลังงานเป็นนโยบายที่สำคัญของรัฐบาลเรื่อยมา ตั้งแต่การประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 2535 ความต้องการไฟฟ้าจะมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับ อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ดังนั้น การส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หรือการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand Side Management: DSM) จึงเป็นสิ่งจำเป็น และมีบทบาทสำคัญในการรองรับการเติบโตของความต้องการไฟฟ้าในอนาคต อีกทั้งยังเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ทำให้เกิดสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและสภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน และความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ดังนั้น รัฐบาลต้องกำหนดกำหนดมาตรการและโครงการต่างๆ ที่ทำให้การใช้พลังงานเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น โครงการอุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและอาคารประหยัดพลังงาน และโครงการส่งเสริมการบริหารจัดการพลังงานในองค์กร เป็นต้น

4.8.4 พลังงานหมุนเวียน

พลังงานหมุนเวียนเป็นทางเลือกหนึ่ง ในการกระจายสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ช่วยลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติและลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ (จากข้อมูลในปี 2555 ที่ผ่านมา ประเทศไทยนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ถึง 69,638 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) พลังงานหมุนเวียน เป็นพลังงานที่มีความเป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุสำคัญของสภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานหมุนเวียน ทั้งผลผลิตทางการเกษตร วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร (Crop Residue) และขยะที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ และบางแห่งของประเทศมีศักยภาพพลังงานลมดี จึงเป็นโอกาสที่จะส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนให้กลายเป็นพลังงานที่มีส่วนสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในอนาคต

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนา พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564, Alternative Energy Development Plan: AEDP ค.ศ. 2012–2021) เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนา พลังงานทดแทนของประเทศ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2554 ต่อมา ได้มีการปรับค่าเป้าหมายของแผนให้สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการ การบูรณาการยุทธศาสตร์ ประเทศ (Country Strategy) .ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้นเป็น 13,927 เมกะวัตต์ (จากเดิม 9,201 เมกะวัตต์) ซึ่งประกอบด้วยพลังงานลม 1,800 เมกะวัตต์ พลังงาน แสงอาทิตย์ 3,000 เมกะวัตต์ พลังน้ำ 324 เมกะวัตต์ พลังชีวมวล 4,800 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพ 600 เมกะวัตต์ หลัาเนเปียร์ 3,000 เมกะวัตต์ พลังงานจากขยะ 400 เมกะวัตต์ และพลังงานรูปแบบใหม่ 3 เมกะวัตต์ ซึ่งพลังงานความร้อนใต้พิภพรวมอยู่ในพลังงานรูปแบบใหม่ การปรับค่าเป้าหมายใหม่นี้ ได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2556

4.8.5 ค่าใช้จ่ายและต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าประเมินโดยตรงจาก ต้นทุนค่าก่อสร้าง การบำรุงรักษา และ ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต สมมติฐานสำหรับการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้า แต่ละประเภท แสดงในภาพที่ 25

Technology	Technical Assumption				Cost Assumption			
	Size	Life time	Efficiency	Capacity Factor	Capital	Fixed O&M	Varied O&M	Fuel Cost
	MW	yr	%	%	M.THB/MW	THB/kw	THB	
Hydro power ²	1000	50	38	45	85.0	0.04	0.13	0
Thermal: Oil-fired ¹	700	30	35	80	37.4	0.17	0.14	335
Thermal: Coal-fired with FGD ¹	800	30	35	90	52.7	0.37	0.22	136
Thermal: Coal-fired (CCS)	800	30	35	90	89.5	0.37	0.22	136
Combined cycle ¹	800	25	45	90	24.7	0.15	0.13	250
Gas turbine ¹	250	20	35	90	13.0	0.02	0.06	250
Nuclear ¹	1000	60	35	90	105.0	0.73	0.53	17
Biomass ²	80	30	35	50	47.6	1.47	0.25	159
Biogas ²	10	30	30	50	80.8	1.47	1.20	0
Waste ²	10	30	30	50	47.6	1.47	0.25	159
Wind ²	10	20	15	20	56.6	0.82	0.65	0
PV ²	5	20	15	15	175.0	0.42	0.03	0

ภาพที่ 25 ต้นทุนและคุณลักษณะของการผลิตไฟฟ้าแต่ละประเภท
ที่มา กฟผ.

4.9 สถานการณ์ปัจจุบันและอนาคตการพัฒนาความร้อนใต้พิภพ

การลงทุนพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน เช่น ความร้อนใต้พิภพ ทำให้เกิดการสร้างงาน การขยายตัวของเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค ถิ่นทุรกันดารและห่างไกลความเจริญ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ระดับประเทศ รัฐบาลควรให้การสนับสนุน ส่งเสริมพัฒนาใช้ประโยชน์พลังงานความร้อนใต้พิภพที่เป็นพลังงานที่สะอาด มีกระจายอยู่ทั่วประเทศ อย่างจริงจัง ภายใต้คำขวัญที่ว่า “พุน้ำร้อนอยู่ที่ไหน ต้องพัฒนาร่วมกัน เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อชุมชน ท้องถิ่น และประเทศโดยรวม”

ปัจจุบัน องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น อุทยานแห่งชาติ และเอกชน ได้พัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนที่คิดว่ามีศักยภาพ เป็นแหล่งท่องเที่ยว เชิงสุขภาพ การพัฒนาที่ไร้กรอบ หรือระเบียบ อาจทำให้แหล่งพุน้ำร้อน เกิดการปนเปื้อน และเสื่อมเสีย ในระยะยาว กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ควรเป็นหนึ่งในผู้นำการศึกษา วิจัย และจัดลำดับความสำคัญของศักยภาพแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศ ตลอดจน การพัฒนาใช้ประโยชน์โดยตรงแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ แบบโครงการเอนกประสงค์ ด้านสร้างห้องอบแห้ง สร้างห้องอบเย็น และสร้างเรือนกระจกสำหรับปลูกต้นไม้ (greenhouse) เมืองหนาว และพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ นันทนาการ นอกจากนี้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ ควรมีบทบาทในการกำหนดปริมาณน้ำ ที่ควรนำขึ้นมาใช้ และการสร้างเป็นแหล่งนันทนาการเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพด้วย

อนึ่ง องค์การบริหารส่วนตำบลที่มีแหล่งพุน้ำร้อนอยู่ ได้พยายามพัฒนาพุน้ำร้อนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวเข้ามาในพื้นที่เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชน

ถ้าได้รับแรงผลักดันจากภาครัฐ และกำลังสนับสนุนจากภาคประชาชน แหล่งความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย จะได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว ดังนั้น อนาคตสำหรับการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยเป็นอย่างน้อย ได้แก่

4.9.1 ความต้องการพลังงาน

ความต้องการพลังงานคงต้องมีมากขึ้นเรื่อยๆ トラบใดที่เศรษฐกิจกำลังเติบโต และจำนวนประชากรยังคงเพิ่มขึ้น พื้นฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและเทคโนโลยีที่ต้องใช้พลังงาน ผลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนส่วนใหญ่ เห็นด้วยกับนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน (renewable energy) ที่สะอาด

4.9.2. จำนวนของความร้อนใต้พิภพที่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์

การใช้พลังงานในรูปเก่าที่สกปรก และเป็นพิษภัยต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้สังคมตอบรับการใช้พลังงานทดแทนที่สะอาดกว่า แม้ว่าจะมีต้นทุนที่สูงกว่า การนำความร้อนใต้พิภพที่มีจำนวนมากพอสมควรมาใช้ประโยชน์ โดยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย มีการสนับสนุนการวิจัยอย่างจริงจัง เพื่อพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนในกิจกรรมด้านอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ให้มากยิ่งขึ้น การสำรวจความร้อนใต้พิภพอย่างต่อเนื่อง จะทำให้มีการพบจำนวนแหล่งที่จะนำมาใช้ประโยชน์ (inventory) มากขึ้น

4.9.3. การแข่งขันทางด้านราคา

การแข่งขันด้านราคาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ผลผลิตของเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ (น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) ที่ซื้อ-ขายล่วงหน้าโดยตลาดกลางระหว่างประเทศ ทำให้มีการเก็งกำไร ราคาเชื้อเพลิงจึงค่อนข้างผันผวน แต่แหล่งความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานที่เคลื่อนย้าย

ลำบากต้องใช้ประโยชน์ ณ แหล่ง หรือบริเวณที่เป็นต้นกำเนิดนั้นๆ ดังนั้น ราคามูลค่าของเชื้อเพลิง ความร้อนใต้พิภพจึงสามารถคาดการณ์ได้ และมีความคงที่ นอกจากนี้ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพแข่งขันได้กับเชื้อเพลิงแบบเก่า

แหล่งความร้อนใต้พิภพซึ่งเหมือนกับพลังงานทดแทนอื่นๆ จำเป็นต้องมีการสำรวจ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกเพื่อที่จะเข้าถึง ความร้อน น้ำร้อน และไอน้ำ แต่ราคามูลค่าของเชื้อเพลิงความร้อน ใต้พิภพสามารถคาดการณ์ได้และมีความคงที่ (predictable and stable) เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ จะมีมูลค่าสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณสำรองใกล้จะหมด

จำนวนเงินที่เราจ่ายให้กับก๊าซธรรมชาติ และการใช้ไฟฟ้าเป็นราคาโดยตรง แต่การใช้ พลังงานนี้ยังมีมูลค่าทางอ้อมที่ต้องจ่าย อันเนื่องมาจากข้อกำหนดของสังคม ยกตัวอย่างเช่น เราต้องจ่าย เม็ดเงินเป็นมูลค่ามหาศาลในการจะแก้ปัญหาอันเนื่องมาจาก สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยน มลพิษ จากอากาศ ทางน้ำ ดิน การหาที่เก็บกากของกัมมันตรังสี ความร้อนใต้พิภพสามารถจะแข่งขัน ทางด้านค่าใช้จ่ายโดยตรงนี้กับเชื้อเพลิงทั่วไปในบางพื้นที่ และยังเป็นพลังงานที่สะอาด เป็นพลังงาน ธรรมชาติดั้งเดิม มีแหล่งทดแทน ปราศจากค่าใช้จ่ายแอบแฝงจากปัจจัยภายนอก จากการสำรวจ ความคิดเห็นของประชาชนส่วนใหญ่ลงความเห็นว่า พวกเขายอมจ่ายแพงกว่าสักหน่อย เพื่อที่จะใช้ พลังงานทดแทนที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างความร้อนใต้พิภพ

4.10 กลยุทธ์ในการสำรวจและพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าประเทศไทยไม่ได้อยู่ในขอบเขตบริเวณธรณีวิทยาแปรสัณฐาน (plate boundary) หรือบริเวณที่พบภูเขาไฟมีพลัง แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพเกิดอยู่ร่วมกับรอยเลื่อน อุณหภูมิของแหล่งกักเก็บที่สูงกว่า 200 องศาเซลเซียส จะอยู่ในระดับที่ค่อนข้างลึก อาจลึกถึง 4 กิโลเมตร การลงทุนสำรวจพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจึงมี ราคาค่อนข้างสูง

ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงในการลงทุนพัฒนาความร้อนใต้พิภพที่ระดับลึก โดยมี วัตถุประสงค์ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่า 10 เมกกะวัตต์ การพัฒนาความร้อนใต้พิภพที่ระดับตื้น ที่แหล่งกักเก็บความร้อนมีความลึกน้อยกว่า 2,000 เมตร อุณหภูมิของน้ำร้อนประมาณ 150 องศา เซลเซียส เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาดเล็ก เช่น 3 เมกกะวัตต์ ให้เพียงพอสำหรับใช้ในท้องถิ่น ทุกรันดาร์ที่ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงยังเชื่อมโยงไปไม่ถึง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการพัฒนาใช้ ประโยชน์ในประเทศไทย กลยุทธ์ที่ต้องคิดไว้ใน การสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพที่ระดับตื้น ได้แก่

1) ถ้าสำรวจพบว่าแหล่งความร้อนใต้พิภพให้พลังงานเพียงพอ เหมาะสำหรับการผลิต ไฟฟ้าก็ให้ดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าระบบสองวงจร เช่นเดียวกับแหล่งความร้อนใต้พิภพฝาง พร้อมทั้งพัฒนาเป็นโครงการอเนกประสงค์ใช้ประโยชน์น้ำร้อนโดยตรง เพื่อกิจการด้านเกษตรกรรม และการท่องเที่ยว

2) ถ้าแหล่งความร้อนใต้พิภพ ตามข้อ 1 ให้พลังงานไม่เพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าก็ให้ คำนึงถึงการพัฒนาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การสร้างห้องเย็น เรือนกระจกสำหรับปลูกพืชในเขต ประเทศหนาว (green house) ห้องอบแห้ง หรืออุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอื่นที่สนับสนุนการ

ดำรงชีวิตของประชาชนในท้องถิ่น นั้นๆ ตลอดจน การพัฒนาเป็นแหล่งสันตนาการ หรือสถานที่ท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ เพื่อเป็นการสร้างอาชีพ เพิ่มรายได้ให้กับท้องถิ่น ต่อไป

อนึ่ง การลงทุนใช้แหล่งพลังงานทดแทนในประเทศอย่างความร้อนใต้พิภพทำให้เกิดการสร้างงาน การขยายตัวของเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคที่ทุรกันดารและห่างไกลความเจริญ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาทางเศรษฐกิจระดับประเทศ รัฐบาลควรให้การสนับสนุน ส่งเสริมพัฒนาใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพที่เป็นพลังงานที่สะอาด มีกระจายอยู่ทั่วประเทศ อย่างจริงจัง

ผู้เขียน เห็นว่า กรมทรัพยากรธรณีควรเป็นหนึ่งในผู้นำทางการศึกษา วิจัย และจัดการ เรื่องศักยภาพแหล่งความร้อนใต้พิภพในประเทศ ตลอดจนการพัฒนาใช้ประโยชน์โดยตรงแหล่งความร้อนใต้พิภพ ด้านสร้างห้องอบแห้ง สร้างห้องอบเย็น และสร้างเรือนกระจกสำหรับปลูกต้นไม้ (greenhouse) เมืองหนาว โดยที่เรือนกระจกนี้จะควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ประมาณ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ กรมทรัพยากรธรณีควรมีบทบาทในการกำหนดปริมาณน้ำร้อนที่ควรนำขึ้นมาใช้ และการจัดการด้านพุน้ำร้อนและน้ำร้อน เพื่อการก่อสร้างเป็นแหล่งสันตนาการ เพื่อการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

4.11 ข้อเสนอแนะ

กระทรวงพลังงานได้วางแผนพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25 ในช่วงเวลา 10 ปีข้างหน้า หรือ ระหว่าง พ.ศ. 2555–2564 ในขณะที่ การใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าของโลกจะเพิ่มเป็นร้อยละ 16 ในปี พ.ศ. 2563 การบรรลุการลงทุนพัฒนาพลังงานทดแทนในด้านของความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย ควรมีการดำเนินการ ดังนี้

1) พลังงานทดแทน เป็นพลังงานสะอาด และเป็นแนวโน้มการใช้พลังงานในอนาคตของโลก เทียบกับพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ดังนั้น รัฐบาลควรประชาสัมพันธ์พลังงานทดแทนที่สามารถพัฒนาในประเทศไทย

2) รัฐบาลต้องกำหนดเจ้าภาพในการพัฒนา ใช้ประโยชน์ความร้อนใต้พิภพ เพื่อหาหน่วยงานทำหน้าที่เป็นผู้กำกับ ดูแล การร่างกฎหมาย ระเบียบต่างๆ คู่มือการปฏิบัติ พร้อมเตรียมความพร้อมเพื่อให้หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชน รับทราบ เตรียมวางแผนการปฏิบัติ พร้อมทั้งให้ทุนในการวิจัย เพื่อพัฒนาโรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ

3) กระทรวงพลังงาน ได้ให้เงินชดเชยการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ 6 บาท/หน่วย (baht/kwhr) ดังนั้น ความร้อนใต้พิภพซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพบ้าง ควรได้รับเงินชดเชยเช่นกัน แต่อาจไม่ต้องสูงเท่าโซลาร์เซลล์ กระทรวงพลังงานควรมีแผนการให้เงินชดเชย การผลิตไฟฟ้าจากต้นกำเนิดพลังงานทดแทนทุกประเภท ที่อยู่ในแผนการใช้พลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงาน

4) กระทรวงต่างประเทศ ควรประชาสัมพันธ์ให้ประเทศพัฒนาแล้ว ที่วางแผนการใช้พลังงานทดแทน แผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วงศตวรรษนี้ ประมาณ 2 องศา (2 degree Celsius) ว่าประเทศไทยมีแผนการใช้พลังงานทดแทน เพิ่มร้อยละ 25 ซึ่งสูงกว่ากรอบการใช้พลังงานทดแทนของโลก และควรให้ประเทศไทยได้รับเงินช่วยเหลือในการวิจัย พัฒนา พลังงานทดแทน ตลอดจน เครดิตประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

บรรณานุกรม

หนังสือและเอกสารภาษาไทย

- “คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ วันศุกร์ที่ 12 กันยายน 2557.” ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 131. ตอนพิเศษ 180 ง. 12 กันยายน 2557.
- “ประกาศสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี เรื่อง แผนการบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ.2554-2558 รัฐบาล นางสาวยิ่งลักษณ์ ชินวัตร นายกรัฐมนตรี.” ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128. ตอนพิเศษ 109 ง. 21 กันยายน 2554.
- “พระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550.” ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124. ตอนที่ 89 ก. 10 ธันวาคม 2550.
- กรมทรัพยากรธรณี. บทสรุปสำหรับผู้บริหาร: แผนแม่บทการบริหารทรัพยากรธรณี ยกเว้นในส่วน
ของชาติกิตติมศักดิ์. โครงการกำหนดนโยบายและแนวทางการบริหารจัดการแหล่งอนุรักษ์
ทางธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ, 2553.
- _____. พระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. 2551. กรุงเทพฯ, 2551.
- _____. พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ 2) พร้อมด้วยกฎกระทรวง ประกาศกระทรวง และ
ประกาศกรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ, 2535.
- _____. แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย: รายงานการสำรวจ ฉบับ
ที่ 1. กรุงเทพฯ, 2530.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ยุทธศาสตร์กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อมที่ปรับปรุงใหม่ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ประเทศ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.
2556-2561. กรุงเทพฯ, 2556.
- กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-
2564). กรุงเทพฯ, 2555.
- _____. ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2556-2560. ประกาศกระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ,
2556.
- มานพ รักษาสกุลวงศ์ และ สมาน จาตุรงค์วนิชย์. แผนที่แหล่งน้ำพุร้อนประเทศไทย แสดงแหล่ง
น้ำพุร้อนและเส้นชั้นการไหลถ่ายความร้อน มาตราส่วน 1: 2,500,000. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพฯ: กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 2544.
- _____. “ความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย: พลังงานทางทดแทนทางเลือก.” รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สทพ. 2 1/2556. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม.

ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ:

ราชบัณฑิตยสถาน, 2544.

วรรณภา จ่าราช. “คุณลักษณะทางเคมีแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย.” รายงานวิชาการ ฉบับที่ 10/2546. กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร.

โครงการแนวทางการจัดทำแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ, 2547.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555–2573 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน, 2555.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์. “บทที่ 1 ภาพอนาคตพลังงานโลก และ บทที่ 2 สถานการณ์พลังงานไทย.” ใน ภาพอนาคตพลังงานไทย 2557 (Thailand Energy Outlook 2014).

กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2557.

หนังสือและเอกสารภาษาอังกฤษ

Axelsson, G. A., Gudmundsson, B., Steingrimsen, G., Palmason, H., Armannsson, H., Tulinius, O. G., Flovenz, S., Bjornsson and Stefansson, V. “Sustainable production of geothermal energy: suggested definition: IGA–News.” Quarterly 43 (January–March 2001): 1–2.

Axelsson, G. A., Stefansson, V., Bjornsson, G. and Liu, J. Sustainable Management of Geothermal Resources and Utilization for 100–300 Years. Proceedings World Geothermal Congress 2005. Turkey: Antalya, 2005.

Axelsson, G., V., Stefansson, V. and Xu, Y. Sustainable management of geothermal resources. Proceedings of the International Symposium on Geothermal and the 2008 Olympics in Beijing. Beijing, 2002.

Bertani, R. Geothermal Energy–An Overview on Resources and Potential. Proceedings of the International Conference on National Development of Geothermal Energy Use. Slovakia, 2009.

_____. Geothermal power generation in the world 2005–2010 update report. Proceedings World Geothermal Congress. Indonesia: Bali, 2010.

_____. Geothermal power generation in the world 2010–2014 update report. Proceedings World Geothermal Congress. Australia: Melbourne, 2015.

_____. World geothermal generation in 2007. Proceedings European Geothermal Congress. Germany: Unterhaching, 2007.

Brown, G. Geothermal energy. in G. Boyle (ed.) renewable energy–power for a sustainable future. Oxford university press, 1996.

- Bunopas, S. and Vella, P. "Opening of the gulf of Thailand–Rifting of Continental Southeast Asia and late Cenozoic tectonics." Jnl of Geological Society of Thailand 6, (1983): 1–12.
- Chaturongkawanich, S., Wongwanich, T., and Chuaviroj, S. Geology of Amphoe Fang, Changwat Chiangmai scale 1:15,000. Bangkok: Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, 1980.
- Curry, J.R., Moore, D.G., Lawver, L.A., Emmel, F.J., Raitt, R.W., Henry, M., and Kieckhefer, R. "Tectonics of the Andaman Sea and Burma–Geological and geophysical investigations of continental margin." American Association of Petroleum Geologist, Memoir 29 (1978): 189–198.
- DiPippo, R. Geothermal Power Plants. Principles, Applications and Case Studies, Elsevier. U.K.: Oxford, 2005.
- Electric Generating Authority of Thailand (EGAT). Fang geothermal power plant. Brochure prepared by Information Section. Bangkok: EGAT, 1998.
- Fournier, R. O. "Application of water geochemistry to geothermal exploration and reservoir engineering." in Rybach, L., and Muffler, L.J.P. (eds.). Geothermal systems: Principles and case histories. New York: John Wiley & Sons Inc., 1981.
- Fournier, R.O. and Truesdell, A.H. "An empirical Na–K–Ca geothermometer for natural waters." Geochim. Cosmochim Acta 37 (1973): 1255–1275.
- Geothermica Italiana Srl. Geothermal reconnaissance survey of northern Thailand. UNDP final report, Project No. THA/002/1982, PISA, 1984.
- International Energy Agency (IEA). Geothermal energy annual report 2010. Implementing Agreement for Cooperation in Geothermal Research & Technology, 2012.
- _____. Key World Energy Statistics 2011. France: OECD/IEA, Paris, 2011.
- _____. World energy outlook 2014. London, 2014.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). Final report on pre-feasibility study for the San Kamphaeng geothermal development project in the kingdom of Thailand. Tokyo: JICA, 1988.
- Kagel, A., Bates, D. and Gawell, K. A Guide to Geothermal Energy and the Environment. Washington D.C.: Geothermal Energy Association, 2005.
- Korjedee, T. and Prasatkhetwittaya, W. Excursion guide technical visit to Fang and Mae Chan–12th meeting on geothermal power development. Chiang Mai: ASEAN Power Utilities/Authorities, 1997.

- Lerdthusnee S., Ounchanum, P., Singharajwarapan, S. and Hararuck, M. Geology of Fang geothermal manifestation. Chiangmai university report, Chiangmai, 1990 (unpublished) .
- Massachusetts Institute of Technology. The future of Geothermal Energy Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century—An assessment by an MIT-led interdisciplinary panel. Under DOE Idaho Operations Office Contract DE-AC07-05ID14517. USA.: Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- Narkswasdi, J. Fang binary cycle power plant. Paper submitted to 9th Asean geothermal meeting. Baquio: Philippines, 1990.
- Raksaskulwong, M. Current issues of the hot spring distribution map in Thailand. Proceedings of World Geothermal congress 2000, Japan, 2000, IGA and AIST, 2000a.
- _____. Geothermal energy development and utilization in Thailand. Proceedings of Asia Geothermal Symposium. Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, 1999.
- _____. Guidebook for excursion—The San Kamphaeng, Fang and Mae Chan Geothermal Fields. 3rd Asia Geothermal Symposium, Bangkok, 2000. CCOP and AIST, Thailand, 2000b.
- Raksaskulwong, M., and Thienprasert, A. “Heat flow studies and geothermal energy development in Thailand.” in Gupta, M.L., and Yamano, M. (eds.). Terrestrial Heat flow and geothermal energy in Asia. New Delhi: Oxford & IBH publishing, 1995.
- Ramingwong, T., Ratanasthien, B., Wattananikorn, K., Tantisukrit, C., Lerdthusnee, A., Thanasutipitak, T. and Pitragool, S. Geothermal resources of northern Thailand—San Kamphaeng, Fang and Mae Chan geothermal system. Chiang Mai University, 1980.
- Ratanasthien, B., Ramingwong, T., Tansakul, L., and Bhotirungsiyakom, C. “Origin of thermal fluids in Fang and San Kamphaeng geothermal systems of Thailand as indicated by isotopic hydrogeology.” Journal of Geological Society of Thailand 9, 1–2 (1988): 97–107.
- Stefansson, V. and Axelsson, O. Sustainable utilization of geothermal resources through stepwise development. Submitted to World Geothermal Congress 2005.

- Stefansson, V. and Grensasvegur, O. Invesment cost for geothermal power plant. Proceeding of the 5th Inaga Annual Scientific Conference & Exhibitions. Indonesia: Yogyakarta, 2001.
- Stefansson, V. World geothermal assessment. Proceedings World Geothermal Congress 2005. Turkey: Antalya, 2005.
- Stefansson, V., Axelsson, G., Sigurdsson, O. and Kjaran, S.P. Geothermal reservoir management in Iceland. Proceedings of the World Geothermal Congress 1995. Italy: Florence, 1995.
- Takashima, I. and Jarach, W. "Isotope geochemistry of six geothermal fields in northern Thailand." Bulletin of Geological Survey of Japan 38 (1987): 33–39.
- Takashima, I., Honda, S. and Raksaskulwong, M. Heat sources and hydrothermal systems of non-volcanic geothermal resources in northern Thailand, in Honda S., Ed., Origin and reservoir characteristics of non-volcanic geothermal resources of northern Thailand. Japan: Akita Univ., 1989.
- Thienprasert A. and Raksaskulwong, M. "Heat flow in northern Thailand." Tectonophysics 103 (1984): 217–233.
- Thienprasert, A., Surinkum, A. and Matsubayashi, Q. Preliminary study of heat generation in Thailand. Report for the international workshop on terrestrial heat flow studies and structure of lithosphere, Prague, 1982.
- Tiwari, G. N. and Ghosal, M. K. Renewable Energy Resources. Basic Principles and Applications, Alpha Science Int'l Ltd., ISBN 1–84265–125–0, 2005.
- Vella, P. "Tensional faults in Tertiary strata, Mae Moh, Thailand." Journal of Geological Society of Thailand 6 (1983): 13–15.
- World energy counsil. New renewable energy resources. London: Kogan Page, 1994.
- _____. World energy resources 2013 survey. London, 2013.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dmf.go.th>.
- กรมทรัพยากรธรณี. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dmr.go.th>.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dgr.go.th>.
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dpim.go.th>.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.mnre.go.th>.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.egat.or.th>.

BloomBerg New Energy Finance. Global Renewable Energy Market Outlook 2013: fact pack [Online]. 23 Apr 2013. Available from: <http://about.bnef.com/presentations/global-renewable-energy-market-outlook-2013-fact-pack/>.

IPENZ Engineers New Zealand. ข้อมูลจากเว็บไซต์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ipenz.org.nz>

Lucy Birmingham. Geothermal: A More Grounded Power Source for Japan? [Online]. Available from: <http://science.time.com/2011/04/13/geothermal-a-more-grounded-power-source-for-japan/>.

Wikipedia. Binary cycle [Online]. 10 April 2015, Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_cycle.

_____. Geothermal electricity [Online]. 1 August 2015. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_electricity.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลแสดงแหล่ง ลักษณะทางกายภาพ แบบการเกิดและศักยภาพพลังงาน
ของแหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย

ตารางที่ 8 ข้อมูลแสดงแหล่งลักษณะทางกายภาพ แบบการเกิดและศักยภาพพลังงาน ของแหล่งพุร้อนในประเทศไทย

ลำดับ	แหล่งพุร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
1	โป่งนาคำ	บ้านโป่งนาคำ	ดอยฮาง	เมือง	เชียงราย	พบเป็นบ่อซีมน้ำร้อน เกิดในที่ลุ่มน้ำขังในนาข้าว พบหินโผล่ของหินทรายสีแดง และหินดินดานที่บริเวณเนินเขาใกล้กับแหล่งพุร้อน อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	65	type II	สูงปานกลาง
2	ยางผาเคียว	บ้านโป่งยางผาเคียว	ดอยฮาง	เมือง	เชียงราย	พุร้อนเกิดบริเวณต้นแม่น้ำกก เป็นชนิดบ่อน้ำร้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เมตร และ 10 เมตรต่อกันเป็นเลขแปด พุร้อนจะผุดขึ้นมาในหินแกรนิตยุคไทโรแอซิก อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 5.5 ลิตร/วินาที มีการระเหยเป็นไอสูงมาก	85	type I	สูงปานกลาง
3	โป่งน้ำร้อน	บ้านผาเสริฐ	ดอยฮาง	เมือง	เชียงราย	พุร้อนเกิดตามแนวร่องห้วยโป่งน้ำร้อน แล้วไหลลงแม่น้ำกก พบบ่อน้ำร้อนบ่อหนึ่งและบ่อน้ำซึม ตามลำน้ำมีพวกแรซิลิกา เป็นแร่ที่มีการเปลี่ยนสภาพ มีอัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 1 ลิตร/วินาที	80	type I	สูงปานกลาง
	ห้วยหมากเลี่ยม	อุทยานลำน้ำกก	ดอยฮาง	เมือง	เชียงราย	พุร้อนเกิดตามแนวร่องห้วยโป่งน้ำร้อน แล้วไหลลงแม่น้ำกก พบบ่อน้ำร้อนบ่อหนึ่งและบ่อน้ำซึม ตามลำน้ำมีพวกแรซิลิกา เป็นแร่ที่มีการเปลี่ยนสภาพ มีอัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ ? ลิตร/วินาที		type I	สูงปานกลาง
4	แม่จัน	บ้านห้วยยาโน		แม่จัน	เชียงราย	พุร้อนเกิดตามรอยเลื่อนแนวตะวันออก-ตะวันตกของน้ำแม่จัน หินโผล่ได้แก่ หินแกรนิตอายุไทรแอซิก พบเป็นบ่อน้ำเดือด บ่อน้ำร้อน พุร้อนและบ่อน้ำซึม พบก๊าซในบางบ่อ พบลักษณะของการเปลี่ยนสภาพเป็นพวก sinter scree talus อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 12 ลิตร/วินาที	93	type I	สูงมาก
5	โป่งปู่เฟื่อง	บ้านโป่งปู่เฟื่อง	แม่สรวย	แม่สรวย	เชียงราย	พุร้อนเป็นชนิดบ่อน้ำร้อน จำนวน 3 บ่อ เกิดบนที่ราบระหว่างหุบเขา พบก้อนหินมนใหญ่ของหินพวกแร่ควอร์ตซ์และหินแกรนิตเนื้อละเอียด ซึ่งมีหินเศษชิ้นของหินชนวน อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที หลุมเจาะ 2 หลุม น้ำ 7 ลิตร/วินาที	72	type I	ต่ำ
6	สบโป่ง	บ้านสบโป่ง		เวียงป่า	เชียงราย	พุร้อนเกิดที่ราบริมแม่น้ำและบริเวณท้องน้ำของน้ำแม่ลาว พุร้อนเป็นชนิดบ่อน้ำร้อน เกิดแยกกันเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเกิดบริเวณริมน้ำและท้องน้ำเป็น	92	type I	สูงมาก

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
				เป้า		ระยะทาง 40 เมตร มีบ่อใหญ่หลายบ่อ มีน้ำซึมไหลออกมามาก กลุ่มที่ 2 อยู่บริเวณทางตอนใต้ของแม่น้ำห่างจากกลุ่มแรกประมาณ 150 เมตร ใกล้เชิงเขาซึ่งมีหินแอนดีไซต์ไหล กลุ่มที่ 3 เกิดบริเวณนาข้าวฝั่งตรงข้ามของถนนไปทางเหนือประมาณ 100 เมตร บริเวณพุน้ำร้อนปกคลุมไปด้วยตะกอนน้ำพาและหินก้อนใหญ่พวกแกรนิตเนื้อดอก พวกแรกที่มีการเปลี่ยนสภาพที่พบจะเป็นพวกซิลิกา อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 2.5 ลิตร/วินาที			
7	ห้วยทรายขาว	บ้านห้วยทรายขาว	ทรายขาว	พาน	เชียงราย	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ในที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพา พบเป็นบ่อน้ำร้อนซึ่งก่อด้วยบ่อซีเมนต์อยู่ 3 บ่อ วางตัวทิศทางเหนือ-ใต้ ปากบ่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร หินโผล่เป็นพวกหินทรายแทรกสลับด้วยหินกรวดมนและหินโคลนอายุจูแรสซิก อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 1 ลิตร/วินาที	60	type II	ต่ำ
8	โป่งพระบาท	บ้านโป่งพระบาท	บ้านคู	เมือง	เชียงราย	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ในที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพาตามแนวรอยเลื่อนห้วยป่าซาง หินโผล่เป็นหินแกรนิต ชนิดฮอร์นเบลน ไบโอไทต์ เนื้อละเอียดปานกลางถึงเนื้อหยาบอายุไทรแอสซิก อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 1 ลิตร/วินาที	60	type I	สูงปานกลาง
9	นาโป่ง	บ้านแม่สลองนอก	ป่าซาง	แม่จัน	เชียงราย	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ในที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพา	45	type II	ต่ำ
10	โป่งเทวี	โป่งเทวี	บ้านโป่ง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ในที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพา		type I	ไม่สามารถระบุ
11	สันกำแพง	บ้านโป่งฮ่อม	สหกรณ์	แม่ฮ่อม	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนมากกว่า 20 บ่อ เกิดตามแนวลำธารเป็นระยะทาง 1 กม. พบหินทรายชนิดควอร์ตซ์-เฟลสปาร์ แทรกสลับกับหินดินดานเนื้อหยาบ และชั้นหินเชิร์ตอายุคาร์บอนิเฟอรัส หินภูเขาไฟชนิดเบสพวกหินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์หินกรวดภูเขาไฟ และหินหินทัฟไฟอายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก และหินปูน หินเชิร์ต หินดินดาน หินทรายแป้ง อายุเพอร์เมียน อัตราการไหลของน้ำร้อนแต่ละบ่อประมาณ 0.15 ลิตร/วินาที	99	type II	สูงมาก
12	ดอยสะเก็ด	บ้านโป่งกุ่ม	ป่าเมี่ยง	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ในที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพาที่เป็นนาข้าวระหว่างหุบเขาเกิดเป็น 2 กลุ่มห่างกันประมาณ 400 เมตร มีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง พบหินออร์โทค	78	type II	สูงปานกลาง

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
						วอร์ตซ์ไฮต์ หินทราย แทรกสลับอยู่กับหินดินดานอายุเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส รอยเลื่อนสำคัญอยู่ที่ทิศทาง N20W และ N70E อัตราการไหล่น้ำร้อนประมาณ 12.6 ลิตร/วินาที			
13	ฝาง	บ้านโป่งน้ำร้อน	ม่อนปิน	ฝาง	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนมากกว่า 30 บ่อ เกิดในแนวรอยเลื่อน N-S และ E-W ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำแม่ใจ พบก้อนหินมนใหญ่ หินใบโอไทต์แกรนิตอายุคาร์บอนิเฟอรัส และสายแร่ควอร์ตซ์ พุน้ำร้อนเป็นแบบ พุน้ำร้อน บ่อน้ำร้อน และ บ่อน้ำเดือด แร่ที่มีการเปลี่ยนสภาพที่พบส่วนมากเป็นพวก sinter scree talus อัตราการไหลประมาณ 26 ลิตร/วินาที	99	type I	สูงมาก
14	โป่งเดือด (ป่าแป๋)	บ้านแม่สะ	ป่าแป๋	แม่แตง	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนเป็นชนิดไคเซอร์และบ่อน้ำร้อน เกิดบริเวณที่ราบเล็กๆ ระหว่างภูเขา พุน้ำร้อนบ่อใหญ่พุ่งสูงประมาณ 2 เมตร ทุกๆ 30 วินาที พบ silica sinter ตามขอบบ่อและตามธารน้ำร้อน พบหิน stress granite ยุคไทรแอสซิก พบรอยเลื่อนใหญ่ตามน้ำแม่สะ อัตราการไหลประมาณ 22.7 ลิตร/วินาที	99	type I	สูงปานกลาง
15	เทพนม	บ้านอมชูด	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนมากกว่า 15 บ่อ เป็นชนิดบ่อน้ำร้อนและบ่อน้ำซึม เกิดในแนวรอยเลื่อนพบตะกอน silica sinter และตะกักราบหินปูน พบก้อนหินมนใหญ่ของหินทรายอาร์โคสอายุแคมเบรียน หินใบโอไทต์ในสัอายุคาร์บอนิเฟอรัส และสายแร่ควอร์ตซ์บริเวณแหล่งพุน้ำร้อน พุน้ำร้อนวางตัวในแนวเกือบ N-S ซึ่งอาจเป็นทิศทางเดียวกับรอยเลื่อนใหญ่ในบริเวณนั้น อัตราการไหลประมาณ 14.4 ลิตร/วินาที	99	type I	สูงปานกลาง
16	โป่งเหม็น	บ้านโป่งเหม็น		แม่แจ่ม	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนเป็นชนิดบ่อน้ำร้อน เกิดตามรอยแยกของหินปูน ตามแนวน้ำแม่แจ่ม พบว่ามีน้ำร้อนไหลซึมออกมาตามแนวแม่น้ำและท้องน้ำ มีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง อัตราการไหลประมาณ 1 ลิตร/วินาที	70	type II	สูงปานกลาง
17	ปิงโค้ง	บ้านปิงโค้ง		เชียงดาว	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนเกิดขึ้นที่ราบน้ำท่วมและพื้นทรายท้องน้ำของที่ราบตะกอนน้ำพา พบบ่อพุน้ำร้อนเพียง 1 บ่อ แต่มีน้ำร้อนไหลซึมออกมาจำนวนมาก	70	type II	ต่ำ
18	บ้านโป่งอ่าง	บ้านโป่งอ่าง		เชียงดาว	เชียงใหม่		68	type II	ไม่สามารถระบุ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
19	บ้านยางปูโต๊ะ	บ้านโป่งโรงวัว		เชียงดาว	เชียงใหม่	เกิดอยู่ในหินคาร์บอนิเฟอรัส อัตราไหล่น้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	70	type II	ไม่สามารถระบุ
20	บ้านยางทุ่งโป่ง	บ้านยางทุ่งโป่ง		เชียงดาว	เชียงใหม่	เกิดอยู่ในหินแกรนิต อัตราไหล่น้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	69	type I	ไม่สามารถระบุ
21	บ้านโป่ง	บ้านโป่ง		พร้าว	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนเกิดบนที่ราบน้ำท่วมถึงและทุ่งนาของน้ำแม่อัดประมาณ 2 กิโลเมตร ริมขอบแอ่งด้านตะวันออกของแอ่งพร้าว พุน้ำร้อนเป็นแบบบ่อพองน้ำร้อน พบหินทราย หินออร์โทควอร์ตไซต์ หินทรายอาร์โคส หินดินดาน และหินชนวน อายุคาร์บอนิเฟอรัส อัตราการไหล่น้ำร้อนไหลประมาณ 10 ลิตร/วินาที	72	type II	สูงปานกลาง
22	หนองครก	บ้านหนองครก		พร้าว	เชียงใหม่	พุน้ำร้อนมากกว่า 5 บ่อ เกิดบนที่ราบติดเชิงเขาตามรอยเลื่อนด้านเหนือบริเวณขอบแอ่งพร้าว ธรณีวิทยาเหมือน CM10 พบเป็นบ่อน้ำร้อน พบแร่ซิลไฟด์อยู่ติดตามสายแร่ในบ่อน้ำร้อน อัตราการไหล่น้ำร้อนประมาณ 12.5 ลิตร/วินาที	72	type II	สูงปานกลาง
23	บ้านห้วยงู	บ้านห้วยงู		พร้าว	เชียงใหม่	เกิดในแอ่งพร้าว ธรณีวิทยาเหมือน CM10 พบเป็นบ่อน้ำซึมของน้ำอุ่น	45	type II	ต่ำ
24	โป่งเย็น	บ้านห้วยมะหิน		พร้าว	เชียงใหม่	เกิดในแอ่งพร้าว ธรณีวิทยาเหมือน CM10 พบเป็นบ่อน้ำซึมของน้ำอุ่น	40	type II	สูงปานกลาง
25	บ้านประดู่	บ้านประดู่		พร้าว	เชียงใหม่	เกิดในแอ่งพร้าว ธรณีวิทยาเหมือน CM10 พบเป็นบ่อน้ำซึมของน้ำอุ่น	58	type II	ต่ำ
26	มะลิกา	บ้านเมืองงาม	ท่าตอน	แม่อาย	เชียงใหม่		70	type I	ต่ำ
27	ผาบ่อง	บ้านผาบ่อง	ผาบ่อง	เมือง	แม่ฮ่องสอน	เกิดอยู่ในหุบเขาหินปูน อายุมหาพาลีโอโซอิกตอนล่าง อัตราไหล 1 ลิตร/วินาที	63	type II	ไม่สามารถระบุ
28	โป่งสัก	บ้านตาลเจ็ดต้น	เวียงเหนือ	ปาย	แม่ฮ่องสอน	ตั้งอยู่บนที่ราบลุ่มเล็กๆ ดินน้ำปาย ลักษณะที่พบจะเป็นแบบบ่อน้ำร้อนและบ่อน้ำซึม ไหลมารวมกันลงสู่ลำน้ำปาย บ่อที่ใหญ่ที่สุดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เมตร ธรณีวิทยาบริเวณนี้จะเป็นชุดหินคาร์บอนิเฟอรัส พวกหินทรายและหินดินดาน แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้แก่พวกซิลิกาและมีร่องรอยของแคลไซต์และสเมคไตต์ อัตราการไหล่น้ำร้อนประมาณ 16 ลิตร/วินาที	85	type II	สูงปานกลาง

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
29	ท่าปาย (เดิมชื่อ โป่งไหม้)	โป่งน้ำร้อนอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง	แม่ฮี้	ปาย	แม่ฮ่องสอน	พุน้ำร้อนผุดขึ้น 2 แหล่งห่างกันประมาณ 400 เมตร วางตัวแนวตะวันออก-ตะวันตก แหล่งแรกจะพบเป็นแบบบ่อน้ำร้อนซึม กลุ่มบริเวณประมาณ 10x15 ตารางเมตร แหล่งที่สอง ซึ่งน่าสนใจกว่ามาก พบเป็นแบบบ่อน้ำร้อน และบ่อน้ำร้อนซึม ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 150x50 ตารางเมตร น้ำร้อนไหลลงห้วยโป่งไหม้ทำให้เป็นธารน้ำร้อนพบหินแกรนิตเนื้อดอกอายุไทรแอสซิก แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้แก่แคลไซต์และร่องรอยของซิลิกากับสเม็คไต์ อัตราการไหลน้ำร้อนเท่ากับ 6.6 ลิตร/วินาที	78	type I	สูงปานกลาง
30	โป่งป๊ะ	บ้านตาลเจ็ดต้น	เวียงเหนือ	ปาย	แม่ฮ่องสอน	เกิดบนฝั่งตะวันตกของลำน้ำปาย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 30x20 ตารางเมตร พบเป็นแบบบ่อน้ำร้อน และ บ่อน้ำร้อนซึม พบหินโผล่ของหินไรโอไรต์ หินภูเขาไฟชนิดเบส และหินทรายสลับกับหินทรายแป้ง เนื้อหินค่อนข้างนุ่มมาก แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพวกซิลิกาและร่องรอยของสเม็คไต์และซิลเฟต อัตราการไหลน้ำร้อนเท่ากับ 7.9 ลิตร/วินาที	88	type I	สูงปานกลาง
31	เหมืองแร่	บ้านเหมืองแร่		ปาย	แม่ฮ่องสอน	เกิดเป็นบ่อน้ำซึม ตามลำน้ำปายในหินแกรนิต ซึ่งปัจจุบันน้ำปายได้ไหลท่วมไปหมดแล้ว ตัวแหล่งอยู่ใกล้กับเหมืองแร่มหาลานนาซึ่งเป็นเหมืองฟลูออไรด์ จากการศึกษา fluid inclusion ในแร่ฟลูออไรด์ พบว่า homogenization temperature = 246 องศาเซลเซียส	75	type I	สูงปานกลาง
32	แม่นะ	บ้านแม่นะ		ปาย	แม่ฮ่องสอน	เกิดเป็นบ่อน้ำซึมบริเวณที่ลุ่มน้ำขัง ใกล้กับน้ำแม่ของ ธรณีวิทยาประกอบด้วยหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและหินปูนเพอร์เมียนพบที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นพวกคาร์บอนเนต	40	type II	ต่ำ
33	เมืองแปง	บ้านใหม่ดอนเมือง	เมืองแปง	ปาย	แม่ฮ่องสอน	พบเป็นบ่อน้ำร้อน ส่วนใหญ่ก๊าซจะผุดขึ้นมาจากน้ำอย่างต่อเนื่อง น้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาจะไหลไปตามห้วยแม่แปง ลักษณะเป็นธารน้ำร้อนมีไอน้ำปนอยู่มาก ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 100x30 ตารางเมตร พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอก แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพพวกตะกอนเก่าได้แก่ตะกักปราบหินปูน ตะกอนใหม่ได้แก่ลานหินพัง ลานหินเชิงผา และแอมโมเนียมฟลูโอซิลเฟต อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 85.6 ลิตร/วินาที	95	type I	สูงปานกลาง

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
34	แม่ฮี้	บ้านแม่ฮี้		ปาย	แม่ฮ่องสอน	พบเป็นบ่อน้ำซึม บริเวณตอนปลายของน้ำแม่ฮี้ ธรณีวิทยาประกอบด้วยหินปูนยุคออร์โดวิเชียน และยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน	38	type II	ต่ำ
35	แม่ฮู	บ้านห้วยหมากไฟ		แม่ลำน้อย	แม่ฮ่องสอน	พบเป็นบ่อน้ำร้อนกลางลำน้ำแม่ฮู และเป็นบ่อน้ำซึมกระจายอยู่ทั่วไปในหินปูนยุคออร์โดวิเชียน ตัวแหล่งอยู่ใกล้เคียงกับเหมืองฟลูออไรต์ พวกแร่ที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกซิลิกา อัตราการไหลประมาณ 10 ลิตร/วินาที	78	type II	ปานกลาง
36	แม่อุ้มลองหลวง	บ้านแม่อุ้มลองน้อย	บ่อแป	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	เกิดในหินแกรนิต	76	type I	ไม่สามารถระบุ
37	หนองแห้ง	บ้านหนองแห้ง	เมืองปอน	ขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	ตั้งอยู่บนที่ราบเชิงเขาใกล้ลำน้ำแม่ลาเกะ พบเป็นแบบบ่อน้ำร้อน คลุมพื้นที่ประมาณ 100x50 ตารางเมตร พบการเปลี่ยนแปลงเป็นพวกซิลิกา พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตและควอร์ตซ์อยู่มากมาย	85	type I	ปานกลาง
38	โป่งจืดจำ	ริมน้ำปาย	เมืองแปง	ปาย	แม่ฮ่องสอน	เกิดริมแม่น้ำปายเป็นบ่อน้ำร้อนขนาดเล็ก ในหินปูนยุคออร์โดวิเชียน มีรอยเลื่อนในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	43	type II	ไม่สามารถระบุ
39	ภูโคลนคันทรี่คลับ	แม่สะงา	หมอกจำแป่	เมือง	แม่ฮ่องสอน			type II	ไม่สามารถระบุ
40	เหมืองเทพนิธิ	บ้านท่ากาศ		แม่ทา	ลำพูน	เป็นแบบน้ำอุ่นซึมออกมาจากหินแอนดีไซต์ซึ่งเป็นแนวสัมผัสรอยเลื่อนกับหินปูน พุน้ำร้อนพบในชุมชนเมืองที่ระดับลึกมากกว่า 10 เมตร บริเวณเหมืองผลิตแร่ฟลูออไรต์และพลวง อัตราไหล่น้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	42	type I	ไม่สามารถระบุ
41	หนองหล่ม	บ้านหนองหล่ม		เมือง	ลำพูน	เกิดในทุ่งนา พุน้ำร้อนทั้ง 2 บ่อเป็นบ่อน้ำอุ่น ไดกลิน H2S มีอัตราการไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	42	type II	ต่ำ
42	แจ้ซ้อน	บ้านแจ้ซ้อน	แจ้ซ้อน	เมืองปาน	ลำปาง	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณที่ราบลุ่มหุบเขาริมน้ำแม่มอน คลุมพื้นที่ 30x80 ตารางเมตร พบเป็นบ่อน้ำร้อนและบ่อน้ำซึม พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอกอายุไทรแอสซิกและหินควอร์ตไซต์อายุคาร์บอนิเฟอรัสช่วงล่างกระจายอยู่ทั่วไป แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ควอร์ตซ์และซิลิกาอสัณฐาน อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 14.7 ลิตร วินาที	78	type II	ปานกลาง

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
43	เวียงเหนือ	บ้านเวียงเหนือ		ห้างฉัตร	ลำปาง	พุน้ำร้อนเกิดบนตะกอนน้ำพา พบเป็นบ่อน้ำซึม อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	55	type II	สูงปานกลาง
44	บ้านโป่งน้ำร้อน	บ้านโป่งน้ำร้อน	ใหม่พัฒนา	เกาะคา	ลำปาง	พุน้ำร้อนเกิดเป็นพุน้ำซึมและบ่อน้ำอุ่นพบบริเวณนาข้าว คลุมพื้นที่ 20x20 ตารางเมตร อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	60	type II	สูงปานกลาง
45	โป่งน้ำร้อน	บ้านโป่งน้ำร้อน		เสริมงาม	ลำปาง	พุน้ำร้อนผุดขึ้นตามห้วยแม่เสริมพบเป็นบ่อน้ำร้อนอยู่ 2 บ่อ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 ซม. และ 50 ซม. ธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิตอายุพาโลโซอิกช่วงกลาง อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	76.5	type I	ต่ำ
46	โป่งเหม็น	บ้านแม่ตาลน้อย	เวียงตาล	ห้างฉัตร	ลำปาง	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ใน swamp พบใบบอนและหญ้าปกคลุมอยู่ ทางด้านใต้ของสถานีรถไฟแม่ตาลน้อย ห่างประมาณ 400 เมตรพบ tuff และ quartz vein อัตราไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	38	type II	ไม่สามารถระบุ
47	ห้วยน้ำร้อน	บ้านดอกคำใต้	แม่ติบ	งาว	ลำปาง	พุน้ำร้อนไหลให้เห็นอยู่ในห้วยโป่งน้ำร้อน ริมเนินเขาหินปูน พบสาหร่ายสีด้าแกมเขียว	51	type II	ไม่สามารถระบุ
48	โป่งน้ำร้อน	บ้านห้วยเรี่ยน	เวียงตาล	ห้างฉัตร	ลำปาง	พุน้ำร้อน 1 บ่อ ไหลตติดยูริมห้วยเรี่ยน ในหุบเขา น้ำผุดเป็นน้ำใส ไม่พบตะไคร่น้ำ อัตราไหล 0.2 ลิตร/วินาที	48	type II	ต่ำ
49	ปันเจน	บ้านปันเจน	แม่ป้าก	วังชิ้น	แพร่	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณที่ราบเชิงเขาพบเป็นบ่อน้ำร้อนอยู่ 2 บ่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร ธรณีวิทยาพบหินดินดานอายุไทรแอสซิกช่วงปลายและหินไรโอไลต์อายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก ก แร่ที่มีการเปลี่ยนสภาพเป็นพวกแร่ดินและคาร์บอนेट อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 1.5 ลิตร/วินาที	53	type II	สูงปานกลาง
50	แม่จอก	บ้านแม่จอก	แม่ป้าก	วังชิ้น	แพร่	กม. 70 ถนนสาย 1023 (ตาก-วังชิ้น) พุน้ำร้อนเกิดบริเวณที่ราบเชิงเขาตามแนวรอยเลื่อนประมาณ NE-SW ต่อจากรอยเลื่อน PR1 เขาพบเป็นบ่อน้ำร้อนและบ่อน้ำซึมอยู่ 4 บ่อ ธรณีวิทยาพบหินไรโอไลต์อายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก และหินดินดานอายุไทรแอสซิกช่วงปลาย แร่ที่มีการเปลี่ยนสภาพเป็นพวกแร่ดินและคาร์บอนेट อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 9.7 ลิตร/วินาที	82	type II	สูงมาก
51	โป่งน้ำร้อน	บ้านแม่ลู่	บ้านปิน	ลอง	แพร่	พุน้ำร้อนอยู่ทางด้านทิศตะวันออกริมแม่น้ำยม จะมองเห็นน้ำพุร้อนในช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำยมลดระดับ ระหว่างเดือน มีนาคม-พฤษภาคม	50	type II	ไม่สามารถ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
									ระบุ
52	วัดสะแล่ง	วัดสะแล่ง	ห้วยอ้อ	ลอง	แพร่	ทางหลวง 1023 เลี้ยวตามถนน รพช. พร3058 ประมาณ 2 กม. พุน้ำร้อนเกิดในที่ราบทุ่งนา ริมห้วยแม่กลวง น้ำใส ไม่มีกลิ่น พบตะไคร่น้ำสีเขียว อัตราการไหลประมาณ 0.4 ลิตร/วินาที	59	type II	ต่ำ
53	ห้วยน้ำอุ่น	บ้านห้วยน้ำอุ่น	อายนาโหล	เวียงสา	น่าน	เกิดอยู่บนเนินเขา ประมาณ 40 เมตร ห่างจากด้านตำรวจ น้ำไหลประมาณ 1 ลิตร/วินาที	34	type II	ไม่สามารถระบุ
54	โป่งลำปาง	บ้านโป่งลำปาง	แม่สั่น	ศรีสาขาลัย	สุโขทัย	เกิดอยู่ที่สาธารณประโยชน์ ริมห้วยโป่งลำปาง อบต.แม่สั่น ดูแล ก่อนเป็นบ่อซีเมนต์ 1*1 เมตร ครอบคลุมบริเวณที่พุน้ำร้อนผุดเป็นระยะ อยู่บนหินทรายแปรสภาพเล็กน้อย เนื้อละเอียด หินควอร์ตไซต์ สีเทาอ่อน หมวดหินเขาเขียว กลุ่มหินพรวนกระต่าย ไซลูเรียน-ดีโวเนียน (420-365ma)	41	type II	ต่ำ
55	บ่อน้ำร้อน	บ้านสุเม่น	แม่สั่น	ศรีสาขาลัย	สุโขทัย	ที่ดินส่วนบุคคล บ่อซีเมนต์ 1.2*1.2 ม. 2 บ่อ ห่างกัน 7 ม. พบสาหร่ายสีด้า ผสมอุณหภูมิ 35-36 องศา ไหลลงแอ่งน้ำ 20*40 ม. บนหินทรายเนื้อหยาบวลับกับหินดินดานชั้นบางกึ่งหินแปร และควอร์ตไซต์ สีเทาอ่อน หมวดหินเขาเขียว กลุ่มหินพรวนกระต่าย ไซลูเรียน-ดีโวเนียน (420-365 ล้านปี)	50	type II	ต่ำ
56	โป่งเดือด	ป่าคา	บ้านแก่ง	ศรีสาขาลัย	สุโขทัย	ที่สาธารณประโยชน์ บ้านป่าคา อบต.บ้านแก่ง ดูแล ขุดให้พุน้ำร้อนและน้ำเย็น ไหลมารวมกัน อุณหภูมิ 35-36 องศา หินทรายกึ่งแปร เนื้อละเอียด และหินควอร์ตไซต์ สีเทา หมวดหินเขาเขียว กลุ่มหินพรวนกระต่าย ไซลูเรียน-ดีโวเนียน (420-365 ล้านปี)	42	type II	ต่ำ
57	บ้านแม่กาษา	บ้านแม่กาษา	แม่กาษา	แม่สอด	ตาก	อัตราการไหล 4 ลิตร/วินาที	75	type II	ไม่สามารถระบุ
58	ห้วยโป่งร้อน	บ้านหมองวา	ชนะเจือ	แม่ระมาด	ตาก	เกิดอยู่บนเนินเขา ริมห้วยโป่งร้อน หินชนวนอัตราการไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	40	type II	ต่ำ
59	ห้วยน้ำนัก	บ้านห้วยน้ำนัก	พบพระ	พบพระ	ตาก	เกิดบริเวณที่ราบริมห้วยน้ำนัก พบเป็นบ่อสาธารณะ 3 บ่อ ในชั้นกรวดทราย ควอเทอนารี ที่ถูกล้อมรอบด้วยหินทราย หินกรวดมนสลับหินโคลนอายุเทอร์เชียรี พบ หินฮอว์นเบลน-ไบโอไตร์แกรนิตอายุไทรแอสซิกทางทิศตะวันตกของพื้นที่	58	type I	ปานกลาง

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
						นอกจากนี้พบหินทราย หินปูน อายุจูแรสซิก			
60	ห้วยแม่แล	เขาโมโกจู		อุ้มผาง	ตาก		41	type I	ไม่สามารถระบุ
61	ห้วยแม่กลอง	ห้วยแม่กลอง		อุ้มผาง	ตาก		42	type I	ไม่สามารถระบุ
62	พระร่วง	บ้านลานหิน	ลานดอกไม้	เมือง	กำแพงเพชร	อยู่ริมถนนโยธาธิการ กม.5 ท่าไม้แดง-เขานิยม-หนองน้ำใส เกิดบริเวณที่ราบลุ่มหนองน้ำเดิมที่มีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อน พบเป็นบ่อน้ำร้อนที่ถูกก่อดล้อมรอบด้วยซีเมนต์ จำนวน 5 บ่อ พบใกล้กลุ่มหินแม่ทา อายุคาร์บอนิเฟอรัส น้ำใสสะอาด พบตะไคร้สีเขียว	54	type II	ต่ำ
63	โป่งน้ำร้อน	สำนักสงฆ์บ้านโป่งน้ำร้อน	โป่งน้ำร้อน	คลองลาน	กำแพงเพชร	เป็นบ่อน้ำอุ่น อยู่ในร่องห้วย เห็นน้ำใสผุดขึ้นมาเป็นฟองอากาศ ก่อเป็นบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 ซม. จำนวน 3 บ่อ พบสาหร่ายสีเขียว อัตราไหล่น้อยกว่า 1 ลิตร/ชั่วโมง ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากผสมอยู่กับน้ำในลำห้วย	38	type II	ไม่สามารถระบุ
64	อุทยานแห่งชาติแม่วังก์	อุทยานแห่งชาติแม่วังก์		คลองลาน	กำแพงเพชร	อยู่ห่างจากที่ทำการอุทยาน ประมาณ 100 เมตรน้ำอุ่นไหลตามรอยแตกในหิน aplite หรือพวกหินแปร พบการเรียงตัวของแร่ น้ำอุ่นใส เห็นสาหร่ายสีเขียวบางเล็กน้อยอัตราการไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	38	type I	ไม่สามารถระบุ
65	บ้านน้ำร้อน	บ้านน้ำร้อน	น้ำร้อน	เมือง	เพชรบูรณ์	พบอยู่ 2 แห่ง บริเวณริคลองน้ำร้อน กริด 338068 และ 339067 น้ำร้อนไหลซึมขึ้นมาตามริมฝั่งคลองแบบ seepage ผสมกับน้ำเย็นในคลอง น่าจะมีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อน หรือรอยแตกในแนว NE และรอยแตกในหินปูนชุดผานกเค้า อายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนล่าง	42	type II	ต่ำ
66	บ้านวังขาม	บ้านวังขาม		ศรีเทพ	เพชรบูรณ์	เกิดบริเวณที่ราบลุ่มทางทิศใต้ของคลองวังขาม มีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนทิศประมาณ EW พบเป็นบ่อน้ำร้อนที่ถูกก่อดล้อมรอบด้วยซีเมนต์ จำนวน 2 บ่อ พบใกล้หินภูเขาไฟ พวกหินบะซอลต์ หินแอคโกเมอเรต หินทัฟฟ์ หินแอนดีไซต์ อายุไทรแอสซิก	52	type II	ต่ำ
67	บ้านพุขาม	บ้านพุขาม		วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	พบอยู่ในบ่อนปูนซีเมนต์ จำนวน 3 บ่อ น่าจะมีความสัมพันธ์กับรอยแตกที่ถูกปิด	46	type II	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
						ทับ ไกล่หินบะซอลต์ ไรโอไรต์ ทัพพี หินกรวดมนภูเขาไฟ หินแอนดีไซต์ อายุไทรแอสซิก			
68	บ้านพุเตย	บ้านพุเตย		วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	เหมือนแหล่งพุน้ำร้อนบ้านพุขาม	32	type II	ต่ำ
69	บ้านสมอทอง	บ้านสมอทอง	ทองหลาง	ห้วยคต	อุทัยธานี	พุน้ำร้อนไหลซึมตามรอยแตกของหินแกรนิตอายุไทรแอสซิกประมาณ 6 จุด อยู่ในอ่างเก็บน้ำห้วยขุนแก้ว	67	type I	ต่ำ
70	เขาสมโขชน์	เขาสมโขชน์	หนองยายโตะ	ชัยบาดาล	ลพบุรี	เกิดอยู่บริเวณเชิงเขาสมโขชน์ตอนเหนือ ในหินปูนสีน้ำเงินอมเทาและสีเทาแทรกสลับด้วยหินดินดาน น้ำร้อนใสไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกลิ่นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ บ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร	34	type II	ต่ำ
71	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านพุน้ำร้อน	ด่านช้าง	ด่านช้าง	สุพรรณบุรี	อยู่หลังประปาหมู่บ้านพุน้ำร้อน	38	type II	ต่ำ
72	ท้องช้าง	บ้านท้องช้าง		ไทรโยค	กาญจนบุรี	เกิดอยู่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำแควน้อย น้ำจะท่วมในฤดูฝน ตามรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ พบในหินปูน อายุเพอร์เมียน	45	type II	ไม่สามารถระบุ
73	หินดาด	บ้านกุยมั่ง	หินดาด	ทองผาภูมิ	กาญจนบุรี	เกิดอยู่ริมห้วยกุยมั่ง เป็น seepage ก่อด้วยบ่อคอนกรีตเป็นบ่ออาบน้ำจำนวน 2 บ่อ ขนาด 4x6 และ 4x8 เมตร และบ่อน้ำดื่ม 1 บ่อ ขนาด 1x1.5 เมตร พบหินทรายเนื้อควอร์ตซ์ และหินควอร์ตซ์ไซด์ สีน้ำตาลเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน อายุจูแรสซิก รอยแยกเด่น N-S/50-60W และ E-W/65-70N ม ปริมาณน้ำ 8 ลบ.ม./ชม. J89	40	type II	ต่ำ
74	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านกุยเห่		ทองผาภูมิ	กาญจนบุรี	เกิดอยู่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำแควน้อย น้ำท่วมในฤดูฝน ในกรวด ทราย อายุควอเตอร์นารี อัตราการไหลน้ำร้อนน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	40	type II	ต่ำ
75	บ้านเขาพัง	บ้านเขาพัง	วังกะแจะ	ไทรโยค	กาญจนบุรี	เกิดในหลุมยุบของหินปูน อายุ เพอร์เมียน จำนวน 2 บ่อ น้ำใส มีบ่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนไดออกไซด์น้อยมาก น้ำไหลประมาณ 1 ลิตร/วินาที	40	type II	ต่ำ
76	บ้านต้นลำไย	บ้านต้นลำไย	หนองปรือ	หนองปรือ	กาญจนบุรี	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ริมน้ำเป็นบ่อน้ำอุ่น 2 บ่อ ก่อเป็นบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร ธรณีวิทยาเกิดอยู่ในหินทราย หินฟิลไลต์ และหินปูน อัตราการไหลน้ำอุ่นประมาณ 1.5 ลิตร/วินาที	42	type II	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
77	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านเก่า	เมือง	กาญจนบุรี	อยู่ในชุมชนเมืองเก่า บจก.ชาติเชื้อ สมพงษ์	44	type I	ต่ำ
78	บ้านบ่อคลึง	บ้านบ่อคลึง		สวนผึ้ง	ราชบุรี	เกิดอยู่ริมห้วยบ่อคลึงในหุบเขา บ่อน้ำร้อนเรียงตัวทิศตะวันออก-ตะวันตก ในหินแกรนิต แอฟไลต์ และเปกมาไตต์ อายุครีเทเชียส อัตราไหล 0.7 ลิตร/วินาที	56	type I	ต่ำ
79	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	เกิดริมห้วยท่าจำนวน 4 บ่อเรียงตัวแนว N30E เป็นเหมืองแร่ดีบุกเก่า น้ำใสมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ก๊าซไฮโดรเจนไดออกไซด์ต่ำ น้ำร้อนไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	50	type I	ต่ำ
80	หนองหญ้าปล้อง	บ้านใหม่พุน้ำร้อน	ยางน้ำกลัดเหนือ	หนองหญ้าปล้อง	เพชรบุรี	เกิดอยู่ในร่องน้ำเชิงเขาป่าใหญ่ อัตราไหลน้อยกว่า 1 ลิตร/วินาที	47	type II	ต่ำ
81	บางพระ		บางพระ	ศรีราชา	ชลบุรี	อยู่ใต้อ่างเก็บน้ำบางพระ	0	type I	ไม่สามารถระบุ
82	โป่งน้ำร้อน	บ้านโป่งน้ำร้อน		โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี		39	type II เกิดอยู่	ไม่สามารถระบุ
83	ละแม	บ้านดวด	สวนแตง	ละแม	ชุมพร	ไหลอยู่ที่เชิงเขาหินปูน (โดโลไมต์) ถ้ำเขาพลู พบพุน้ำร้อนอยู่ 3 บ่อ ก่อเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร สูง 1.5 เมตร วางตั้งในแนวประมาณ N30W	50	type II	ต่ำ
84	วัดโปธาราม	วัดโปธาราม	เขานิเวศน์	เมือง	ระนอง	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณที่ราบลุ่มหุบเขาริมคลองหาดส้มแป้น คลุมพื้นที่ 20x40 ตารางเมตร พบเป็นบ่อน้ำร้อนจำนวน 3 บ่อ ก่อเป็นบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 เมตร 1.5 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอกเนื้อหยาบปานกลางอายุครีเทเชียส แร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้แก่คาร์บอเนต อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 3.5 ลิตร/วินาที	65	type I	ต่ำ
85	บ้านทุ่งยอ	บ้านทุ่งยอ	บางริน	เมือง	ระนอง	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณที่ราบเชิงเขา พบเป็นบ่อน้ำร้อน 1 บ่อ ก่อเป็นบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เมตร พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอกเม็ดหยาบปานกลางอายุครีเทเชียส อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 0.5 ลิตร/วินาที	40	type I	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
86	บ้านพรัง	บ้านพรัง	บางริน	เมือง	ระนอง	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณหุบเขาริมคลองพรัง พบเป็นบ่อน้ำร้อน 3 บ่อ ก่อเป็นบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เมตร จำนวน 1 บ่อ และเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร อีก 2 บ่อ พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอกเม็ดหยาบปานกลางอายุครีเทเชียส หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ และสายแร่ควอตซ์ อัตราการไหลน้ำร้อนประมาณ 2 ลิตร/วินาที	45	type I	ต่ำ
87	คลองบางริน	บ้านทุ่งยอ	บางริน	เมือง	ระนอง	พุน้ำร้อนเกิดบริเวณหุบเขาริมคลองบางริน พบเป็นบ่อน้ำร้อนน้ำซึมริมคลองและกลางคลองบางริน พบก้อนหินมนใหญ่ของหินแกรนิตเนื้อดอกเม็ดหยาบปานกลางอายุครีเทเชียส ไม่สามารถวัดอัตราการไหลน้ำร้อน	50	type I	ต่ำ
88	ราชกรูด	บ้านห้วยน้ำใส กองพันทหารราบที่ 2	ราชกรูด	เมือง	ระนอง	ระดับ 30 m AMSL ก่อเป็นบ่อสามบ่อติดกัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1.5 เมตร เหมืองแร่ดีบุกเก่า น้ำใส ทางน้ำไหลออกลงคลองทรายขาว พบสาหร่ายสีเขียว อัตราไหล 0.2 ลิตร/วินาที	46	type I	ต่ำ
89	ห้วยน้ำร้อน	ห้วยน้ำร้อน หน่วยพิทักษ์ป่าวังน้ำเย็น	บ้านนา	กะเปอร์	ระนอง	พุน้ำร้อนเกิดอยู่ริมห้วยน้ำร้อน ไหลออกมาจากรอยแตกของหินตะกอน ชุด CPk เป็นเทือกเขาสูง	75	type II	ต่ำ
90	บ้านพุน้ำร้อน	บ้านพุน้ำร้อน	เลม็ด	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น ที่เป็นน้ำเค็ม อยู่ในหินปูนที่มีการตกผลึกใหม่ สีเทา-เทาดำ (โดโลไมต์) ยุคเพอร์เมียน พื้นที่อยู่ในเขตสงวนของกรมศิลปากร มีรอยเลื่อนแนว E-W ตัดผ่าน	45	type II	ต่ำ
91	เขานางฮี	บ้านเขาน้ำร้อนใน	เลม็ด	ไชยา	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น ที่เป็นน้ำเค็ม อยู่ในหินปูนที่มีการตกผลึกใหม่ สีเทา-เทาดำ (โดโลไมต์) ยุคเพอร์เมียน พื้นที่อยู่ในเขตวัดสวนโมกขนาถาสนา มีรอยเลื่อนแนว N-S ตัดผ่าน	40	type II	ต่ำ
92	วัดธารน้ำร้อน	วัดธารน้ำร้อน	เขาถ่าน	ท่าฉาง	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น ที่เป็นน้ำเค็ม อยู่ในหินทราย หินทรายแป้ง สีแดงเข้ม สีนํ้าตาลแดง ยุคจูแรสซิก-ไทรแอสซิก พบผลึกของ คาร์บอเนต และ travertine เกิดเป็นตะปุ่มตะป่ำ อยู่ทั่วไป (small bad land) มีรอยเลื่อนแนว N-S ตัดผ่าน	51	type II	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
93	บ้านบ่อน้ำร้อน	บ้านบ่อน้ำร้อน	กรูด	กาญจนดิษฐ์	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น อยู่ในที่ราบหินปูน โดโลไมต์สีเทา ยุคเพอร์เมียน	41	type II	ต่ำ
94	บ้านวังหิน	บ้านวังหิน	เพิ่มพูนทรัพย์	นาสาร	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น อยู่ริมห้วยและริมคลองฉวาง ดินทรายแป้งและดินเหนียวสีเทา ค้ำ อยู่ใกล้หน่วยหินห้วยพริก ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน พุน้ำร้อนริมคลองก่อเป็นบ่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร อัตราไหล 0.2 l/s ห่างออกไป 50 เมตร ทางด้าน NW เห็นเป็นร่องน้ำ พบน้ำร้อนผุดอยู่ อัตราไหล 0.2 l/s	42	type II	ต่ำ
95	บ้านเขาน้อย	บ้านเขาน้อย	ถ้ำสิงขร	คีรีรัฐนิคม	สุราษฎร์ธานี	พบเป็นบ่อน้ำอุ่น อยู่ริมห้วยที่ไหลลงแม่น้ำพุมดวง ดินทรายแป้งและดินเหนียว อยู่ใกล้หน่วยหินปูน ยุคเพอร์เมียน พุน้ำร้อนก่อเป็นบ่อใหญ่ จำนวน 3 บ่อ อัตราไหล 2 l/s พบผลึกและสาหร่ายสีเขียวบาง รอยเลื่อนแนว NWW/SEE	53	type II	ต่ำ
96	รัตนโกสัย	บ้านท่าสะท้อน	ท่าสะท้อน	พุนพิน	สุราษฎร์ธานี	บ่อน้ำร้อน 1 บ่อ เกิดอยู่ในพื้นที่ราบทางห้วยรัตนโกสัย อยู่ในหินทรายเนื้อควอตซ์ ยุคจูแรสซิก เป็นน้ำใส ไม่มีกลิ่นกำมะถัน พบตะกอนซิลเฟต และคาร์บอเนต สีขาว-เหลือง พบสาหร่ายเป็นวุ้นบางส่วนถูกแทนที่ด้วยคาร์บอเนต ทั่วไป อัตราไหล ประมาณ 4 ลบ.ม./ชม. (1.8 l/s)	70	type II	ต่ำ
97	บ้านเขาพลู	บ้านเขาพลู	ท่าเรือ	บ้านนาเดิม	สุราษฎร์ธานี	บ่อน้ำร้อน 1 บ่อ เกิดอยู่ในพื้นที่ราบทางห้วยรัตนโกสัย อยู่ในหินทรายเนื้อควอตซ์ ยุคจูแรสซิก พูตราเวรไทน์ และผลึกคาร์บอเนตคลุมอยู่ทั่วไป พื้นที่ 50*100 เมตร เป็นน้ำใส ไม่มีกลิ่นกำมะถัน พบตะกอนซิลเฟต และคาร์บอเนต สีขาว-เหลือง พบสาหร่ายเป็นวุ้นบางส่วนถูก แทนที่ด้วยคาร์บอเนต ทั่วไป อัตราไหล ประมาณ 4 ลบ.ม./ชม. (1.8 l/s) อยู่แนวรอยเลื่อนเดียวกับ SR5 คือ NW-SE	56	type II	ต่ำ
98	บ้านเขาดอก	เขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองทุ่งทอง บ้านเขาดอก	เขาดอก	เคียนซา	สุราษฎร์ธานี	เกิดอยู่ริมคลองบางตอก ในหิน SS, Qtz-SS สีแดง พบ aragonite and travertine ทั่วไป บ่อพุน้ำร้อน 6 บ่อ ไหลลงคลองบางตอก ผลึก คาร์บอเนต aragonite สาหร่ายขาว เหลือง อัตราไหล 2.5 l/s	62	type II	ต่ำ
99	อุทยานบ่อน้ำร้อน	บ้านน้ำร้อน	วังหิน	บางขัน	นครศรีธรรมราช	บ่อน้ำร้อนรวม 9 บ่อ ชื่อ บ่อน้ำกรด บ่อน้ำทิพย์ และบ่อน้ำอุ่น อยู่ในวัดเป็นพื้นที่ราบริมคลอง 70 mAMSRL พื้นที่ราบ พบน้ำผุดอยู่ในห้วยหลายแห่ง	55	type II	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
100	สำนักสงฆ์บ่อน้ำร้อน	พิดำ		นบพิตำ	นครศรีธรรมราช	อยู่ใน Qa เป็นทราย กรวด สีนํ้าตาลแกมเหลือง ก่อเป็นบ่ออิฐมอญ ศูนย์กลาง 3 เมตร สูง 50 ซม. รอบๆ เป็นหิน Trgr (biotite-muscovite gr) cambrian, ord, SDC	60	type I	ไม่สามารถระบุ
101	บ้านปากจ้ง	ปากจ้ง		พิบูล	นครศรีธรรมราช				ไม่สามารถระบุ
102	บ่อน้ำร้อน	สถานีอนามัยบ่อน้ำร้อน		พิบูล	นครศรีธรรมราช				ไม่สามารถระบุ
103	คลองปลายพู่	บ้านบางจับ	ท่านา	กะปง	พังงา	เป็นน้ำขุ่นน้ำขุ่นมากกว่า 10 แห่งไหลตามริมคลองปลายพู่ ทิศ N50E เหมืองดีบุกเก่า 40 mAMSL อัตราไหล 1 l/s	60	type I	ต่ำ
104	รมณีย์	บ้านรมณีย์	รมณีย์	กะปง	พังงา	พุน้ำร้อนสามบ่อเกิดอยู่ในป่าโปร่ง พื้นที่ราบ เรียงตัวทิศ NW-SE อัตราไหล 1 ลิตร/วินาที	63	type II	ต่ำ
105	บ้านบ่อตาน	บ้านบ่อตาน	นาเตย	ท้ายเหมือง	พังงา	เป็นแหล่งท่องเที่ยวของเอกชน ค่าบัตร 10 บาท อัตราไหล 2 ลิตร/วินาที น้ำร้อนไหลออกมาริมชายหาด	45	type I	ต่ำ
106	บ้านห้วยยุงตก	บ้านห้วยยุงตก	ห้วยยุง	เหนือคลอง	กระบี่	พบพุน้ำร้อนอยู่สองแห่ง ห่างกันประมาณ หนึ่งกิโลเมตร อยู่ริมคลองบางเตย อัตราไหล 2 ลิตร/วินาที	45	type II	ต่ำ
107	คลองบ่อน้ำร้อน	บ้านตลาดเหนือคลอง	เหนือคลอง	เหนือคลอง	กระบี่	เกิดอยู่ริมคลองบ่อน้ำร้อน ศาลาเทวดาน้ำร้อน ห่างจากตลาด 300 เมตร	47	type II	ต่ำ
108	บางฝั่ง	บ้านบางฝั่ง	โคกยาง	คลองท่อม	กระบี่	เกิดอยู่ริมคลองบางฝั่ง ในสวนยางของนายสุนันท์ เอ่งฉ้วน อัตราไหล 0.3 l/s	45	type II	ต่ำ
109	บ้านน้ำร้อน	บ้านน้ำร้อน	ห้วยน้ำขาว	คลองท่อม	กระบี่	เป็นน้ำเค็ม พบพุน้ำร้อนมากกว่า 10 บ่อ เกิดอยู่ในหินปูน มีประชาชนอาบน้ำรักษาโรค ปวด เมื่อย อัมพาต ผิวน้ำ เบาหวาน ริดสีดวง โรคอ้วน มากกว่า 1,000 คน/วัน ป่าเลนน้ำเค็ม พบ travertine และผลึกคาร์บอเนต อยู่ทั่วไป ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 1 ตารางกิโลเมตร อยู่ริมคลองน้ำร้อน ไหลลงคลองท่อมและสู่ทะเล	47	type II	ต่ำ

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	รายละเอียด	อุณหภูมิ	แบบการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
						สาหร่ายสีเขียว สีขาว 10 mAMSL			
110	น้ำตกร้อน สะพานยูง	บ้านบางคราม	คลองท่อมเหนือ	คลองท่อม	กระบี่	เกิดในธารน้ำร้อนเป็นแนวประมาณ 500 เมตร และเกิดอยู่ริมคลองบางโฮ อัตราไหล 10 ลิตร/วินาที	47	type II	ต่ำ
111	อุทยานบ่อน้ำร้อน	บ้านควนแดง อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม	บ่อน้ำร้อน	กันตัง	ตรัง	น้ำเค็มเกิดอยู่เชิงเขาควนแดง สูง 50 mAMSL มีน้ำร้อนผุดอยู่หลายแห่ง พบสาหร่ายสีเขียวและฟลักคาร์บอนेट พบหินทรายสีน้ำตาลแดงและน้ำตาลเหลือง ก่อเป็นสระเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เมตร อัตราไหลรวม 14 ลิตร/วินาที	52	type II	ต่ำ
112	บ้านควนสระ	บ้านควนสระ	สุโสะ	ปะเหลียน	ตรัง	เกิดอยู่ในป่าชายเลน รสเค็ม	41	type II	ต่ำ
113	เขาชัยสน	บ้านเขาชัยสน	เขาชัยสน	เขาชัยสน	พัทลุง	เกิดอยู่เชิงเขาหินปูนเขาชัยสน น้ำใส ไม่มีกลิ่น S พบสาหร่ายสีเหลือง-เขียว ฟลักคาร์บอนेटสีขาวบ้างเล็กน้อย อัตราไหล 1.8 ลิตร/วินาที	57	type II	ต่ำ
114	บ้านโละจิ้งกระ	บ้านโละจิ้งกระ	คลองเฉลิม	งหรา	พัทลุง	เกิดอยู่ในพื้นที่ราบสวนยางพาราห่างจากเทือกเขาบรรทัดที่อยู่ทางทิศ W 1 กม. น้ำใส ไม่มีกลิ่น S สาหร่ายสีเขียว-ขาว เล็กน้อย อัตราไหล 1 ลิตร/วินาที	46	type I	ต่ำ
115	บ้านนาทุ่งโพธิ์	บ้านนาทุ่งโพธิ์	คลองเฉลิม	งหรา	พัทลุง	เกิดอยู่ในหินแกรนิต ไก่ลื่นกำมะถัน ผุดอยู่ 13 บ่อ พบสาหร่ายสีเหลือง เขียว มีฟลักคาร์บอนेटบ้างเล็กน้อยเขาบรรทัดอยู่ทาง W ห่าง 1.5 กม. สูง 110 mAMSL อัตราไหล 1 ลิตร/วินาที	50	type I	ต่ำ
116	บ้านระหว่างควน	บ้านระหว่างควน	พนมวังก	ควนขนุน	พัทลุง	บ่อเจาน้ำบาดาลในพื้นที่ราบ อัตราไหล 0.5 ลิตร/วินาที รอบๆ เป็นหนองน้ำดินลูกรัง เจาะ กันยายน 2541 น้ำหยุดไหล สิงหาคม 2545	41	type II	ต่ำ
117	บ้านโตนปาหนัน	บ้านโตนปาหนัน	ทุ่งนุ้ย	ควนกาหลง	สตูล	เกิดอยู่ริมคลอง หินแกรนิต สาหร่ายสีขาว อัตราไหล 5 ลิตร/วินาที สวนเงาะ	50	type I	ต่ำ
118	ตานะมะแฉะ	บ้านบ่อน้ำร้อน	ตานะมะแฉะ	เบตง	ยะลา	พบควอตซ์และหินแกรนิต สาหร่ายสีเขียวและขาวของคาร์บอนेट พบสาหร่ายสีเขียว-ขาว คราบฟลักคาร์บอนेट น้ำใส มีกลิ่น S เล็กน้อย	80	type I	ปานกลาง

หมายเหตุ อุณหภูมิ วัดที่บ่อน้ำร้อน หน่วย องศาเซลเซียส

แบบการเกิด

type I เกิดในหินแกรนิต

type II เกิดในหินชนิดอื่น

ศักยภาพพลังงาน

1. พลังงานสูงมาก ได้แก่ แหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างธรณีวิทยาเก็บน้ำร้อนได้เป็นจำนวนมาก ในระดับที่ไม่ลึกมากนัก
2. พลังงานสูงปานกลาง ได้แก่ แหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิ 140–180 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างธรณีวิทยาเก็บน้ำร้อนได้เป็นจำนวนมาก
3. พลังงานปานกลาง ได้แก่ แหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิ สูงมาก แต่มีโครงสร้างธรณีวิทยาเก็บน้ำร้อนได้น้อย
4. พลังงานต่ำ ได้แก่ แหล่งความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิต่ำ มีโครงสร้างธรณีวิทยาที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำร้อนได้เป็นจำนวนมาก
5. ไม่สามารถบ่งศักยภาพพลังงาน ได้แก่ แหล่งความร้อนใต้พิภพ ที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม

ตัวอักษรปกติ เป็นศักยภาพพลังงานที่ประเมินโดย กรมทรัพยากรธรณี (2530)

ตัวอักษรเอียงหนา เป็นศักยภาพพลังงานที่ประเมินโดยผู้เขียน

ภาคผนวก ข
ผลการคำนวณอุณหภูมิใต้ดินแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ 3 แบบ
โดยใช้ข้อมูล จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของพุน้ำร้อน

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณอุณหภูมิใต้ดินแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ 3 แบบ โดยใช้ข้อมูล
จากผลวิเคราะห์ทางเคมีของพุน้ำร้อน

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	จังหวัด	อุณหภูมิ ผิวดิน	อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ		
				Quartz-no steam loss	Na/K	. Na-K-Ca
1	โป่งนาคำ	เชียงราย	65	184	139	127
2	ยางผาเคียว	เชียงราย	85	154	144	127
3	โป่งน้ำร้อน	เชียงราย	80	148	145	125
4	แม่จัน	เชียงราย	93	176	173	169
5	โป่งปู่เฟื่อง	เชียงราย	72	143	141	111
6	สบโป่ง	เชียงราย	92	206	180	155
7	ห้วยทรายขาว	เชียงราย	60	284	175	103
8	โป่งพระบาท	เชียงราย	60	nd	nd	nd
9	นาโป่ง	เชียงราย	45	nd	nd	nd
10	โป่งเทวี	เชียงราย				
11	สันกำแพง	เชียงใหม่	99	208	199	161
12	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	78	232	197	143
13	ฝาง	เชียงใหม่	99	186	183	172
14	ป่าแป๋	เชียงใหม่	99	186	167	203
15	เทพนม	เชียงใหม่	99	181	165	157
16	โป่งเหม็น	เชียงใหม่	70	204	170	149
17	ปิงโค้ง	เชียงใหม่	70	191	173	115
18	บ้านโป่งอ่าง	เชียงใหม่	68			
19	บ้านยางปู่โต๊ะ	เชียงใหม่	70			
20	บ้านยางทุ่งโป่ง	เชียงใหม่	69			
21	บ้านโป่ง	เชียงใหม่	72	168	162	124
22	หนองครก	เชียงใหม่	72	181	156	124
23	บ้านห้วยงู	เชียงใหม่	45	313	215	109
24	โป่งเย็น	เชียงใหม่	40	224	182	122
25	บ้านประดู่	เชียงใหม่	58	185	181	107
26	มะลิกา	เชียงใหม่	70	nd	nd	nd
27	ผาบ่อง	แม่ฮ่องสอน	63			
28	โป่งสัก	แม่ฮ่องสอน	85	163	145	124
29	ท่าปาย	แม่ฮ่องสอน	78	149	137	153
30	โป่งปီး	แม่ฮ่องสอน	88	161	145	128

ลำดับ	แหล่งน้ำร้อน	จังหวัด	อุณหภูมิ ผิวดิน	อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ		
				Quartz-no steam loss	Na/K	. Na-K-Ca
31	เหมืองแร่	แม่ฮ่องสอน	75	226?	198?	130
32	แม่น้ำะ	แม่ฮ่องสอน	40	238	153	104
33	เมืองแปง	แม่ฮ่องสอน	95	151	142	128
34	แม่ฮี้	แม่ฮ่องสอน	38	242	182	94
35	แม่ฮู	แม่ฮ่องสอน	78	249	189	132
36	แม่อูมลองหลวง	แม่ฮ่องสอน	76			
37	หนองแห้ง	แม่ฮ่องสอน	85	266	210	142
38	โป่งจืดจำ	แม่ฮ่องสอน	43.2	177	151	114
39	ภูโคลนคันทรี่คลับ	แม่ฮ่องสอน				
40	เหมืองเทพนิธิ	ลำพูน	42			
41	หนองหล่ม	ลำพูน	42	191	162	91
42	แจ้ซ้อน	ลำปาง	78	214	184	149
43	เวียงเหนือ	ลำปาง	55	164	149	103
44	บ้านโป่งน้ำร้อน	ลำปาง	60	182	156	101
45	โป่งน้ำร้อน	ลำปาง	76.5	197	160	–
46	โป่งเหม็น	ลำปาง	38			
47	ห้วยน้ำร้อน	ลำปาง	51			
48	โป่งน้ำร้อน	ลำปาง	48			
49	ป็นเจน	แพร่	53	212	182	105
50	แม่ออก	แพร่	82	225	195	135
51	โป่งน้ำร้อน	แพร่	50			
52	วัดสะแล่ง	แพร่	59			
53	ห้วยน้ำอุ่น	น่าน	34			
54	โป่งลำปาง	สุโขทัย	40–42			
55	บ่อน้ำร้อน	สุโขทัย	50			
56	โป่งเดือด	สุโขทัย	42			
57	บ้านแม่กาษา	ตาก	75			
58	ห้วยโป่งร้อน	ตาก	40			
59	ห้วยน้ำนัก	ตาก	58			
60	ห้วยแม่แล	ตาก	0			
61	ห้วยแม่กลอง	ตาก	0			
62	พระร่วง	กำแพงเพชร	54	143.56	134.28	109.53
63	โป่งน้ำร้อน	กำแพงเพชร	38			
64	อุทยานแห่งชาติแม่วงก์	กำแพงเพชร	38			
65	บ้านน้ำร้อน	เพชรบูรณ์	42	92.55	102.06	102.83
66	บ้านวังขาม	เพชรบูรณ์	52	103.19	107.94	119.41
67	บ้านพุกาม	เพชรบูรณ์	46	87.55	98.59	98.55

ลำดับ	แหล่งน้ำร้อน	จังหวัด	อุณหภูมิ ผิวดิน	อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ		
				Quartz-no steam loss	Na/K	. Na-K-Ca
67	บ้านพุเตย	เพชรบูรณ์	32	–	–	–
69	บ้านสมอทอง	อุทัยธานี	67	116	137	117
70	เขาสมโภชน์	ลพบุรี	34	310	152	75
71	บ้านพุน้ำร้อน	สุพรรณบุรี	38			
72	ท้องช้าง	กาญจนบุรี	0			
73	หินลาด	กาญจนบุรี	40	317	285	106
74	บ้านพุน้ำร้อน	กาญจนบุรี	40			
75	บ้านเขาพัง	กาญจนบุรี	40	316	159	84
76	บ้านต้นลำไย	กาญจนบุรี	42			
77	บ้านพุน้ำร้อน	กาญจนบุรี	0			
78	บ้านบ่อคลึง	ราชบุรี	56	311	83	116
79	บ้านพุน้ำร้อน	ราชบุรี	50	132	90	116
80	หนองหญ้าปล้อง	เพชรบุรี	47			
81	บางพระ	ชลบุรี	0			
82	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	39			
83	ละแม	ชุมพร	50			
84	วัดตโปทาราม	ระนอง	65			125
85	บ้านทุ่งยอ	ระนอง	40			122
86	บ้านพรรั้ง	ระนอง	45			120
87	คลองบางรีน	ระนอง	50			
88	ราชกรูด	ระนอง	46			
89	ห้วยน้ำร้อน	ระนอง	75			
90	บ้านพุน้ำร้อน	สุราษฎร์ธานี	45	114.5	139.7	146.9
91	เขานางฮี	สุราษฎร์ธานี	40	102.6	144.2	151.8
92	วัดธารน้ำร้อน	สุราษฎร์ธานี	51	53	373.9	190.5
93	บ้านบ่อน้ำร้อน	สุราษฎร์ธานี	41	105	147	154.3
94	บ้านวังหิน	สุราษฎร์ธานี	42	111.5	235.9	150.4
95	บ้านเขาน้อย	สุราษฎร์ธานี	53	105.0824	230.1014	152.1326
96	รัตนโกสีย์	สุราษฎร์ธานี	70	111.1	290.5	176.9
96	รัตนโกสีย์	สุราษฎร์ธานี	70			
97	บ้านเขาพลู	สุราษฎร์ธานี	56			
98	บ้านเขาดอก	สุราษฎร์ธานี	62			
99	อุทยานบ่อน้ำร้อน	นครศรีธรรมราช	55			
100	สำนักสงฆ์บ่อน้ำร้อน	นครศรีธรรมราช	60			
101	บ้านปากจ้ง	นครศรีธรรมราช				
102	บ่อน้ำร้อน	นครศรีธรรมราช				
103	คลองปลายพู่	พังงา	60			

ลำดับ	แหล่งพุน้ำร้อน	จังหวัด	อุณหภูมิ ผิวดิน	อุณหภูมิแหล่งกักเก็บความร้อนใต้พิภพ		
				Quartz-no steam loss	Na/K	. Na-K-Ca
104	รมณีย์	พังงา	63			
105	บ้านบ่อตาน	พังงา	45			
106	บ้านห้วยยุงตก	กระบี่	45			
107	คลองบ่อน้ำร้อน	กระบี่	47			
108	บางฝั่ง	กระบี่	45			
109	บ้านน้ำร้อน	กระบี่	47			
110	น้ำตกร้อนสะพานยูง	กระบี่	47			
111	อุทยานบ่อน้ำร้อน	ตรัง	52			
112	บ้านควนสระ	ตรัง	41			
113	เขาชัยสน	พัทลุง	57			
114	บ้านโละงิงกระ	พัทลุง	46			
115	บ้านนาทุ่งโพธิ์	พัทลุง	50			
116	บ้านระหว่างควน	พัทลุง	41			
117	บ้านโตนปาหนัน	สตูล	50			
118	ตาเนาะแมเราะ	ยะลา	80			

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

นายมานพ รักษาสกุลวงศ์

ประวัติการศึกษา

- วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ธรณีวิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ธรณีฟิสิกส์)
University of Texas at El paso, USA.

ประวัติการทำงาน

- | | |
|--------------------|--|
| พ.ศ. 2522 | นักธรณีวิทยา 3 กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี |
| พ.ศ. 2524 | นักธรณีวิทยา 4 กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2532 | ธรณีวิทยา 5 กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2534 | นักธรณีวิทยา 6 กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2539 | นักธรณีวิทยา 7ว. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2549 | นักธรณีวิทยา 8ว. สำนักธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2551 | นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ สำนักธรณีวิทยา |
| พ.ศ. 2553 | ผู้อำนวยการสำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 2 (ขอนแก่น) |
| พ.ศ. 2556-ปัจจุบัน | ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาธรณีวิทยา สำนักธรณีวิทยา |

ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาธรณีวิทยา สำนักธรณีวิทยา