

บทที่ 8

พลังงานความร้อนใต้พิภพ

ความร้อนใต้พิภพเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติอีกแหล่งหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิง มีปริมาณมากพอที่จะใช้ได้โดยไม่มีวันหมด และไม่ก่อมลพิษต่อสภาพแวดล้อม ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงาน ในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การจัดหาแหล่งพลังงานที่มีอยู่ภายในประเทศ เช่น ถ่านหินลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ พลังน้ำ ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในขณะที่การนำเข้าแหล่งพลังงานจากต่างประเทศ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน ไฟฟ้า ทำให้ประเทศต้องสูญเสียเงินตราให้ต่างประเทศเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพจากแหล่งพลังงานเหล่านี้ยังก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม การแสวงหาแหล่งพลังงานเพื่อนำมาทดแทนและหาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟและเป็นแหล่งพลังงานสำรองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยควรมีสารวจ และวิจัย เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ทรัพยากรพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

8.1 โครงสร้างของโลก

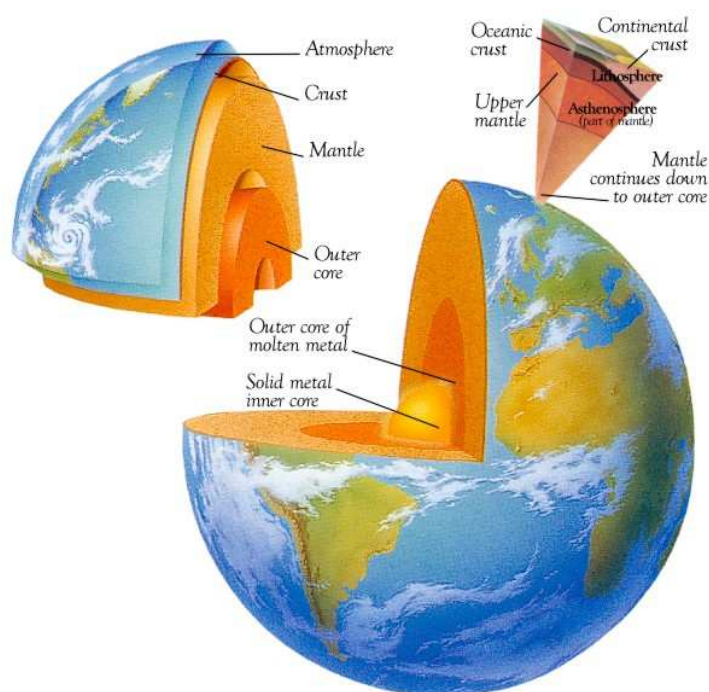
พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นพลังงานธรรมชาติชนิดหนึ่งที่ไม่ได้มีต้นเหตุโดยตรงมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Ristinen & Kraushaar, 1999 : 158) เพราะเป็นพลังงานความร้อนที่ถูกกักเก็บไว้ภายใต้ผิวโลกตามธรรมชาตินับตั้งแต่มีการก่อกำเนิดเป็นโลกขึ้นมา ดังนั้นการทำความเข้าใจในเรื่องของความร้อนภายในโลกจึงจำเป็นต้องรู้เข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างของโลกก่อน ลักษณะโครงสร้างของโลก สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้นดังแสดงในภาพที่ 8.1 ได้แก่

8.1.1 ชั้นเปลือกโลก

ชั้นเปลือกโลก (crust) หมายถึงเปลือกโลกชั้นนอกสุด ซึ่งจะมีความหนาประมาณ 32-64 กิโลเมตร เมื่อวัดจากภาคพื้นทวีปลงไปหรือมีความหนาประมาณ 5-8 กิโลเมตร เมื่อวัดจากท้องมหาสมุทรในชั้นนี้อาจแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

8.1.1.1 เปลือกโลกส่วนบน (upper crust) หรือเรียกว่า ชั้นไซอัล (sial) เป็นส่วนที่หนาที่สุดของเปลือกโลก มีความหนาแน่นต่ำและประกอบด้วยแร่ธาตุจำพวก หินบะซอลต์ และ ซิลิเกต เป็นส่วนใหญ่

8.1.1.2 เปลือกโลกส่วนล่าง (lower crust) หรือเรียกว่า ชั้นไซมา (sima) เป็นชั้นบางๆ แต่มีความหนาแน่นมากกว่าเปลือกโลกส่วนบน ชั้นนี้ประกอบด้วยพวก หินตะกอน หินทราย เป็นส่วนใหญ่ชั้นนี้จะเป็แหล่งที่อยู่ของน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ส่วนของเปลือกโลกที่เป็นภาคพื้นทวีปประกอบด้วยทั้งชั้นไซอัลและชั้นไซมา ทำให้มีความหนามากกว่าส่วนที่อยู่ใต้มหาสมุทร ซึ่งมีเพียงชั้นไซมาเท่านั้น



ภาพที่ 8.1 แสดงลักษณะของโครงสร้างภายในของโลก
ที่มา (ThinkQuest Team. 2000. On-line)

8.1.2 ชั้นแมนเทิล

ชั้นแมนเทิล (mantle) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างเปลือกโลกกับแก่นโลก เป็นส่วนที่มีปริมาตรมากที่สุดคือประมาณร้อยละ 80 ของปริมาตรของโลก ในชั้นนี้จะมีส่วนประกอบของ แมกนีเซียมและเหล็กเป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

8.1.2.1 ชั้นแมนเทิลส่วนบน (upper mantle) เป็นชั้นที่อยู่ลึกลงไปประมาณ 200 กิโลเมตร โดยมีความหนาถึงส่วนล่างของชั้นประมาณ 9,440 กิโลเมตร ในชั้นนี้จะมีส่วนประกอบของแร่ธาตุหลากหลายชนิดเช่น โอลิวีน (olivine) และ ไพรอกซีน (pyroxenes) เป็นต้น

8.1.2.2 ชั้นแมนเทิลส่วนล่าง (lower mantle) เป็นชั้นที่อยู่ลึกลงไปประมาณ 2,880 กิโลเมตร โดยมีความหนาถึงส่วนล่างของชั้นประมาณ 18,880 กิโลเมตร ในชั้นนี้มีความหนาแน่นมากและมีส่วนประกอบของแร่ซิลิเกตเป็นส่วนใหญ่

8.1.3 แกนโลก

แกนโลก (core) เป็นส่วนชั้นในสุดของโลก มีความหนาแน่นและอุณหภูมิสูงมาก ประกอบด้วยแร่ธาตุพวกโลหะผสมระหว่าง เหล็กและนิกเกิลเกือบทั้งหมด ในชั้นนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชั้น (Brooks, 1985 : 16) คือ

8.1.3.1 แกนโลกชั้นนอก (outer core) มีสภาพเป็นหินเหลวหรือที่เรียกว่า แมกมา (magma) มีความหนาประมาณ 2,100 กิโลเมตร มีอุณหภูมิระหว่างรอยต่อกับชั้นแมนเทิลประมาณ 4,000 องศาเซลเซียส

8.1.3.2 แกนโลกชั้นใน (inner core) มีสภาพเป็นโลหะแข็ง ประกอบด้วยเหล็กและนิกเกิล มีความหนาประมาณ 1,350 กิโลเมตร มีอุณหภูมิที่รอยต่อระหว่างชั้นนี้กับชั้นนอกสูงมากถึง 6,400 องศาเซลเซียส

8.2 ความหมายและแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ หมายถึง พลังงานความร้อนตามธรรมชาติที่ได้จากแหล่งความร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ภายใต้ผิวโลก โดยปกติแล้วอุณหภูมิใต้ผิวโลกจะเพิ่มขึ้นตามความลึก และเมื่อยิ่งลึกลงไปถึงภายในใจกลางของโลก จะมีแหล่งพลังงานความร้อนมหาศาลอยู่ ความร้อนที่อยู่ใต้ผิวโลกนี้มีแรงดันสูงมาก จึงพยายามที่จะดันตัวออกจากผิวโลกตามรอยแตกต่างๆ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ มักพบในบริเวณที่เรียกว่าจุดร้อน (hot spots) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการไหลหรือแผ่กระจายของความร้อนจากภายในผิวโลกขึ้นมาสู่ผิวดินมากกว่าปกติ โดยบริเวณนั้นจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความลึก (geothermal gradient) มากกว่าปกติประมาณ 1.5-5 เท่า เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเปลือกโลกมีการขยับตัวเคลื่อนที่ทำให้เกิดรอยแตกของชั้นหิน ปกติแล้วขนาดของแนวรอยแตกที่ผิวดินจะใหญ่กว่าและค่อยๆ เล็กลงเมื่อลึกลงไปใต้ผิวดิน และเมื่อมีฝนตก

ลงมาในบริเวณนั้นจะมีน้ำบางส่วนไหลซึมลงไปภายใต้ผิวโลกตามแนวรอยแตกดังกล่าว น้ำนั้นจะไปสะสมตัวและรับความร้อนจากชั้นหินที่มีความร้อน จนกระทั่งน้ำกลายเป็นน้ำร้อนและไอน้ำหรือในบางแหล่งความร้อนเหล่านี้จะถ่ายเทให้กับแหล่งน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน หรือที่มีรอยแตกของชั้นเปลือกโลกถึงกัน เมื่อน้ำเหล่านี้ได้รับพลังงานความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้มีความดันมากขึ้นด้วย จึงพยายามดันแทรกตัวไปตามช่องหรือรอยแยกได้เช่นกัน หากการดันตัวของน้ำร้อนนั้นสามารถทะลุออกมายังผิวโลกได้ก็จะออกมาเป็นบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อน ไอน้ำร้อน หรือบ่อโคลนเดือด เป็นต้น มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์โดยตรงจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาตินี้มานานแล้วเช่น ใช้ในการต้มไข่ ลวกอาหารต่างๆ หรือแม้แต่การใช้อาบน้ำ เป็นต้น แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อนำเอาพลังงานจากความร้อนเหล่านี้มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาด้านมลพิษและทดแทนการใช้พลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ได้ส่วนหนึ่ง

8.3 ลักษณะทั่วไปของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

จากการศึกษาลักษณะของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่อยู่ภายในโลก พบว่าแหล่งพลังงานความร้อนนี้มีรูปแบบที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ๆ ได้ 4 ลักษณะคือ

8.3.1 แหล่งที่เป็นไอน้ำ

แหล่งที่เป็นไอน้ำ (steam sources) เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่อยู่ใกล้กับแหล่งหินหลอมเหลวในระดับตื้นๆ ทำให้น้ำในบริเวณนั้นได้รับพลังงานความร้อนสูงจนกระทั่งเกิดการเดือดเป็นไอน้ำร้อน แหล่งพลังงานนี้จะมีลักษณะเป็นไอน้ำมากกว่าร้อยละ 95 มีอุณหภูมิของไอน้ำร้อนสูงเฉลี่ยกว่า 240 องศาเซลเซียส สามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุดเพราะสามารถนำเอาพลังงานจากไอน้ำร้อนไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้โดยตรงเช่นที่ เกย์เซอร์ฟิลด์ (The geyser field) ซึ่งอยู่ในตอนเหนือของรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา และที่ ลาร์เดอร์เรลโล (Larderello) ในประเทศอิตาลี เป็นต้น แหล่งพลังงานความร้อนที่เป็นไอน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

8.3.1.1 ชนิดไอแห้ง (dry steam sources) แหล่งพลังงานความร้อนแบบนี้จะให้ไอน้ำร้อนที่อิ่มตัว (dry saturated steam หรือ superheated steam) ที่บรรยากาศปกติ มักพบในแหล่งที่อยู่ลึกมากๆซึ่งหาได้ยากมาก แต่เป็นแหล่งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดเพราะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อนและสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆแหล่งลักษณะนี้ที่พบเช่น ในบริเวณพื้นที่ใกล้ซานฟรานซิสโก รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

8.3.1.2 ชนิดไอน้ำเปียก (wet steam sources) แหล่งพลังงานความร้อนแบบนี้ถูกกักเก็บอยู่โดยภาวะความดันภายในแหล่งจะมีลักษณะเป็นไอน้ำ แต่ที่ความดันบรรยากาศปกติจะอยู่ในรูปของน้ำร้อนและเป็นไอน้ำประมาณร้อยละ 10-20 เท่านั้น โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 180-370 องศาเซลเซียส และมีสารประกอบจำพวกซัลเฟอร์ผสมอยู่ แหล่งพลังงานความร้อนแบบนี้มีมากกว่าแหล่งแบบไอน้ำแห้งถึง 20 เท่า

8.3.2 แหล่งที่เป็นน้ำร้อน

แหล่งที่เป็นน้ำร้อนซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเค็ม (hot brine sources) เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่พบเห็นได้ทั่วไป มีลักษณะเป็นน้ำเค็มร้อนโดยมีอุณหภูมิต่ำกว่า 180 องศาเซลเซียส และบางแหล่งอาจมีก๊าซธรรมชาติเป็นส่วนประกอบอยู่ ซึ่งถือเป็นแหล่งที่น่าสนใจมาก (Nation Academy of Sciences. 1979 : 5) เพราะสามารถแยกก๊าซธรรมชาติออกมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง แหล่งความร้อนใต้พิภพลักษณะนี้พบมากที่สุดในโลก เช่นที่ เซอร์โรปริโต (Cerro Prieto) ในประเทศเม็กซิโก และที่ ฮัทชอบารู (Hatchobaru) ในประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

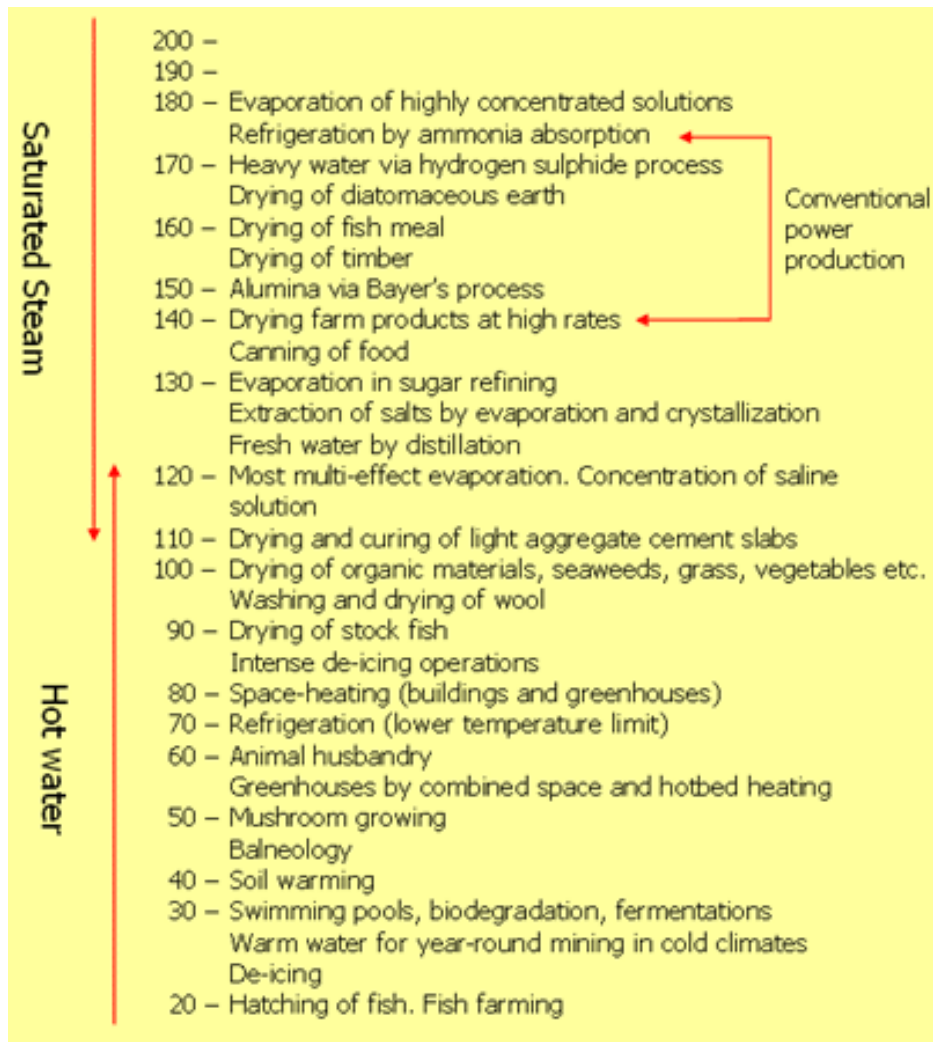
8.3.3 แหล่งที่เป็นหินร้อนแห้ง

แหล่งที่เป็นหินร้อนแห้ง (hot dry rock) เป็นแหล่งที่สะสมพลังงานความร้อนในรูปของหินเนื้อแน่นโดยไม่มีน้ำร้อนหรือไอน้ำเกิดขึ้นเลย แหล่งลักษณะนี้จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความลึกเกินกว่า 40 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ดังนั้นในการนำมาใช้ประโยชน์จะต้องมีการอัดน้ำลงไปเพื่อให้หินได้รับพลังงานความร้อนจากหินร้อนนั้น จากนั้นถึงจะทำการสูบน้ำร้อนนี้ขึ้นมาใช้ผลิตไฟฟ้า

8.3.4 แหล่งที่เป็นแมกมา

แหล่งที่เป็นแมกมา (molten magma) แมกมาหรือลาวาเหลว เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่มีค่าสูงสุดในบรรดาแหล่งพลังงานความร้อนที่กล่าวมา โดยมีอุณหภูมิสูงกว่า 650 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะพบในแอ่งใต้ภูเขาไฟ ในปัจจุบันยังไม่สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้ แต่ยังคงอยู่ในระหว่างการศึกษาและวิจัยความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า

การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากได้พิภพจากแหล่งต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น โดยแท้จริงแล้วการนำเอาพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์มิใช่เพียงแก่การผลิตไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังมีการใช้พลังงานความร้อนจากได้พิภพเพื่อประโยชน์ด้านอื่นๆ อีกหลายด้าน ซึ่งความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากได้พิภพจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 8.2



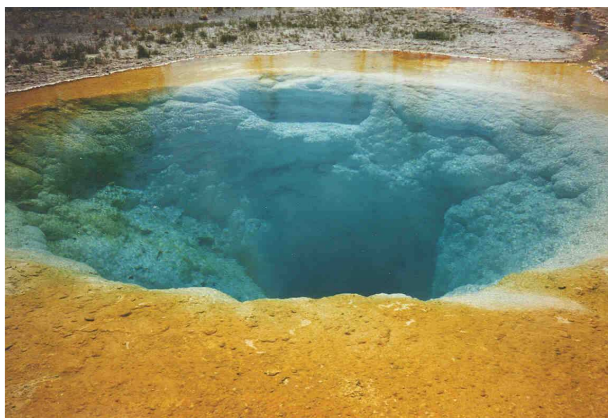
ภาพที่ 8.2 แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ
ที่มา (Shepherd & Shepherd. 1998 : 148)

8.4 ปรางค์การณัธรรมชาติจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ

รูปแบบหรือลักษณะของปรางค์การณัธรรมชาติต่างๆ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่สามารถพบเห็นได้บนพื้นโลกทั่วไปมีหลายรูปแบบเช่น

8.4.1 บ่อน้ำร้อน

บ่อน้ำร้อน (hot spring) คือ แหล่งน้ำร้อนที่แทรกตัวขึ้นมาจากใต้ผิวโลก น้ำที่ขึ้นมาจะมีตั้งแต่ระดับอุ่นๆจนถึงเดือด ดังแสดงในภาพที่ 8.3 ซึ่งแล้วแต่แหล่งที่เกิดและอาจมีแร่ธาตุรวมทั้งก๊าซละลายผสมอยู่ทำให้มีรสชาตและกลิ่นต่างๆกัน ปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากแต่ละแหล่งก็จะแตกต่างกัน



ภาพที่ 8.3 แสดงลักษณะของบ่อน้ำร้อน
ที่มา (Nature Pictures. 1996. On-line)

8.4.2 น้ำพุร้อน

น้ำพุร้อน (geyser) คือ ลำน้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่ผสมผสานกันอยู่ มีความร้อนและแรงดันสูงทำให้สามารถพุ่งทะลุขึ้นสู่ผิวโลกได้ ลักษณะของน้ำพุร้อนจะมีการพุ่งเป็นช่วงๆ ในบางแหล่งบางครั้งอาจพุ่งได้สูงถึง 60 เมตร น้ำพุร้อนเกิดจากการที่แหล่งน้ำใต้ดินได้รับพลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนใต้พิภพที่อยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะทำให้

มีแรงดันสูงและเคลื่อนตัวสู่ด้านบนกลายเป็นน้ำพุร้อน และน้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียงกันจะค่อยๆ ไหลเข้ามาแทนที่และรับพลังงานความร้อนแล้วพุ่งขึ้นวนเวียนอยู่ในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ ดังแสดงในภาพที่ 8.4 น้ำพุร้อนแบบนี้ที่มีขนาดใหญ่พบได้ในหลายแห่งทั่วโลก เช่น ในสหรัฐอเมริกาแหล่งที่มีชื่อเสียงมากที่สุดคือ ที่อุทยานเยลโลว์สโตน (Yellow Stone) และในประเทศไอซ์แลนด์ เป็นต้น

ส่วนในประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนอยู่หลายแห่งแต่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เช่น น้ำพุร้อนที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และน้ำพุร้อนที่ อ.แม่จัน จ.เชียงราย น้ำพุร้อนเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากความร้อนของหินหนืด หรือความร้อนจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง น้ำจากน้ำพุร้อนจะมีส่วนประกอบของแร่ธาตุและสารละลายเจือปนอยู่ แต่ถือว่ามีอยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม โดยอุณหภูมิของน้ำร้อนในแหล่งกักเก็บอยู่ระหว่าง 100-220 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8.4 แสดงตัวอย่างลักษณะของน้ำพุร้อน
ที่มา (Giampaolo & Hutchins. 2002. On-line)

8.4.3 บ่อโคลนเดือด

บ่อโคลนเดือดหรือพุโคลน (mud pot) คือ แหล่งโคลนซึ่งเป็นแหล่งดินตะกอนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยภายใต้ชั้นดินโคลนเหล่านี้เป็นแหล่งที่มีไอน้ำร้อนสูงอยู่ด้านล่าง ไอน้ำร้อนซึ่งมีความดันพยายามที่จะดันตัวออกสู่ผิวโลกแต่ต้องผ่านบริเวณดินโคลนเหล่านั้นก่อน จึงทำให้เกิดการพุ่งกระจายของดินโคลนที่อยู่ด้านบนขึ้นมา ดังแสดงในภาพที่ 8.5 โดยทั่วไปบ่อโคลนเดือดมักมีกำมะถันอยู่มากและมีสีหลายสี



ภาพที่ 8.5 แสดงตัวอย่างลักษณะของบ่อโคลนเดือดหรือพุโคลน
ที่มา (Gong. 2004. On-line)

8.4.4 บ่อไอเดือด

บ่อไอเดือดหรือพุกำซ (fumarole) คือ หลุมหรือปล่องที่มีเพียงไอน้ำร้อนพุ่งขึ้นมา โดยไม่มีน้ำผสมออกมาเหมือนน้ำพุร้อน สาเหตุอาจเกิดจากในบริเวณชั้นใต้ดินในบริเวณนั้นมีน้ำอยู่เพียงเล็กน้อยเมื่อได้รับความร้อนจึงกลายเป็นไอน้ำออกมา หรืออาจเกิดจากการที่ชั้นใต้ดินมีความร้อนสูงมากจนน้ำกลายเป็นไอหมด บ่อไอเดือดในลักษณะนี้มักพบได้เสมอในประเทศที่มีภูเขาไฟ แต่ก็มีโอกาสพบได้ในพื้นที่ที่ไม่มีภูเขาไฟได้เช่นกัน สำหรับประเทศไทยมีบ่อไอเดือดหลายแห่ง แหล่งที่ใหญ่มากอยู่ที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และ อ.แม่จัน จ.เชียงราย ลักษณะของบ่อไอเดือดดังแสดงในภาพที่ 8.6



ภาพที่ 8.6 แสดงตัวอย่างลักษณะของบ่อไอเดือดหรือพุก๊าซ
ที่มา (Naturbilder, 2005. On-line)

8.5 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ

การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพมีมาตั้งแต่สมัยโรมัน โดยใช้ในลักษณะของการนำน้ำร้อนมาเพื่อการรักษาโรคและใช้ประโยชน์ภายในครัวเรือน ในยุคต่อมาได้มีการนำเอาไอน้ำร้อนมาใช้ในการประกอบอาหาร ใช้สำหรับอบชำระร่างกาย ใช้ล้างภาชนะ และใช้ในการบำบัดรักษาโรค การใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพเพื่อการผลิตไฟฟ้าเริ่มต้นขึ้นในปี 1913 ที่ประเทศอิตาลี โดยใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพจากแหล่งลาร์เคอเรลโล มีขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ นับว่าเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแห่งแรกในโลกที่มีการผลิตไฟฟ้าออกมาในเชิงอุตสาหกรรม (McVeigh, 1984 : 192) โดยในปัจจุบันได้พัฒนาและขยายเป็นโรงไฟฟ้าขนาด 700 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ยังมีแผนที่จะเพิ่มขนาดกำลังการผลิตมากขึ้นเป็น 1,200 เมกะวัตต์ในอนาคต (Boyle, 2004 : 346)

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพที่ใหญ่ที่สุดในโลกในปัจจุบันคือ โรงไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งที่เรียกว่าเกย์เซอร์ฟิลด์ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว โดยเริ่มผลิตไฟฟ้าในปี ค.ศ. 1984 มีกำลังการผลิตในขณะเริ่มต้น 565 เมกะวัตต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 1,300 เมกะวัตต์ในปี ค.ศ. 1984 (McVeigh, 1984 : 195) นอกจากนี้ยังมีอีกหลายประเทศทั่วโลกที่ใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพผลิตไฟฟ้า เช่น รัสเซีย นิวซีแลนด์ เม็กซิโก ไชล์แลนด์ หรือในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย เป็นต้น โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพทั่วโลกติดตั้งและดำเนินการผลิตไปแล้วมากกว่า 250 แห่ง เทคโนโลยีที่ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพในแต่ละแห่งจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

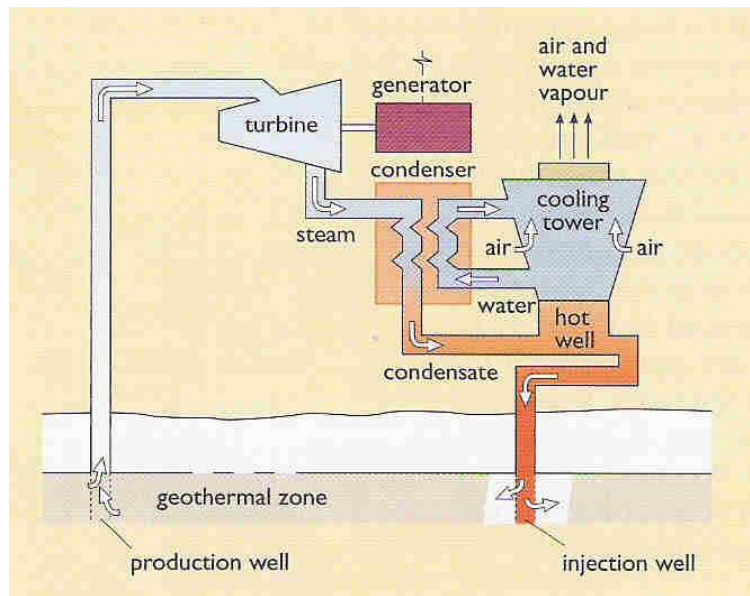
คุณสมบัติต่างๆของแหล่งพลังงานความร้อน ซึ่งนอกจากจะต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิและความดันของของไหลที่มีในแหล่งนั้นๆแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความเค็มและสารประกอบจำพวกก๊าซต่างๆที่มีอยู่ในของไหลนั้นด้วยเพราะอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าได้ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ (Boyle. 2004 : 359-363) ได้แก่

8.5.1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพแบบไอแห้ง

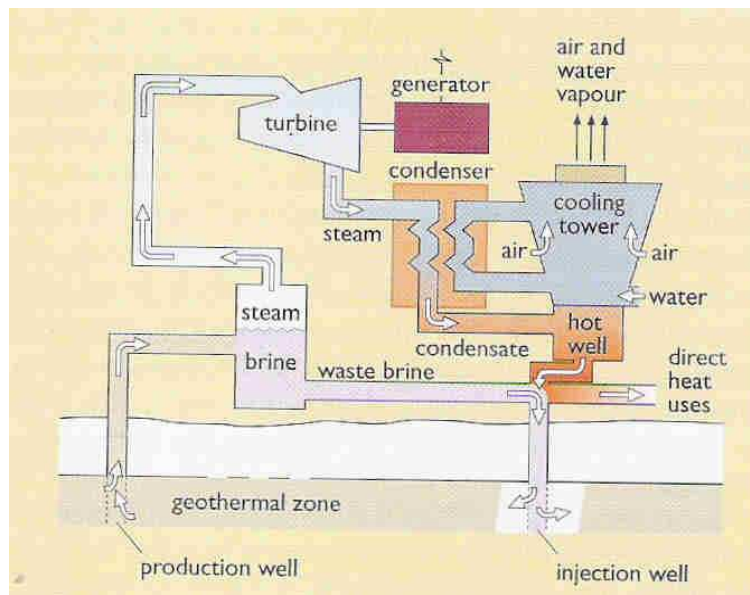
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพแบบไอแห้ง (dry steam power plant) ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานความร้อนได้พิภพแบบไอแห้ง ไอแห้งที่ได้จากแหล่งพลังงานความร้อนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 180-225 องศาเซลเซียส มีความดันประมาณ 4-8 เมกะพาสคัล โดยจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลกทางท่อที่ใส่ไอน้ำในหลุมเจาะด้วยความเร็วหลายร้อยกิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อขึ้นมาถึงส่วนของกังหันที่ถูกต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสามารถดันให้กังหันหมุนและผลิตไฟฟ้าออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าในบางแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงมากๆ ซึ่งอาจสูงถึง 300-350 องศาเซลเซียส และหากมีความดันของไอสูงด้วยแล้วจะยังเป็นผลดีต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในระบบผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าแบบนี้ถือว่าเป็นระบบที่ธรรมดาและคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยทั่วไปการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแบบนี้จะต้องใช้ ไอน้ำประมาณ 6.5 กิโลกรัมต่อการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง ลักษณะของการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพแบบไอแห้งนี้แสดงไว้ในภาพที่ 8.7

8.5.2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพแบบซิงเกิลแฟลชสตรีม

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้พิภพแบบซิงเกิลแฟลชสตรีม (single flash steam power plant) ถูกใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานความร้อนได้พิภพแบบไอเปียก ซึ่งมีละอองไอน้ำผสมอยู่บางส่วน ดังนั้นโรงไฟฟ้าแบบนี้จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องแยกละอองไอน้ำนั้นออกเสียก่อนเพื่อป้องกันการไปรบกวนระบบกังหัน และอาจก่อให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนของแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในไอน้ำนั้นตามจุดต่างๆ บนกังหัน ไอน้ำที่ใช้หมุนกังหันในโรงไฟฟ้าแบบนี้ควรมีอุณหภูมิประมาณ 155-165 องศาเซลเซียส และมีความดันอยู่ในช่วง 0.5-0.6 เมกะพาสคัล โดยทั่วไปการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแบบนี้จะต้องใช้ไอน้ำประมาณ 8 กิโลกรัม ต่อการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง ลักษณะของการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบซิงเกิลแฟลชสตรีมแสดงไว้ในภาพที่ 8.8



ภาพที่ 8.7 แสดงผังการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบไอน้ำแห้ง
ที่มา (Boyle. 2004 : 360)



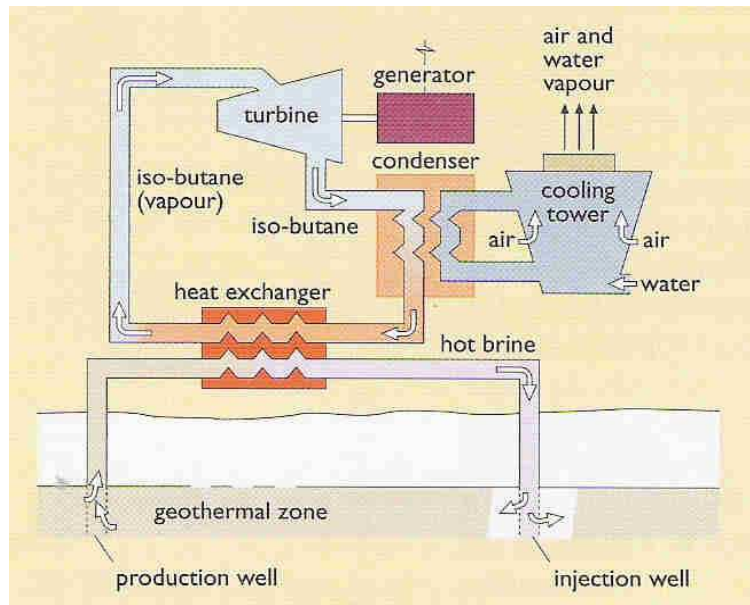
ภาพที่ 8.8 แสดงผังการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบซิงเกิลเฟลชสตรีม
ที่มา (Boyle. 2004 : 360)

8.5.3 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบ 2 วงจร

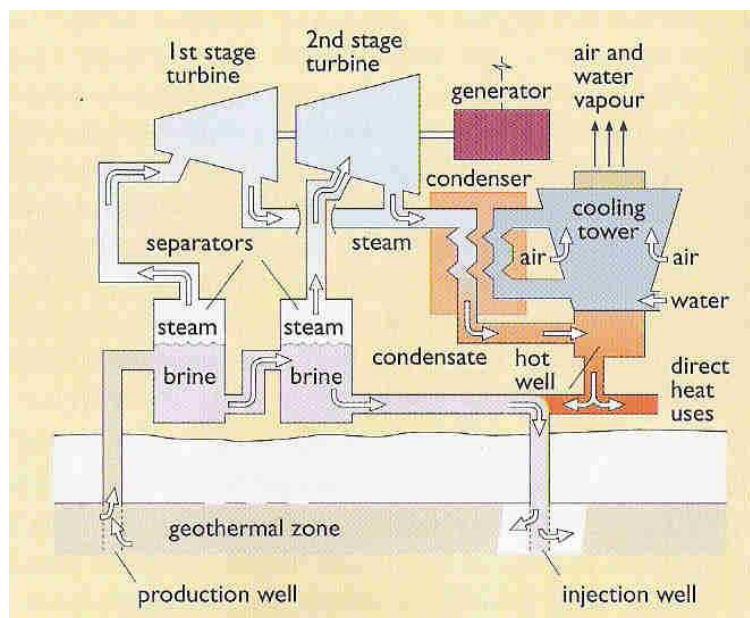
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบ 2 วงจร (binary cycle power plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้จะใช้กับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีอุณหภูมิและความดันไม่สูงนัก เช่น แหล่งพลังงานความร้อนที่เป็นน้ำร้อนหรือน้ำเค็มร้อน การทำงานของระบบโรงไฟฟ้าแบบนี้ต้องอาศัยสารทำงานในลักษณะของสารทำงานทุติยภูมิ ซึ่งจะมีคุณสมบัติของจุดเดือดต่ำเช่น แอมโมเนีย ฟรีออน เพนเทน หรือ บิวเทน เป็นต้น สารทำงานเหล่านี้เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากน้ำร้อน จะระเหยกลายเป็นไอและถูกส่งไปขับให้กังหันหมุนเพื่อผลิตไฟฟ้า ในกรณีที่มีอุณหภูมิของแหล่งความร้อนต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบซิงเกิลเฟลชสตรีม นั่นคือข้อได้เปรียบของโรงไฟฟ้าแบบนี้คือ สามารถใช้กับแหล่งพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิไม่สูงนัก ซึ่งสามารถพบได้โดยทั่วไป นอกจากนี้สารประกอบทางเคมีที่ผสมอยู่ในน้ำร้อนยังสามารถแยกออกและนำไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามข้อเสียของโรงไฟฟ้าแบบนี้คือ การลงทุนค่อนข้างสูง และการเก็บรักษาพลังงานความร้อนของน้ำร้อนจะต้องเก็บภายใต้ความดันสูง ลักษณะการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร แสดงไว้ในภาพที่ 8.9

8.5.4 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบดับเบิลเฟลชสตรีม

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบดับเบิลเฟลชสตรีม เกิดจากการผสมผสานแนวคิดระหว่างการพัฒนาเทคนิคที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแบบซิงเกิลเฟลชสตรีม กับการลดต้นทุนในการลงทุนของโรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร โรงไฟฟ้าแบบนี้เหมาะสำหรับแหล่งพลังงานความร้อนที่มีส่วนผสมของสารประกอบอื่นในปริมาณต่ำ และต้องไม่มีปัญหาในเรื่องของการควบแน่นของก๊าซที่ผสมอยู่ เพราะอาจก่อให้เกิดผลกระทบการทำงานของระบบทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง การทำงานของระบบนี้แหล่งพลังงานความร้อนซึ่งมีความดันสูงจากภายนอกจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนเพื่อส่งไปขับกังหันที่มีอยู่ 2 ชุด เป็นผลให้ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าปกติประมาณร้อยละ 20-25 โดยมีการลงทุนในส่วนของโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกเพียงร้อยละ 5 เท่านั้น ลักษณะการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบดับเบิลเฟลชสตรีม แสดงไว้ในภาพที่ 8.10



ภาพที่ 8.9 แสดงผังการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร
ที่มา (Boyle. 2004 : 360)



ภาพที่ 8.10 แสดงผังการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบดับเบิลแฟลชสตรีม
ที่มา (Boyle. 2004 : 360)

8.6 ประเทศไทยกับการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ

สถานภาพการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย โดยภาพรวมแล้วยังถือว่าค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับหลายๆประเทศ ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะความแตกต่างของลักษณะทางภูมิศาสตร์และความจำเป็นในชีวิตประจำวัน เพราะโดยประวัติศาสตร์ของการประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพที่เริ่มต้นจากการใช้เพื่อสร้างความอบอุ่นภายในบ้านเรือนช่วงหน้าหนาว และใช้สำหรับอบเพื่อการบำบัดรักษา ในขณะที่ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนจึงไม่ค่อยมีใครให้ความสนใจในเรื่องนี้ ในขณะที่เดียวกันจากการสำรวจศักยภาพของแหล่งพลังงานเหล่านี้โดยหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทรัพยากรธรณี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นต้น พบว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงพอที่จะสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในปัจจุบันนี้มีเพียงไม่กี่แห่งเท่านั้น

ศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่น่าสนใจ ที่จะได้กล่าวถึงในที่นี้คือ แหล่งที่มีศักยภาพพลังงานที่ค่อนข้างสูงและแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานสูงปานกลาง โดยแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานที่ค่อนข้างสูง เป็นแหล่งที่มีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส และมีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาเหมาะสมที่สามารถกักเก็บน้ำร้อนใต้เป็นจำนวนมากและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 8.1 ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานสูงปานกลางเป็นแหล่งที่มีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บระหว่าง 140-180 องศาเซลเซียส มีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สามารถกักเก็บน้ำร้อนใต้ในปริมาณมากเหมือนกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.2

อย่างไรก็ตามหากต้องการพัฒนา เพื่อใช้แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพเหล่านี้เพื่อการผลิตไฟฟ้าแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงเป็นลำดับแรกๆ คือเรื่องของต้นทุนในการสร้างระบบโรงไฟฟ้า เพราะโดยศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในประเทศไทยนั้น จะต้องใช้โรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร เนื่องจากระดับอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผิวดินไม่สูงมากนัก ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 8.5.3 และจะยังมีความเป็นไปได้น้อยหากต้องการสร้างเป็นโรงไฟฟ้าขนาดกลางหรือใหญ่ แต่ในขณะเดียวกันหากพิจารณาในมิติของการวิจัยเพื่อองค์ความรู้ มิติของการเป็นแหล่งผลิตพลังงานเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ และมิติของความคุ้มค่าในระยะยาว ก็น่าจะมีการส่งเสริมสนับสนุนให้มีการศึกษา วิจัย เพื่อใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพให้มากขึ้น

ตารางที่ 8.1 แสดงแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่มีศักยภาพค่อนข้างสูง

ชื่อแหล่ง	ที่อยู่	อุณหภูมิที่ผิวดิน ($^{\circ}\text{C}$)
ฝาง	อ. ฝาง จ. เชียงใหม่	99
สันกำแพง	อ. สันกำแพง จ. เชียงใหม่	99
แม่จัน	อ. แม่จัน จ. เชียงใหม่	93
สบโป่ง	อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย	92
แม่จอก	อ. วังชิ้น จ. แพร่	82

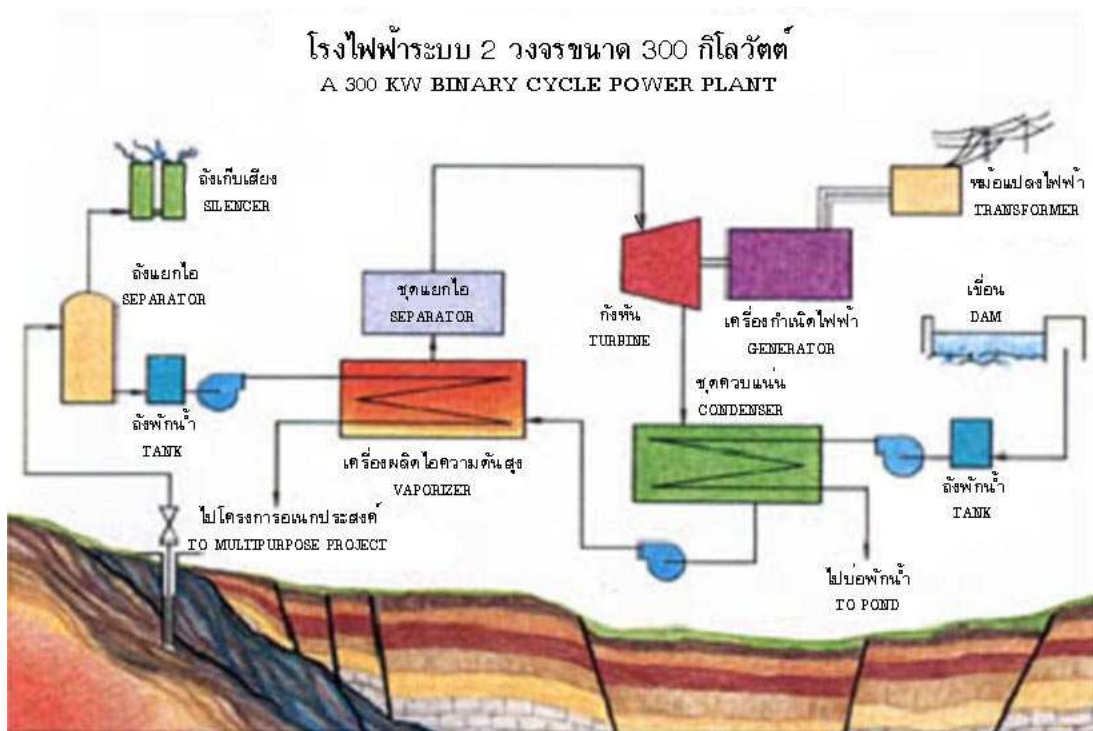
ที่มา (โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง, 2547ก. ออนไลน์)

ตารางที่ 8.2 แสดงแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงปานกลาง

ชื่อแหล่ง	ที่อยู่	อุณหภูมิที่ผิวดิน ($^{\circ}\text{C}$)
โป่งกุ่ม	อ. ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่	78
โป่งเหม็น	อ. แม่แจ่ม จ. เชียงใหม่	70
บ้านโป่ง	อ. พร้าวจ. เชียงใหม่	72
หนองครก	อ. พร้าวจ. เชียงใหม่	72
โป่งน้ำร้อน	อ. เมือง จ. เชียงราย	80
โป่งนาค่า	อ. เมือง จ. เชียงราย	65
โป่งยางผาเคียว	อ. เมือง จ. เชียงราย	85
โป่งใหม่	อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน	78
โป่งสัก	อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน	85
โป่งปะ	อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน	88
แม่สุ	อ. แม่ลาน้อย จ. แม่ฮ่องสอน	78
บ้านโป่งน้ำร้อน	อ. เกาะคา จ. ลำปาง	60

ที่มา (โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง, 2547ก. ออนไลน์)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ เพื่อผลิตไฟฟ้าเพียงแห่งเดียวคือ โรงไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง ซึ่งตั้งอยู่ที่ ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้เริ่มเดินเครื่องเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2532 มีขนาดกำลังผลิต 300 กิโลวัตต์ เป็นโรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร ดังแสดงในภาพที่ 8.11 ซึ่งถือว่าเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพแบบ 2 วงจรแห่งแรกในเอเชียอาคเนย์ โรงไฟฟ้านี้ใช้น้ำร้อนจากหลุมเจาะในระดับตื้นโดยมีอุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 16.5-22 ลิตรต่อวินาที ฆ่าถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานและใช้น้ำอุณหภูมิ 15-30 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 72-94 ลิตรต่อวินาที เป็นตัวหล่อเย็น สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 1.2 ล้านหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)



ภาพที่ 8.11 แสดงผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพฝางที่มา (โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง, 2547ข. ออนไลน์)

นอกจากการผลิตไฟฟ้าแล้วผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นตามมาจากรังไฟฟ้าแห่งนี้คือ น้ำร้อนที่ออกมาหลังจากการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานแล้ว อุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการอบแห้งและใช้สำหรับการทำระบบความเย็นเพื่อใช้ห้องทำงานและห้องเย็นสำหรับการเก็บรักษาพืชผลทางการเกษตร นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อการทำกายภาพบำบัดและสำหรับการท่องเที่ยว ท้ายสุดเมื่อน้ำทั้งหมดกลายเป็นน้ำอุ่นจะถูกปล่อยลงไปผสมกับน้ำตามธรรมชาติในลำน้ำเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำให้กับเกษตรกร โดยในแต่ละปีน้ำที่ปล่อยออกจากโรงไฟฟ้านี้มีจำนวนประมาณ 5 แสนลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและใช้ในการเกษตรได้

8.7 ผลกระทบจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานความร้อนนี้ แม้จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบที่ร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็ควรทำการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจและหาทางป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดตามมาได้ ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพสามารถสรุปได้ดังนี้

8.7.1 ก๊าซพิษ

โดยทั่วไปพลังงานความร้อนที่ได้จากแหล่งใต้พิภพ มักมีก๊าซประเภทที่ไม่สามารถรวมตัว (noncondensable gases) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซอื่นๆผสมอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะมีอันตรายต่อระบบการหายใจหากมีการสูดดมเข้าไป ดังนั้นจึงต้องมีวิธีกำจัดก๊าซเหล่านี้โดยการเปลี่ยนสภาพของก๊าซให้เป็นกรด โดยการให้ก๊าซนั้นผ่านเข้าไปในน้ำซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เป็นกรดซัลฟิวริกขึ้น โดยกรดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

8.7.2 แร่ธาตุ

น้ำจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในบางแหล่ง มีปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ในปริมาณที่สูงซึ่งการนำน้ำนั้นมาใช้แล้วปล่อยระบายลงไปผสมกับแหล่งน้ำธรรมชาติบนผิวดิน จะส่งผลกระทบต่อระบบน้ำผิวดินที่ใช้ในการเกษตรหรือใช้อุปโภคบริโภคได้ ดังนั้นก่อนการปล่อย

น้ำออกไป จึงควรทำการแยกแร่ธาตุต่างๆ เหล่านี้ ออก โดยการทำให้ตกตะกอนหรืออาจใช้วิธีอัดน้ำนั้นกลับคืนสู่ใต้ผิวดิน ซึ่งต้องให้แน่ใจว่าน้ำที่อัดลงไปนั้นจะไม่ไหลไปปนกับแหล่งน้ำใต้ดินธรรมชาติที่มีอยู่

8.7.3 ความร้อน

โดยปกติน้ำจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากระบบผลิตไฟฟ้าแล้วจะมีอุณหภูมิลดลง แต่อาจยังสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำในแหล่งธรรมชาติเพราะยังมีความร้อนตกค้างอยู่ ดังนั้นก่อนการระบายน้ำนั้นลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติควรทำให้น้ำนั้นมีอุณหภูมิเท่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำในแหล่งธรรมชาติเสียก่อน โดยอาจนำไปใช้ประโยชน์อีกครั้งคือการนำไปผ่านระบบการอบแห้งหรือการทำความอบอุ่นให้กับบ้านเรือน

8.7.4 การทรุดตัวของแผ่นดิน

การนำเอาความร้อนจากใต้ดินขึ้นมาใช้ ย่อมทำให้ในแหล่งพลังงานความร้อนนั้นเกิดการสูญเสียเนื้อมวลสารส่วนหนึ่งออกไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดินขึ้นได้ ดังนั้นหากมีการสูบน้ำร้อนขึ้นมาใช้ จะต้องมีการอัดน้ำซึ่งอาจเป็นน้ำร้อนที่ผ่านการใช้งานแล้วหรือน้ำเย็นจากแหล่งอื่นลงไปทดแทนในอัตราเร็วที่เท่ากัน เพื่อป้องกันปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดิน

8.8 บทสรุป

พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ได้จากแหล่งความร้อน ซึ่งถูกกักเก็บอยู่ภายใต้ผิวโลก แหล่งความร้อนใต้พิภพจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ลักษณะคือ แหล่งที่เป็นไอซึ่งจะมีทั้งชนิดไอน้ำแห้งและไอน้ำเปียก แหล่งที่เป็นน้ำร้อน แหล่งที่เป็นหินร้อนแห้ง และแหล่งที่เป็นแมกมา ในขณะที่แหล่งพลังงานความร้อนที่เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่พบเห็นได้บนโลก จะอยู่ในรูปแบบของบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อน บ่อโคลนเดือด และบ่อไอเดือด การนำเอาความร้อนจากใต้พิภพมาผลิตไฟฟ้าจะเลือกใช้เทคโนโลยีแบบใดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของแหล่งความร้อน ซึ่งแหล่งความร้อนที่ถือว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดคือแหล่งที่เป็นไอน้ำแห้ง ประเทศไทยถึงแม้จะมีศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพไม่สูงนัก แต่ก็ควรได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนเพราะ

นอกจากจะใช้เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์แล้ว ยังสามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว หรือกิจการอื่นๆ ได้

8.9 คำถามทบทวน

1. จงอธิบายถึงลักษณะของโครงสร้างภายในของโลก
2. จงอธิบายความหมายของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ
3. จงบอกถึงลักษณะของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่อยู่ภายในโลก
4. จงบอกถึงรูปแบบของปรากฏการณ์ธรรมชาติอันเกิดจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ
5. จงบอกถึงชนิดของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ
6. จงอธิบายลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบไอแห้งมาพอสังเขป
7. จงอธิบายลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบ 2 วงจร
8. จงกล่าวถึงศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย
9. จงกล่าวถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ
10. จงอธิบายถึงแนวทางในการแก้ไขผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ

เอกสารอ้างอิง

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพฝาง. [ออนไลน์]. (2547ก). แหล่งที่มา:

<http://teenet.chiangmai.ac.th/sci/survey03.php>.

_____. [ออนไลน์]. (2547ข). แหล่งที่มา: http://teenet.chiangmai.ac.th/fang_th.php.

Boyle, G. (2004). **Renewable Energy Power for a Sustainable Future**. New York : Oxford University Press.

Brooks, J. (1985). **Origins of Life**. England : Lion.

Giampaolo, D. & Hutchins, M. (2002). **Geyser**. [On-line]. Available: <http://www.nobius.org/~dbg/trip-photos/new-zealand/wai-o-tapu-geyser.jpg>.

Gong, Kevin L. (2004). **Mudpot**. [On-line]. Available: <http://kevingong.com/Hiking/Images/199908BumpassHell/15BoilingMud001.jpg>.

McVeigh, J.C. (1984). **Energy Around The World**. Oxfrrod : Pergamon.

National Academy of Sciences. (1979). **Energy in Transition 1985-2010**. Washington, D.C. :

National Academy of Sciences.

Naturbilder. (2005). **Fumarole**. [On-line]. Available: <http://www.naturbilder.de/PortfMetzger/>

Fumarole.JPG.

Nature Pictures. (1996). **Hot Spring**. [On-line]. Available: [http://cfa-www.harvard.edu](http://cfa-www.harvard.edu/~rmcgary/pictures/hot_spring.jpg)

/~rmcgary/pictures/hot_spring.jpg

Ristinen, Robert A. & Kraushaar, Jack J. (1999). **Energy and the Environment**.

New York : John Wiley & Sons.

Shepherd, W. & Shepherd, D.W. (1998). **Energy Studies**. Singapore : World Scientific.

ThinkQuest Team. (2000). **Earth's Structure**. [On-line]. Available:

<http://mediatheek.thinkquest.nl/~11125/images/struct.jpg>.