รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 1

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติโคลนพุน้ำร้อน เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย

Study on Water Footprint, Flash Flood and Hot Mud Properties to Develop Hot Springs as Models for Tourism Destination in Western Thailand.

โดย

ผศ.อรรณพ หอมจันทร์ และคณะ

มีนาคม 2559

สัญญาเลขที่ RDG5750022

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 1

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติโคลนพุน้ำร้อน เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย

Study on Water Footprint, Flash Flood and Hot Mud Properties to Develop Hot Springs as Models for Tourism Destination in Western Thailand.

คณะผู้วิจัย

ผศ.อรรณพ หอมจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อ.พงศกร จิวาภรณ์คุปต์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.กัญจน์นรี ช่วงฉ่ำ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สมฤดี สาธิตคุณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการ“การวิจัยเชิงบูรณาการวิทยาศาสตร์และการท่องเที่ยวแบบมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนของประเทศไทย”

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับความร่วมมือจากภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ หน่วยงานและชุมชนในท้องถิ่นที่มีหน้าที่ดูแลบริการจัดการแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษา ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ผู้ใหญ่บ้านและชาวชุมชนบ้าน พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ตำบลยางน้ำกลัดเหนือ อำ เภอหนองหญ้าปล้อง จั งหวัดเพชรบุรี หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติพาเจริญที่ 2 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช องค์การบริหารส่วนตำบลพบพระ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผู้นำชุมชนและชุมชนในพื้นที่ ที่ได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัย ทั้งในส่วนของการสำรวจ เก็บตัวอย่าง และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ และสำนักประสานงานโครงการวิจัยอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ สกว. ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการจัดทำรายงานการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง และสุดท้ายขอขอบคุณคณะผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัย และร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูล พร้อมทั้งข้อคิดเห็นต่างๆทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามเป้าประสงค์ของโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัย

แบบสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

1.1 ชื่อเรื่อง

โครงการย่อยที่ 1

(ภาษาไทย) การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติของโคลนพุน้ำร้อน เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Study on Water Footprint, Flash Flood and Hot Mud Properties to Develop Hot Springs as Models for Tourism Destination in Western Thailand

ภายใต้ แผนงานวิจัย

(ภาษาไทย) การวิจัยเชิงบูรณาการวิทยาศาสตร์และการท่องเที่ยวแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนของประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Integrated Research of Sciences and Tourism with Community Participation for Hot spring Tourism Development in Thailand

1.2 ชื่อคณะวิจัย

1.2.1) หัวหน้าโครงการ

ชื่อ นายอรรณพ หอมจันทร์

คุณวุฒิ ปริญญาโท

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์ 02-5625555 โทรสาร 02-5793711

E-mail fsciunh@ku.ac.th

1.2.2) ผู้ร่วมงานวิจัย

1) ชื่อ นายพงศกร จิวาภรณ์คุปต์

คุณวุฒิ ปริญญาโท

ตำแหน่ง อาจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์ 0-2562-5555 ต่อ 1444

E-mail fscipsw@ku.ac.th

2) ชื่อ นางสาวกัญจน์นรี ช่วงฉ่ำ
คุณวุฒิ ปริญญา เอก
ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 0-2562-5555 ต่อ 1418
E-mail fsciknr@ku.ac.th

3) ชื่อ นาง สมฤดี สาธิตคุณ
คุณวุฒิ ปริญญา เอก
ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 0-2562-5555 ต่อ 1418
E-mail fscisrd@ku.ac.th

1.2.3) ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

1) ชื่อ-นามสกุล นางนิตยา เลาหะจินดา
คุณวุฒิ ปริญญาเอก
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 02-562-5555#1422 โทรสาร02-579-3711
E-mail fscinyl@ku.ac.th

2) ชื่อ-นามสกุล นายวีระศักดิ์ อุดมโชค
คุณวุฒิ ปริญญาเอก
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ระดับ 9
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 02-562-5555#5213โทรสาร02-579-3711
E-mail fscivsu@yahoo.com

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 งบประมาณที่ได้รับ 830,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปีตั้งแต่15 กรกฎาคม พ.ศ. 2557ถึง14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

2. สรุปโครงการวิจัย

2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากผลการศึกษาโครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย (2555) ได้คัดเลือกแหล่งพุน้ำร้อนที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกจำนวน 3 แหล่งคือ แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งในการจะพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนดังกล่าวนี้จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้และข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งที่ได้ศึกษาวิจัยมาแล้วและที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งนี้ให้เป็นต้นแบบของการบริหารจัดการเพื่อการท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ซึ่งประเด็นในการวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งมีดังนี้

ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆของแหล่งพุน้ำร้อนมีการใช้ทรัพยากรน้ำค่อนข้างมากทั้งน้ำพุร้อนในการให้บริการอาบแช่น้ำผิวดิน (ถ้ามีลำธารไหลผ่าน) และน้ำที่ใช้ในกิจกรรมทั้งหมดในแหล่งพุน้ำร้อนนั้นๆตลอดจนมีน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ จึงควรมีการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ (water footprint) ในกิจกรรมทั้งหมดอย่างครบวงจรเพื่อวางแผนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของแหล่งพุน้ำร้อนให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ตลอดจนควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อไป ดังนั้นผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนต้นแบบที่มีการบริหารจัดการเรื่องทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

สำหรับแหล่งพุ น้ำร้อนห้วย น้ำนัก จังหวัดตาก นอกจากจะมีสภาพแวดล้อมที่สวยงามและมีคุณภาพน้ำพุร้อนที่ดีแล้วยังพบว่าในพื้นที่บริเวณพุน้ำร้อนบ่อที่ 3 ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านล่างมีโคลนร้อนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งหากพบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาทำ “mud spa” หรือผลิตภัณฑ์ในชุมชนก็อาจช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพได้เป็นอย่างดี จึงควรมีการศึกษาลักษณะสมบัติของโคลนร้อนดังกล่าวว่ามีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ หรือ มีการปนเปื้อนหรือไม่เพียงใดส่วนแหล่งพุ น้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นแหล่ งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทย และโดยเฉพาะชาวต่างประเทศให้ความสนใจมาใช้บริการเป็นจำนวนมาก เนื่องจาก น้ำพุร้อนมีอุณหภูมิพอเหมาะที่จะอาบแช่ทัศนียภาพสวยงาม และยังมีลำห้วยกุยมั่งไหลผ่านแต่บริเวณแหล่งพุ น้ำร้อนหินดาดนี้อาจมีความเสี่ยงในเรื่องภาวะ น้ำหลากในบางช่วงเวลา ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงโอกาสที่จะเกิดภาวะน้ำหลากเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันหรือบริหารจัดการการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาวะทางธรรมชาติเช่นกำหนดช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงต่อภาวะน้ำหลาก และรูปแบบการให้บริการที่สามารถตอบสนองนักท่องเที่ยวในช่วงที่อาจมีภาวะ น้ำหลากได้ (ดำเนินการร่วมกับโครงการย่อยที่ 2)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาข้อมูลเชิงลึกทางด้านวิทยาศาสตร์ได้แก่การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติของโคลนร้อนของแหล่งพุ น้ำร้อนที่ได้คัดเลือกเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตก

2.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

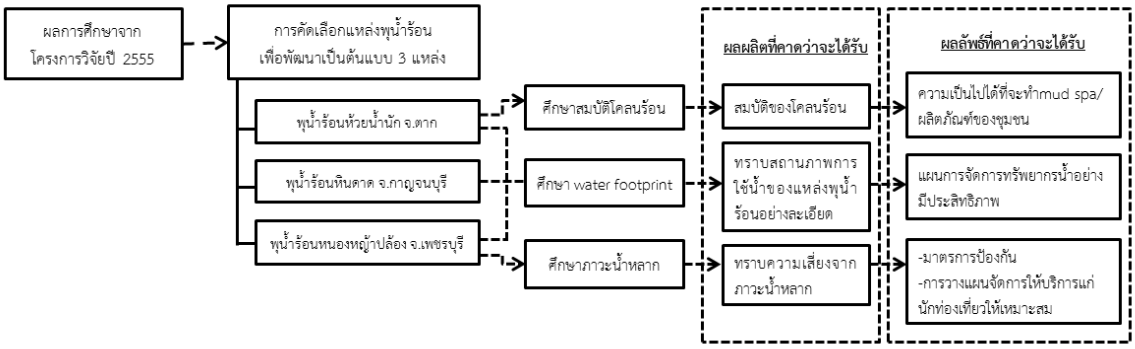
1) เพื่อศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบในภาคตะวันตก
2) เพื่อศึกษาภาวะน้ำหลากของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี
3) เพื่อศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก
4) เพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ระเบียบวิธีการวิจัย

ศึกษาข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก อ.พบพระ จ.ตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ต.ยางน้ำกลัดเหนือ อ.หนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย ดำเนินการวิจัยโดยศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ศึกษาภาวะน้ำหลากของพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรีและศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก

ขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย



2.4 ผลการวิจัย

ผลการศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำของพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง สรุปได้ว่า อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของพุน้ำร้อนหินดาด พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก และพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องเท่ากับ 706.75 , 294.62 และ 155.52 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งยังพอเพียงสำหรับการให้บริการอาบแช่และใช้ในการอุปโภคบริโภคในชุมชน เมื่อพิจารณาจากร้อยละของน้ำพุร้อนที่เหลือใช้จากกิจกรรมต่างๆ พบว่าพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักมีปริมาณน้ำพุร้อนเหลือใช้มากที่สุด (ร้อยละ 80) รองลงมาได้แก่พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง (ร้อยละ 47) และพุน้ำร้อนหินดาด (ร้อยละ 40) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มการให้บริการอาบแช่ หรือ ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่

ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากน้ำพุร้อนจากทั้ง 3 แห่ง มีคุณภาพดีตามมาตรฐานการผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ จึงควรวางแผนการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งนี้ให้คุ้มค่าต่อไป

ผลการศึกษาภาวะน้ำหลากของห้วยกุยมั่ง บริเวณพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี สรุปได้ว่าสาเหตุของการเกิดฝนตกหนัก ที่ก่อให้เกิดน้ำท่วม (น้ำหลาก) บริเวณพุน้ำร้อนหินดาด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง โดยช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และพบว่า ห้วยกุยมั่ง ณ ช่วงพุน้ำร้อนหินดาด มีค่าความจุลำธารสูงสุด เท่ากับ 10.35 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมพุน้ำร้อนจึงต้องมีแผนรองรับภาวะดังกล่าวต่อไป

ผลการศึกษาสมบัติ โคลนพุร้อน ของพุน้ำร้อน ห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก สรุปได้ว่าโคลนพุน้ำร้อนนี้เกิดจากสารในน้ำพุร้อนตกตะกอนสะสมตัวกลายเป็นโคลนน้ำพุร้อน ปริมาณโคลนสะสมตัวไม่มาก มีสีน้ำตาลอมเหลือง ไม่เค็มมีฤทธิ์เป็นด่างมีสารอาหารน้อยมีสารแคลเซียมสูงเนื้อร่วนละเอียด แต่มีสารหนูเกินมาตรฐานจึงไม่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมส่วน ลักษณะทางธรณีวิทยาโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักกลับมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านธรณีนิเวศในการเกิดโคลนพุน้ำร้อนที่เกิดจากตะกอนคาร์บอเนต ซึ่งสามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อีกทางหนึ่ง

ประเด็นหลักที่อบต.และชุมชนที่มีหน้าที่บริหารจัดการแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ควรดำเนินการ มีดังนี้ บริหารจัดการเพื่อ ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง เช่น เพิ่มการให้บริการอาบแช่แก่นักท่องเที่ยว โดยวางแผน สร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต อย่างเหมาะสมกับปริมาณน้ำพุร้อนที่มีและสภาพพื้นที่ หรือนำน้ำพุร้อนที่เหลือมา ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน ซึ่งอาจมีการร่วมมือ กับภาคเอกชน ส่วน การนำน้ำพุร้อนไปใช้เป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้ควรจัดหาแหล่งน้ำ (นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต อาจเป็นแหล่งน้ำผิวดิน โดยปรับปรุงคุณภาพน้ำ ให้เหมาะสม หรือจัดหาบ่อบาดาลเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่าต่อไป ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้ ควรมีการวางระบบ ควบคุมและบันทึกปริมาณการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบข้อมูลการใช้น้ำในส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน และที่สำคัญคือ หน่วยงานต่างๆ และชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนให้ยั่งยืนต่อไป

2.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและรักษาสิ่งแวดล้อมของแหล่งพุ น้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตก

2. ได้ข้อมูลความเสี่ยงจากภาวะน้ำหลากและมาตรการป้องกันของแหล่งพุ น้ำร้อนหินดาด กาญจนบุรี ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการจัดรูปแบบการให้บริการท่องเที่ยวอย่างเหมาะสม

3. ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำโคลน พุน้ำร้อนจากแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก มาใช้ทำ mud spaโดยพิจารณาจากสมบัติของโคลนพุน้ำร้อน

4. ได้แหล่งเรียนรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับทรัพยากรพุน้ำร้อน

5. องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพของแหล่งพุน้ำร้อนที่ได้ จะป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ในการวางแผนการจัดการการท่องเที่ยว เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย

2.6 การนำไปใช้ประโยชน์

1. คณะผู้วิจัยได้จัดอบรมถ่ายทอดความรู้จากผลการวิจัยให้กับหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการบริหารจัดการแหล่งน้ำพุร้อน (อบจ. /อบต. /หมู่บ้าน) ซึ่งทำให้หน่วยงานเหล่านี้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงทั้งในระดับกำหนดนโยบายและปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำพุร้อนในชุมชนโดยเฉพาะทางด้านการท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนซึ่งได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้วดังนี้

    1.1 พุน้ำร้อนหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยอบรมถ่ายทอดผลการวิจัยให้กับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่อบต.หินดาด และผู้นำชุมชน เมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2558
    1.2 พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ตำบลยางน้ำกลัดเหนือ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรีโดยอบรมถ่ายทอดผลการวิจัยให้กับผู้นำชุมชนและชาวชุมชนบ้านพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง เมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2558
    1.3 พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ตำบลพบพระ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยจัดอบรมถ่ายทอดผลการวิจัยให้กับเจ้าหน้าที่ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติพาเจริญที่ 2 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช องค์การบริหารส่วนตำบลพบพระ อ .พบพระ จ .ตาก ผู้นำชุมชนและชาวชุมชนพุน้ำร้อน(ทั้งชาวไทยและชนเผ่าปกาเกอะญอ) เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2558

2 หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและดำเนินการเพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวน้ำพุร้อนของไทยได้อย่างเหมาะสม เช่น ที่ได้ดำเนินการแล้วคือ รวบรวมผลการวิจัยให้กับสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเพื่อเป็นข้อมูลในการนำเสนอเรื่อง โครงการพัฒนาต้นแบบเมืองสปาน้ำพุร้อนชั้นนำของประเทศต่อ คณะกรรมการร่วมภาครัฐและเอกชนเพื่อแก้ไขปัญหาทางเศรษฐกิจ (กรอ.) เมื่อเดือนสิงหาคม 2558
3 สถาบันการศึกษาและวิจัยสามารถนำผลการวิจัยไปขยายแนวทางการวิจัยเพื่อให้สามารถพัฒนาการท่องเที่ยวน้ำพุร้อนของไทยได้อย่างกว้างขวาง
4 ผลการวิจัยที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอน ทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพที่แสดงถึงการบูรณาการ กับการท่องเที่ยว เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่และยั่งยืน
5 ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ในวงวิชาการและผู้สนใจทั่วไป โดยการเผยแพร่ผลงานวิจัยทั้งในรูปการตีพิมพ์และผ่านสื่อต่างๆ

2.7 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการบริหารจัดการ

1) แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษา

ประเด็นหลักที่อบต.และชุมชนที่มีหน้าที่บริหารจัดการแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบในภาคตะวันตก คือ พุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก และพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี ควรดำเนินการ มีดังนี้

1.1) บริหารจัดการเพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง

- เพิ่มการให้บริการอาบแช่ แก่นักท่องเที่ยว โดยวางแผน สร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต อย่างเหมาะสมกับปริมาณน้ำพุร้อนที่มี และสภาพพื้นที่ เช่น กรณีพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักและพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง (ซึ่งมีการให้บริการอาบแช่เฉพาะในห้องอาบแช่) ควร สร้างบ่ออาบแช่แบบสาธารณะในที่โล่งโดยต่อท่อลำเลียงน้ำพุร้อนที่เหลือใช้มาให้บริการแก่นักท่องเที่ยว โดยออกแบบให้เหมาะกับภูมิลักษณ์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการใช้น้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังจะช่วยรองรับนักท่องเที่ยวในช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย
- นำน้ำพุร้อนที่เหลือมา ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน เพื่อบริโภคในชุมชน หรือจัดจำหน่าย โดยอาจร่วมมือกับภาคเอกชน
- กรณีที่มีน้ำพุร้อนเหลือทิ้งมาก (เช่นห้วยน้ำนัก เหลือทิ้งถึงประมาณร้อยละ 80) อาจจัดจำหน่ายให้แก่ภาคเอกชน เช่น โรงแรมเพื่อใช้ให้บริการอาบแช่ในห้องพักโดยการต่อท่อส่ง หรือขนส่งโดยรถ เช่นเดียวกับไต้หวัน ที่โรงแรมในไทเป ขนส่งน้ำแร่จากพุน้ำร้อนเจียวซีไปใช้ให้บริการในโรงแรม
- สร้างที่กักเก็บน้ำพุที่เหลือทิ้ง เพื่อเก็บไว้ใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยอาจสร้างบ่อหรือขยายบ่อกำเนิดน้ำพุร้อนในแนวระนาบ หรือสร้างแท้งค์เก็บน้ำ ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

1.2) การนำน้ำพุร้อนไปใช้เป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้

1.3) ควรจัดหาแหล่งน้ำ (นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต อาจเป็นแหล่งน้ำผิวดิน โดยปรับปรุงคุณภาพน้ำ ให้เหมาะสม หรือ จัดหาบ่อบาดาลเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่าต่อไป

1.4) ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้ และบำบัดน้ำเสีย ขยะ และสิ่งปฏิกูลต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อน ด้วยวิธีการมาตราฐาน

1.5) ดูแลรักษาคุณภาพน้ำพุร้อน โดยทำ ความสะอาด บ่อกำเนิดน้ำพุร้อนอย่างสม่ำเสมอควบคุมให้ผู้ที่มาใช้บริการอาบแช่น้ำพุร้อนปฏิบัติตามกฎระเบียบ และอบรมเจ้าหน้าที่ให้ ทำความสะอาดบ่อกำเนิด บ่ออาบแช่น้ำพุร้อน ห้องอาบแช่ ให้ได้ตามมาตรฐาน

1.6) บำบัดน้ำเสีย ขยะ และสิ่งปฏิกูลต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนด้วยวิธีการมาตราฐาน

1.7) ควรมีการวางระบบในการ เปิด–ปิด ปั๊มสูบน้ำ และบันทึกข้อมูลการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบสถานภาพการใช้น้ำในส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน

1.8) กรณีที่แหล่งพุน้ำร้อนมีลำธารหรือห้วยไหลผ่าน เช่น พุน้ำร้อนหินดาด ควรควบคุมดูแลให้น้ำมีปริมาณและคุณภาพเหมาะสม เพื่อสามารถส่งเสริมการกิจกรรมการท่องเที่ยวได้ดีขึ้น

1.9) หน่วยงานต่างๆ และชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนหินดาดให้ยั่งยืนต่อไป

2) ภาครัฐควรออกข้อบังคับให้มีการศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ เช่น การสำรวจระบบน้ำพุร้อนใต้พื้นดิน ปริมาณการเกิดน้ำพุร้อน คุณภาพน้ำพุร้อน และสภาพแวดล้อม ของแหล่งพุน้ำร้อนทุกแห่งในประเทศไทย ว่ามีศักยภาพเหมาะสมที่ควรจะพัฒนาหรือไม่ ก่อนที่จะอนุญาตให้หน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบหรือชุมชนดำเนินการใดๆต่อไป

3) ควรปรับนโยบาย/กฎระเบียบของ แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนที่ ดำเนิน การโดยอุทยานแห่งชาติเช่นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตากเพื่อ เอื้อให้สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพุน้ำร้อนได้อย่างเต็มศักยภาพ เช่น ร่วมมือกับ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน หรือภาคเอกชน ในการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรพุน้ำร้อนได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

สารบัญเรื่อง

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I

สารบัญเรื่อง II

สารบัญตาราง III

สารบัญภาพ IV

แบบสรุปผู้บริหาร ก

บทคัดย่อ ฌ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1-1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1-2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1-2

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย 1-2

1.5 กรอบการวิจัย 1-2

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 1-3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พุน้ำร้อน 2-1

2.2 กรณีศึกษาสภาพแวดล้อม อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว แหล่งพุน้ำร้อนภาคตะวันตกของประเทศไทย 2-4

2.3 แนวคิดและหลักการของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ 2-38

2.4 การศึกษาน้ำหลาก 2-51

2.5 โคลนร้อนและการพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ในด้านสปา 2-58

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 3-1

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 3-1

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 3-2

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 3-3

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์แหล่งพุน้ำร้อน 4-1

4.2 การศึกษาภาวะน้ำหลากห้วยกุยมั่ง 4-22

4.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำพุร้อนและโคลนพุน้ำร้อน แหล่งห้วยน้ำนัก 4-45

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา 5-1

5.2 ข้อเสนอแนะ 5-3

เอกสารอ้างอิง อ-1

ภาคผนวก

ก เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ ผ-1

ข บทความเผยแพร่ ผ-3

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 :การใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มในภาคอุตสาหกรรมจำแนกประเทศในอาเซียน 2-43
2-2 :การใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มในภาคอุตสาหกรรมประเทศคู่ค้าสำคัญของไทย 2-43
2-3 :ปริมาณน้ำใช้ต่อนักท่องเที่ยวในหนึ่งวันเมื่อแบ่งตามรูปแบบการพักในประเทศต่างๆ 2-47
2-4 :น้ำที่ใช้ในทางตรงและทางอ้อมของนักท่องเที่ยวต่อวัน 2-50
2-5 :ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 2-53
4-1 :อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก ต่อหน่วยเวลาต่างๆ 4-3
4-2 :ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของบ่อพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 4-4
4-3 :อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี ต่อหน่วยเวลาต่างๆ 4-9
4-4 :ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของบ่อพุน้ำร้อนหินดาด 4-10
4-5 :อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี ต่อหน่วยเวลาต่างๆ 4-13
4-6 :ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 4-15
4-7 :ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก 4-17
4-8 :ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี 4-18
4-9 :ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี 4-19
4-10 :ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายคาบ 30 ปี (CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 1982-2011)ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี 4-30
4-11 :ผลการศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง 4-36
4-12 :ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่1 4-51
4-13 :ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก ครั้งที่ 2 4-53
4-14 :Water type ของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 4-54
4-15 :คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบริเวณน้ำพุร้อนครั้งที่ 1 4-58
4-16 :ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่2 4-60
ก-1 :เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ ผ-1

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 : การกำเนิดพุน้ำร้อน 2-1
ภาพที่ 2-2 : พุน้ำร้อนOld Faithful อุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน (ซ้าย)และ Fly-geyserรัฐเนวาดา (ขวา) ประเทศสหรัฐอเมริกา 2-2
ภาพที่ 2-3 : พุน้ำร้อน (ซ้าย)และ บ่อไอเดือด (ขวา) ในหมู่บ้าน Furnas, Azores, Portugal 2-3
ภาพที่ 2-4 : แผนที่ภูมิภายภาพของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 2-7
ภาพที่ 2-5 : ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 2-8
ภาพที่ 2-6 : แผนที่ธรณีวิทยาของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 2-10
ภาพที่ 2-7 : แผนที่อุทกธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 2-13
ภาพที่ 2-8 : สภาพแวดล้อมบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 2-14
ภาพที่ 2-9 : แผนที่ภูมิภายภาพบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 2-17
ภาพที่ 2-10 : แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 2-18
ภาพที่ 2-11 : ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนหินดาด 2-19
ภาพที่ 2-12 : การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี 2-21
ภาพที่ 2-13 : แผนที่อุทกธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 2-25
ภาพที่ 2-14 : สภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 2-26
ภาพที่ 2-15 : แผนที่ภูมิกายภาพของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 2-29
ภาพที่ 2-16 : แผนที่ธรณีวิทยาของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 2-30
ภาพที่ 2-17 : ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 2-31
ภาพที่ 2-18 : การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเพชรบุรี 2-33
ภาพที่ 2-19 : แผนที่อุทกธรณีวิทยาของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 2-36
ภาพที่ 2-20 : สภาพแวดล้อมของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 2-37
ภาพที่ 2-21 : องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ 2-40
ภาพที่ 2-22 : แสดงปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดทั่วโลก 2-41
ภาพที่ 2-23 : ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ระดับโลก 2-42
ภาพที่ 2-24 : การคิดค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ระดับประเทศ 2-45
ภาพที่ 2-25 : เปรียบการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวโดยนักท่องเที่ยวในประเทศกับนักท่องเที่ยวต่างชาติ 2-46
ภาพที่ 2-26 : แนวโน้มการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวของทั้งโลก 2-47
ภาพที่ 2-27 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยกับพื้นที่รับน้ำ ของแต่ละสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 2-53
ภาพที่ 2-27 : สภาพน้ำท่วมและหลากในบริเวณพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 2-56
ภาพที่ 2-28: จำนวนครัวเรือนเสี่ยงภัย และจุดปลอดภัยของสถานีเตือนภัยบ้านดงโคร่ง ต.หินดาด อ.ทองผาภูมิ จ. กาญจนบุรี 2-57
ภาพที่ 4-1 : ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักและสภาพแวดล้อมโดยรอบ 4-1
ภาพที่ 4-2 : พุน้ำร้อนบ่อหลักที่ใช้บริการนักท่องเที่ยวและกิจกรรมต่างๆ 4-2
ภาพที่ 4-3 : พุน้ำร้อนบ่อที่ 2 4-2
ภาพที่ 4-4 : บ่อหลัก(บ่อช้าง)สัมปทานเพื่อผลิตเป็นน้ำดื่มน้ำแร่มองต์เฟลอ 4-2

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-5 : การหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อนบริเวณบ่อหลัก 4-3
ภาพที่ 4-6 : ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอาบแช่เดือนตุลาคมปี 2557 –มกราคม ปี2558 4-4
ภาพที่ 4-7 : ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุร้อนห้วยน้ำนัก(บ่อบน) 4-5
ภาพที่ 4-8 : ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนหินดาดและสภาพแวดล้อมโดยรอบ 4-6
ภาพที่ 4-9 : สภาพแวดล้อมของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 4-7
ภาพที่ 4-10 : บ่ออาบแช่และอาคารบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด 4-8
ภาพที่ 4-11 : ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการประปาหมู่บ้านตุลาคม2557 –กุมภาพันธ์ 2558 4-9
ภาพที่ 4-12 : ปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่พุน้ำร้อนหินดาดกันยายน2556- 2557 4-10
ภาพที่ 4-13 : ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหินดาด 4-11
ภาพที่ 4-14 : ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง และสภาพแวดล้อมโดยรอบ 4-12
ภาพที่ 4-15 : สภาพแวดล้อมพื้นที่ศึกษาแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี 4-12
ภาพที่ 4-16 : ลักษณะขอบบ่อ(ซ้าย)และการหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อน(ขวา)ของพุน้ำร้อน หนองหญ้าปล้อง 4-13
ภาพที่ 4-17 : ปริมาณการใช้น้ำเพื่อประปาหมู่บ้านของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องปี2557 4-14
ภาพที่ 4-18 : ปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้บริการอาบแช่ของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องในปี 2557 4-14
ภาพที่ 4-19 : ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง 4-15
ภาพที่ 4-20 : การแสดงคุณภาพน้ำโดย Piper trilinear diagramของพุน้ำร้อนที่ศึกษา 4-20
ภาพที่ 4-21 : ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี 4-23
ภาพที่ 4-22 : แผนที่ความลาดชันบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอ.ทองผาภูมิจ.กาญจนบุรี 4-24
ภาพที่ 4-23 : แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอ.ทองผาภูมิจ.กาญจนบุรี 4-25
ภาพที่ 4-24 : แผนที่ชุดดินบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอำเภอทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี 4-26
ภาพที่ 4-25 : แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอำเภอทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี 4-28
ภาพที่ 4-26 : การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี 4-32
ภาพที่ 4-27 : การจำแนกปริมาณน้ำฝนรายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2548 – 2557) ตามเกณฑ์ปริมาณฝนรายวัน ที่กรมอุตุนิยมวิทยาเสนอไว้ 4-33
ภาพที่ 4-28 : ระดับน้ำและอุณหภูมิในช่วงวันที่ 11 ตุลาคม 2557 ถึง วันที่ 12 ธันวาคม 2557 เป็นตัวแทนช่วงปลายฤดูฝน (ช่วงที่มีฝนตก-หมดฝนในปีนั้น) 4-34
ภาพที่ 4-29 : ระดับน้ำและอุณหภูมิในช่วงวันที่ 6 มีนาคม 2558 ถึง วันที่ 6 พฤษภาคม 2558 เป็นตัวแทนช่วงฤดูร้อน หรือช่วงหน้าแล้ง ซึ่งระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่เครื่องวัดได้ 4-34
ภาพที่ 4-30 :Stream profile ของลำธารห้วยกุยมั่ง 4-38
ภาพที่ 4-31 : กราฟน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน 4-39
ภาพที่ 4-32 : กราฟน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน 4-40
ภาพที่ 4-33 : กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน 4-41
ภาพที่ 4-34 : กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน 4-41
ภาพที่ 4-35 : ภาพตัดขวางลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด 4-43
ภาพที่ 4-36 : Rating curve ของลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด 4-44
ภาพที่ 4-37 : ที่ตั้งแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 4-46
ภาพที่ 4-38 : แผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 4-47

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-39 : หินแกรนิตผุ (Weathered granite) พบบริเวณภูเขาโค้งมนด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา (ดอยเกี๊ยะ) 4-48
ภาพที่ 4-40 : หินทราเวอร์ทีน(Travertine) ลักษณะเนื้อหินสีเทาดำ มีรูพรุน พบบริเวณปากบ่อน้ำพุร้อน 4-48
ภาพที่ 4-41 : ตำแหน่งเก็บตัวอย่างบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก 4-49
ภาพที่ 4-42 : ลักษณะปรากฏทางเคมีของของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักกุมภาพันธ์ 2558 4-55
ภาพที่ 4-43 : ลักษณะปรากฏทางเคมีของของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก 4-56
เดือนพฤษภาคม 2558
ภาพที่ 4-44 : ตำแหน่งเก็บตัวอย่างโคลนพุน้ำร้อน จากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 1 4-57
ภาพที่ 4-45 : ตำแหน่งเก็บตัวอย่างโคลนพุน้ำร้อน จากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 2 4-59
ภาพที่ 4-46 : ผลการวิเคราะห์แร่ประกอบดินของตัวอย่างดิน S-1 S-2 และ S-3ด้วยเทคนิค XRD 4-61
ภาพที่ 4-47 : ตะกอนที่ลอยปิดทับธารโคลนพุน้ำร้อน 4-62
ภาพที่ 4-48 : ผลการวิเคราะห์ตะกอนที่ลอยปิดทับธารโคลนพุน้ำร้อน ด้วยเทคนิค XRD 4-63
ภาพผนวก ข-1: โปสเตอร์การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์แหล่งพุน้ำร้อนต้นแบบภาคตะวันตกของประเทศไทย ผ-3

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติโคลนพุน้ำร้อนเพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย

Study on Water Footprint, Flash Flood and Hot Mud Properties to Develop Hot Springs as Models for Tourism Destination in Western Thailand.

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2557 จำนวนเงิน 830,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 15 กรกฎาคม 2557 ถึง 14 กรกฎาคม 2558
ชื่อผู้วิจัย ผศ.อรรณพ หอมจันทร์[1] อ.พงศกร จิวาภรณ์คุปต์[1] อ.ดร.กัญจน์นรี ช่วงฉ่ำ[1] และ อ.ดร.สมฤดี สาธิตคุณ[1]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ มุ่งศึกษาข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก อ.พบพระ จ.ตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ต.ยางน้ำกลัดเหนือ อ.หนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทย ดำเนินการวิจัยโดยศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ศึกษาภาวะน้ำหลากของพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรีและศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก

ผลการศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำของพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง สรุปได้ว่า อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของพุน้ำร้อนหินดาด พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก และพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องเท่ากับ 706.75 , 294.62 และ 155.52 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งยังพอเพียงสำหรับการให้บริการอาบแช่ และใช้ในการอุปโภคบริโภคในชุมชน เมื่อพิจารณาจากร้อยละของน้ำพุร้อนที่เหลือใช้จากกิจกรรมต่างๆ พบว่าพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักมีปริมาณน้ำพุร้อนเหลือใช้มากที่สุด (ร้อยละ 80) รองลงมาได้แก่พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง (ร้อยละ 47) และพุน้ำร้อนหินดาด (ร้อยละ 40) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มการให้บริการอาบแช่ หรือผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากน้ำพุร้อนจากทั้ง 3 แห่ง มีคุณภาพดีตามมาตรฐานการผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ จึงควรวางแผนการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งนี้ให้คุ้มค่าต่อไป

ผลการศึกษาภาวะน้ำหลากของห้วยกุยมั่ง บริเวณพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี สรุปได้ว่า สาเหตุของการเกิดฝนตกหนัก ที่ก่อให้เกิดน้ำท่วม (น้ำหลาก) บริเวณพุน้ำร้อนหินดาด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง โดยช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม และพบว่า ห้วยกุยมั่ง ณ ช่วงพุน้ำร้อนหินดาด มีค่าความจุลำธารสูงสุด เท่ากับ 10.35 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมพุน้ำร้อนจึงต้องมีแผนรองรับภาวะดังกล่าวต่อไป

การศึกษาสมบัติของโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก พบว่าโคลน พุน้ำร้อนเกิดจากการตกตะกอนของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต มีคุณสมบัติในการใช้พอกรักษาอาการระคายเคืองของผิวหนังได้ แต่มีสารหนูเกินมาตรฐานจึงไม่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมส่วนลักษณะทางธรณีวิทยาโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักกลับมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านธรณีนิเวศในการเกิดโคลนพุน้ำร้อนที่เกิดจากตะกอนคาร์บอเนต ซึ่งสามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อีกทางหนึ่ง

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเด็นหลักที่ อบต. และชุมชนที่มีหน้าที่บริหารจัดการแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ควรดำเนินการมีดังนี้ บริหารจัดการเพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง เช่น เพิ่มการให้บริการอาบแช่ แก่นักท่องเที่ยว โดยวางแผนสร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต อย่างเหมาะสมกับปริมาณน้ำพุร้อนที่มีและสภาพพื้นที่ หรือ นำน้ำพุร้อนที่เหลือมา ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน ซึ่งอาจมีการร่วมมือ กับภาคเอกชน ส่วนการนำน้ำพุร้อนไปใช้เป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้ควรจัดหาแหล่งน้ำ(นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต อาจเป็นแหล่งน้ำผิวดิน โดยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสม หรือ จัดหาบ่อบาดาลเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่าต่อไป ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้ ควรมีการวางระบบควบคุมและบันทึกปริมาณการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบข้อมูลการใช้น้ำในส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน และที่สำคัญคือ หน่วยงานต่างๆ และชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนให้ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: พุน้ำร้อน, การท่องเที่ยว, วอเตอร์ฟุตพริ้นต์, ภาวะน้ำหลาก, สมบัติโคลนร้อน

Abstract

The research project aimed to obtain information on Earth Science knowledge of three hot springs in Western Part of Thailand included: Huai Nam Nak hot spring, Phopphradistrict, Tak province; Hindad hot spring, Thong Pha Phum district, Kanchanaburi province and Nong Ya Plong hot spring, Yang Nam Klat Nuea sub district, Nong Ya Plong district, Phetchaburi provinces; all for the purpose of tourism development as model hot springs in the Western Thailand.

Research procedure were planned to study the water utilization of all three hot springs, flash flooding of Hindad hot spring at Kanchanaburi and hot mud properties of Huai Nam Nak hot spring at Tak.

Water status of all three hot springs were measured as hot spring water occurrence and utilization. Hot spring water occurrence were 706.76, 294.62 and 155.52 cubic meters per day at Hindad hot spring, Huai Nam Nak hot spring and Nong Ya Plong hot spring respectively which were sufficient for hot spa bathing and daily community consumption. Percentage surplus water left from all activities were highest at Huai Nam Nak up to 80 percents, with Nong Ya Plong of 47 percents and Hindad of 40 percents. This surplus water from all there hot springs can be managed to increase beneficial utilization as hot spa bathing and spring drinking water since all three hot springs had suitable property as standard mineral drinking water. Therefore, future planning for increasing values of hot spring utilization should be enhanced.

Flash flood study of Kuimang stream at Hindad hot spring was caused by heavy rain from southwest monsoon which occurred during July to October and the stream had highest

capacity at Hindad site 10.35 cubic meters per second. However, this flash flood did not cause the submerge of hot spring. It was suggested to have supplement plan for flooding situation such as remodeling or building a new hot spa bath rooms up high on the banks.

Hot mud property study at Huai Nam Nak ,Tak province concluded that the hot mud came from sedimentation of hot spring materials. The accumulation of sediment as hot mud was in small amount with yellowish brown, mild alkalinity, salty, small nutrient with high calcium. The texture is loose fine particles. It has no potential for mud spa since it contains high arsenic .However, geology of Huai Nam Nak hot spring mud has potential to develop for geo-eco learning site generating from carbonate. So, it can be alterative promotions tourism.

The major points for local community administrative authority should carry in the future for all three hot springs are: administration of surplus water for the most benefits by building more hot spring bath pools and rooms for the tourists, utilization of surplus hot spring water for mineral drinking water which can be co-operated with private sectors and for community tap water supplies have to consider the quantity of water wether having enough for all activities or not. It is suggested that community supply tap water should come from other sources such as underground wells or surface water reservoirs. The possible sources for underground water contamination should be controlled supply water pipe system should be regulated and recorded continuously. The important things are to keep the good understanding between all sectors and community in order to have most profitable and sustainable utilization of hot spring water for all.

Keywords: Hot spring, Tourism, Water footprint, Flash Flood, Hot Mud Properties

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

จากผลการศึกษาโครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย (2555) ได้คัดเลือกแหล่งพุน้ำร้อนที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกจำนวน 3 แหล่งคือแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งในการจะพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนดังกล่าวนี้จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ และข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งที่ได้ศึกษาวิจัยมาแล้ว และที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งนี้ให้เป็นต้นแบบของการบริหารจัดการเพื่อการท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ซึ่งประเด็นในการวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งมีดังนี้

ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆของแหล่งพุน้ำร้อนมีการใช้ทรัพยากรน้ำค่อนข้างมากทั้งน้ำพุร้อนในการให้บริการอาบแช่น้ำผิวดิน (ถ้ามีลำธารไหลผ่าน) และน้ำที่ใช้ในกิจกรรมทั้งหมดในแหล่งพุน้ำร้อนนั้น ๆ ตลอดจนมีน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆจึงควรมีการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์(water footprint) ในกิจกรรมทั้งหมดอย่างครบวงจรเพื่อวางแผนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของแหล่งพุน้ำร้อนให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นตลอดจนควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อไป ดังนั้นผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แหล่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนต้นแบบที่มีการบริหารจัดการเรื่องทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

สำหรับแหล่งพุ น้ำร้อนห้วย น้ำนัก จังหวัดตาก นอกจากจะมีสภาพแวดล้อมที่สวยงามและมีคุณภาพน้ำพุร้อนที่ดีแล้วยังพบว่าในพื้นที่บริเวณพุ น้ำร้อนบ่อที่ 3 ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านล่างมีโคลนร้อนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งหากพบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาทำ “mud spa” หรือ ผลิตภัณฑ์ในชุมชนก็อาจช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพได้เป็นอย่างดีจึงควรมีการศึกษาลักษณะสมบัติของโคลนร้อน ดังกล่าวว่ามีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์หรือมีการปนเปื้อนหรือไม่เพียงใดส่วนแหล่งพุน้ำร้อนหินดาดจังหวัดกาญจนบุรีซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและโดยเฉพาะชาวต่างประเทศให้ความสนใจมาใช้บริการเป็นจำนวนมากเนื่องจาก น้ำพุร้อนมีอุณหภูมิพอเหมาะที่จะอาบแช่ทัศนียภาพสวยงาม และยังมีลำห้วยกุยมั่งไหลผ่านแต่บริเวณแหล่งพุ น้ำร้อนหินดาดนี้อาจมีความเสี่ยงในเรื่องภาวะ น้ำหลากในบางช่วงเวลา ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงโอกาสที่จะเกิดภาวะ น้ำหลาก เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันหรือบริหารจัดการการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาวะทางธรรมชาติ เช่น กำหนดช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงต่อภาวะ น้ำหลากและรูปแบบการให้บริการที่สามารถตอบสนองนักท่องเที่ยวในช่วงที่อาจมีภาวะ น้ำหลากได้ (ดำเนินการร่วมกับโครงการย่อยที่ 2)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาข้อมูลเชิงลึกทางด้านวิทยาศาสตร์ได้แก่ การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ภาวะ น้ำหลาก และสมบัติของโคลนร้อนของแหล่งพุ น้ำร้อนที่ได้คัดเลือก เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบในภาคตะวันตก
2) เพื่อศึกษาภาวะน้ำหลากของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี
3) เพื่อศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก
4) เพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำอย่างละเอียด (วอเตอร์ฟุตพริ้นต์) ของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนในภาคตะวันตกจำนวน 3 แหล่งได้แก่แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี (ซึ่งเป็นแหล่งพุน้ำร้อนที่ได้รับการคัดเลือกในการถ่ายทอดความรู้จากผลการวิจัยในปี 2555) ศึกษาภาวะน้ำหลากบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด และศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้านักโดยดำเนินการร่วมกับชุมชนในพื้นที่ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกระยะเวลาการวิจัย 1 ปี

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ (water footprint) ของพุน้ำร้อนในที่นี้หมายถึงตัวชี้วัดปริมาณการใช้ น้ำพุร้อนในกิจกรรมต่างๆทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งจะศึกษาตั้งแต่อัตราการเกิดของน้ำพุร้อน และติดตามปริมาณการใช้น้ำพุร้อนของชุมชนพุน้ำร้อนทั้งในการให้บริการอาบแช่แก่นักท่องเที่ยว รวมถึงการใช้อุปโภคบริโภคในชุมชนและกิจกรรมอื่นๆทั้งหมดเพื่อเป็นตัวชี้วัดในการประเมินศักยภาพของพุน้ำร้อนในแต่ละแหล่ง พุน้ำร้อนที่ศึกษาและวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำพุร้อนอย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

ภาวะน้ำหลากหรือน้ำป่าไหลหลากหรือน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) หมายถึง ภาวะที่มีน้ำในลำธารยกระดับสูงขึ้นเนื่องจากมีน้ำไหลบ่าลงสู่ที่ราบต่ำเบื้องล่างอย่างรวดเร็วซึ่งมีสาเหตุจากการเกิดฝนตกหนัก หรือฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานานบนภูเขาสามารถทำความเสียหายให้กับบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ตามเส้นทางที่น้ำไหลผ่านหรือที่ตั้งอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขา

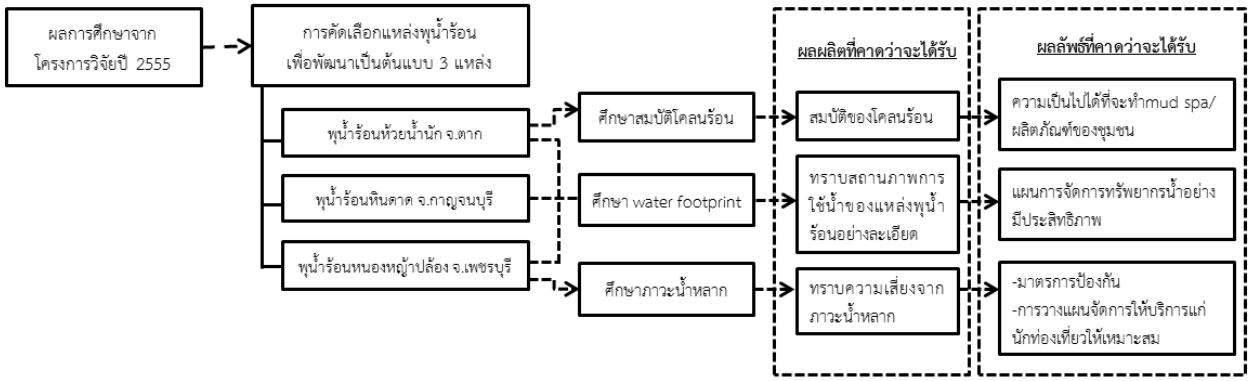
โคลนน้ำพุร้อน (hot spring mud) หมายถึงโคลนธรรมชาติที่มาจากสาย น้ำแร่ใต้พื้นดินของแหล่งพุน้ำร้อนบางแห่งที่ขึ้นมาพร้อมน้ำแร่ธรรมชาติที่สะอาด ประกอบไปด้วยแร่ธาตุที่มีประโยชน์ในการรักษาบำรุงผิวหนังและช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิต เช่น แคลเซียม คลอไรด์ โปแตสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม เป็นต้นถ้ามีอุณหภูมิตั้งแต่ 61-140 องศาเซลเซียสจัดเป็นโคลนเดือด

1.5 กรอบการวิจัย

โครงการวิจัยการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ ภาวะน้ำหลาก และสมบัติของโคลนร้อน เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกของประเทศไทยเกิดจากการต่อยอดงานวิจัยปี 2555 ที่คัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพการพัฒนาโดยมีเงื่อนไข /ข้อจำกัดในการพัฒนาแตกต่างกันจำเป็นต้องมีข้อมูลทางด้าน

วิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสนับสนุนในการวางแผนพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ (โครงการย่อยที่ 2) ต่อไป ดังแสดงในแผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัยด้านล่าง

กรอบแนวคิดการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษา
2. ความเป็นไปได้ที่จะนำโคลนร้อนจากแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนักมาทำ mud spa หรือผลิตภัณฑ์ของชุมชน
3. ได้มาตรการป้องกันและแผนการจัดการเรื่องภาวะน้ำหลากเพื่อให้บริการแก่นักท่องเที่ยวในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด

บทที่ 2

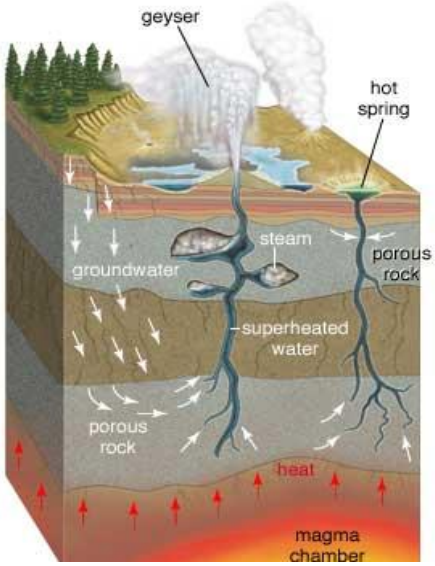
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พุน้ำร้อน

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2544 ได้ให้คำจำกัดความของ พุน้ำร้อน หรือ พุน้ำร้อนว่า เป็นแหล่งที่น้ำไหลขึ้นมาจากใต้ดิน และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ ปัจจุบันในประเทศไทยพบแหล่งพุน้ำร้อน 112 แหล่ง กระจายอยู่ทั่วไป ทั้งทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลางและภาคใต้ โดยมีอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินอยู่ในช่วง 40 – 100 องศาเซลเซียส โดยน้ำพุร้อนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ได้ เช่น นำมาผลิตกระแสไฟฟ้า นำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม (กรมทรัพยากรธรณี, 2557)ในปัจจุบันยังกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจมากอีกแหล่งหนึ่งอีกด้วยต้นกำเนิดความร้อนของน้ำพุร้อนมาจากหลายปัจจัยคือ

- พุน้ำร้อนที่พบบริเวณหินอัคนี น้ำใต้ดินได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินอัคนีที่ร้อนในระดับลึก และไหลย้อนกลับสู่ผิวดิน
- พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่ใกล้ หรือเกิดอยู่ในหินแกรนิตจะได้รับความร้อนจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ซึ่งพบมีค่าค่อนข้างสูงอยู่ในหิน
- พุน้ำร้อนที่เกิดอยู่บริเวณรอยเลื่อนมีพลังได้รับการถ่ายเทความร้อนจากแรงเฉือน และรอยเลื่อนดังกล่าวเป็นช่องทางนำน้ำเย็นไหลลงสู่ระดับลึกแล้วไหลขึ้นสู่ผิวดินเป็นพุน้ำร้อน
- รอยเลื่อนปกติในทิศทางเหนือ-ใต้ ที่เกิดอยู่ทั่วไปในช่วงเวลาไม่เกิน 1.8 ล้านปี (หลังยุคเทอร์เชียรี) เป็นตัวให้ความร้อนเพิ่มขึ้น

โดยบริเวณประเทศไทยมีค่าการไหลถ่ายความร้อนสูง (High heat flow) ซึ่งเป็นผลมาจากชั้นเปลือกโลกและชั้นแมนเทิล (mantle) บางหรืออยู่ตื้นกว่าปกติ



ภาพที่ 2-1 การกำเนิดพุน้ำร้อน
ที่มา : Encyclopedia Britannica, 2006

แหล่งพุน้ำร้อนสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ดังนี้

แบ่งตามลักษณะกายภาพ ได้แก่

พุน้ำร้อน ไกเซอร์ (Geyser) เป็นพุน้ำร้อน มีขนาดใหญ่ มีกำลังแรงมาก มีน้ำและไอน้ำที่ร้อนจัดพุ่งขึ้นมาได้สูงและมีแรงพุ่งออกมาเป็นระยะๆ ค่อนข้างสม่ำเสมอ บางแห่งน้ำอาจพุ่งสูงได้ถึง 60 เมตร ระยะเวลาการพุ่งน้ำออกมาจะเท่าๆ กัน เช่น 5 นาที 7 นาที ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการที่ใต้ผิวโลก มีโพรงกักเก็บน้ำติดต่อกัน เมื่อน้ำได้รับความร้อนในระดับลึกๆ ถูกสกัดกั้นไม่ให้ถ่ายเทได้โดยง่ายเพราะรูที่ทำให้น้ำไหลออกมามีขนาดเล็ก และมีน้ำซึ่งเย็นกว่าขังอยู่ในแอ่งที่อยู่ด้านบน น้ำที่อยู่ในระดับลึกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเมื่อสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำดันน้ำที่ขังอยู่ในรูไหลพุ่งขึ้นมา เมื่อไอน้ำได้ถ่ายเทพลังงานความร้อนจนหมดแรงดัน น้ำก็จะหยุดพุ่งจนสะสมความร้อนได้อีกก็จะพุ่งขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง พุน้ำร้อน ไกเซอร์ที่มีชื่อเสียง เช่น พุน้ำร้อนโอลด์เฟธฟูล (Old Faithful) ที่อุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน (Yellow Stone National Park) ประเทศสหรัฐอเมริกา พุน้ำร้อนกีย์เซอร์ (Geysir) ประเทศไอซ์แลนด์ ซึ่งเป็นที่มาของคำว่าไกเซอร์(Geyser)และพุน้ำร้อนอีกหลายแห่งในประเทศนิวซีแลนด์

ภาพที่ 2-2 พุน้ำร้อนOld Faithful อุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน (ซ้าย) และ Fly-geyserรัฐเนวาดา (ขวา) ประเทศสหรัฐอเมริกา
ที่มา: Encyclopedia Britannica, 2006

พุน้ำร้อน(Hot Spring) หรือบ่อน้ำร้อน (Hot Pool) คือ แหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าร่างกายมนุษย์ไหลขึ้นมาจากใต้ดิน น้ำที่ขึ้นมามีตั้งแต่อุ่นๆ จนถึงเดือดพล่าน เนื่องจากทางเดินน้ำใต้ดินใหญ่ทำให้น้ำสามารถไหลเวียนอย่างรวดเร็วได้ น้ำร้อนที่ไหลขึ้นมาจะไหลออกไปจากแหล่งหรือกลายเป็นไอ เพื่อปล่อยพลังงานความร้อน เมื่อน้ำร้อนนั้นเย็นลงจะไหลกลับสู่ระบบน้ำใต้ดิน น้ำร้อนแต่ละแห่งจะมีแร่ธาตุรวมทั้งก๊าซละลายอยู่ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ทำให้มีสีและกลิ่นแตกต่างกัน และมีปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากแต่ละบ่อแตกต่างกัน เช่น บ่อพุน้ำร้อนที่ทะเลสาบโบโกเรีย พุน้ำร้อนนับร้อยแห่งที่ประเทศไอซ์แลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ และ พุน้ำร้อนในประเทศไทย เป็นต้น ถ้ามีเพียงน้ำร้อนไหลซึมขึ้นมาบนผิวดินจะเรียกว่าน้ำซึม (Seepage)

บ่อไอเดือดหรือพุก๊าซ (Fumarole) คือ หลุมหรือปล่องที่มีไอน้ำพุ่งขึ้นมา จะไม่มีน้ำเหมือน พุน้ำร้อน สาเหตุอาจเกิดจากบริเวณนั้นมีน้ำเพียงเล็กน้อย เมื่อได้รับความร้อนจึงกลายเป็นไอออกมา หรืออาจเกิดจากการที่ชั้นใต้ดินมีความร้อนสูงมากจนน้ำกลายเป็นไอจนหมด บ่อไอเดือดพบมากในประเทศที่มีภูเขาไฟ แต่ก็สามารถพบได้ในพื้นที่ที่ไม่มีภูเขาไฟได้เช่นกัน

ภาพที่ 2-3 พุน้ำร้อน(ซ้าย)และ บ่อไอเดือด(ขวา) ในหมู่บ้าน Furnas, Azores, Portugal
ที่มา : Portuguese-American Journal (PAJ), 2014

บ่อโคลนเดือดหรือพุโคลน (Mud Pot) คือ โคลน (แอ่งตะกอนที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ) ซึ่งมีไอน้ำร้อนจัดอยู่เบื้องล่าง เมื่อไอน้ำนั้นเคลื่อนที่จะทำให้โคลนที่อยู่ด้านบนพุ่งกระจายขึ้นมาคล้ายการระเบิดย่อยๆ ในบริเวณภูเขาไฟ ปกติบ่อโคลนเดือดมักมีกำมะถันอยู่มากและมีหลาย

แบ่งตามปริมาณแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ในต่างประเทศสามารถแบ่ง พุน้ำร้อนตามปริมาณแร่ธาตุที่ละลายในน้ำได้หลายสิบประเภท แต่ในประเทศไทยพบ พุน้ำร้อน ที่แบ่งตามส่วนประกอบเคมีเพียง 4 ประเภท (วรรณภา จ่าราช, 2546) ดังนี้

พุน้ำร้อนทั่วไป (Simple Springs) เป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน เกลือและแร่ธาตุอื่นๆ น้อยกว่า 1 กรัม/ลิตร เป็นพุน้ำร้อนส่วนใหญ่ที่พบในประเทศไทย

พุน้ำร้อน คาร์บอเนต (Carbonate Springs) เป็นพุน้ำร้อน ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำหรือเป็น พุน้ำเย็น ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและแร่ธาตุอื่นๆ น้อยกว่า 1 กรัม/ลิตร ลักษณะคล้าย พุน้ำร้อนทั่วไป แต่มีปริมาณคาร์บอเนตสูงกว่า

พุน้ำร้อนเกลือหรือพุน้ำร้อนน้ำเค็ม (Salt Springs) เป็นพุน้ำร้อนที่ประกอบด้วยสารเคมีมากกว่า พุน้ำร้อนทั่วไป มีแร่ธาตุต่าง ๆ มากกว่า 1 กรัม/ลิตร กรณีที่น้ำประกอบด้วยเกลือระหว่าง 1-5 กรัม/ลิตร เรียกว่า พุน้ำเกลืออ่อน (Weak Saline) ประกอบด้วยเกลือระหว่าง 5-10 กรัม/ลิตร เรียกว่าพุน้ำเกลือ และประกอบด้วยเกลือมากกว่า 10 กรัม/ลิตร เรียกว่าพุน้ำเกลือเข้มข้น (Strong Saline) มีคุณสมบัติในการเก็บรักษาความร้อนได้ดี

พุน้ำร้อนแอลคาไล (Alkaline Springs) เป็นการแบ่งประเภท พุน้ำร้อนโดยใช้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนเป็นหลัก น้ำพุร้อนที่มีค่า pH 7.5-8.5 เรียกว่า Weak Alkaline Springs และน้ำพุร้อนที่มีค่า pH สูงกว่า 8.5 เรียกว่า Alkaline Springs

การใช้ประโยชน์จากแหล่งพุน้ำร้อน

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) ได้จำแนกการใช้ประโยชน์พุน้ำร้อนในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1) ประโยชน์ด้านนันทนาการ การท่องเที่ยว และธรรมชาติบำบัด

2) ประโยชน์ด้านแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค

3) ประโยชน์ด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ

4) ประโยชน์ของการเป็นคุณค่าและความสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ธรณีเคมี อุทกวิทยา และจุลชีววิทยา

จากข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ อรรณพ หอมจันทร์และคณะ(2555) แหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทยมักจะมีความสัมพันธ์ หรืออยู่ภายใต้อิทธิพลของรอยเลื่อน (Fault Controlled) โดยเป็นรอยเลื่อนที่ยังมีพลัง (Active Fault) ทางด้านตะวันตกของประเทศไทยพบว่ามีแนวรอยเลื่อนเป็นจำนวนมากและพบแหล่ง พุน้ำร้อนมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

2.2 กรณีศึกษาสภาพแวดล้อม อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำ เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนภาคตะวันตกของประเทศไทย

จากผลการศึกษาของอรรณพ และคณะ(2555) ได้ศึกษาสภาพแวดล้อม อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำ เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งพุน้ำร้อนภาคตะวันตกของประเทศไทย พบว่าแหล่งพุน้ำร้อนภาคตะวันตกต้นแบบของการบริหารจัดการเพื่อการท่องเที่ยวอย่างจำนวน 3 แหล่ง คือแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรีมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.2.1 พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จังหวัดตาก

หน่วยงานดูแลรับผิดชอบ : องค์การบริหารส่วนตำบลพบพระ/อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ

พิกัด 47 P 463725.00 mE 1817414.00 mN

ลักษณะทั่วไป

- สภาพแวดล้อม

แหล่งพุน้ำร้อนที่อยู่ติดกับถนนลาดยาง มีบ้านพักของพนักงานป่าไม้ 3 หลัง มีอาคารประชาสัมพันธ์และห้องสุขาไว้บริเวณทางเข้า สร้างป้ายชื่อบ่อน้ำพุร้อน ภายในมีบ่อน้ำพุร้อน 2 บ่อ บ่อที่1 มีลักษณะคล้ายกระทะที่เกิดจากการก่อปูนบ่อเพื่อเก็บกักน้ำ มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เมตร ความลึกของบ่อ 1.8 เมตร มีการทำรั้วด้วยซีเมนต์รูปลักษณ์คล้ายรั้วไม้ล้อมรอบบ่อน้ำพุและมีการติดตั้งมาตรควบคุมอุณหภูมิและแรงดันน้ำ บ่อที่ 2 มีลักษณะของบ่อคล้ายรูปหัวใจมีการนำไม้มากั้นขอบบ่อ มีความกว้างประมาณ 3.6 เมตร ความลึก 2.8 เมตร เมื่อลงไปสำรวจในป่าด้านซ้ายของบ่อที่ 2 ก็จะพบบริเวณที่มีน้ำพุร้อนอีก 1 บ่อ และบนภูเขาใน

บริเวณใกล้ๆ กันก็มีน้ำพุร้อน และบ่อน้ำแร่เย็นซึ่งผู้ผลิตน้ำดื่มมองเฟลอเป็นผู้ได้รับสัมปทานให้นำน้ำทั้งสองบ่อไปผลิตเป็นน้ำแร่ บรรจุขวด

- ภูมิกายภาพ

แหล่งพุน้ำร้อนตั้งอยู่บริเวณพื้นที่เชิงเขาดอยเกี๊ยะ ที่เป็นสันเขาพรมแดนธรรมชาติกั้นระหว่างประเทศไทย และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ซึ่งดอยเกี๊ยะมีทิศด้านลาดหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีความสูงของยอดเขาตามแนวสันปันน้ำประมาณ 400 ถึง 600 เมตร (MSL) ภูเขาดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำหลายสาย เช่น ห้วยน้ำนัก แม่น้ำเมย ห้วยป่าปู ห้วยเพอะพะ ห้วยขี้นา และห้วยทุ่งหนาด เป็นต้น ซึ่งห้วยน้ำนักไหลลงสู่ที่ราบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4-16

- ธรณีวิทยา

บริเวณแหล่งพุน้ำร้อนพบตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated Sediment) ยุคควอเทอร์นารี(Quaternary : Qt) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนจนถึงปัจจุบันซึ่งตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวดังกล่าวปิดทับอยู่บนหินตะกอน (Sedimentary Rocks)ยุคจูแรสซิก (Jurassic : Ju) กลุ่มหินอุ้มผาง (Umphang Group) โดยลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่บริเวณแหล่งพุน้ำร้อนดังแสดงในภาพที่4-18มีการจำแนกหินออกเป็น4กลุ่มคือหินตะกอนหินแปร หินกึ่งแข็งตัวและตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว ที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary Rocksand Metamorphic Rocks)

1.หินยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian : PE) ประกอบด้วยหินออร์โทไนส์และหินพาราไนส์แสดงแนวชั้นและลักษณะรูปตาหินแอมฟิโบไลต์ชีสต์ควอตซ์ไมกาชีสต์ควอตซ์ไคยาไนต์ชีสต์ซิลิมาไนต์ไมกาชีสต์ควอตไซต์หินอ่อนหินแคลก์ซิลิเกตหินมิกมาไทต์และเพคมาไทต์

2.หินยุคแคมเบรียน (Cambrian : E) ประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์สีเทาจางเนื้อตกผลึกใหม่เนื้อแน่นประกอบด้วย ควอตซ์ไม่แสดงชั้นบางบริเวณเป็นแถบชั้นบางและแถบชั้นบางเฉียงระดับหินไมกาชีสต์สีเทาเข้มมีเนื้อละเอียดแทรกสลับด้วยชั้นของไบโอไทต์กับชั้นควอตซ์ และเฟลด์สปาร์มีแนวเรียงตัวแบบหินชีสต์การสลับชั้นหินของควอตซ์ชีสต์หินชีสต์ควอตซ์ไมกาชีสต์ และหินฟิลไลต์สีขาวและเหลืองจาง

3.หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician : O) ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินและหินปูนสีเทาและสีชมพูหินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินอ่อนแทรกสลับด้วยหินดินดานเนื้อปูนผสมหินดินดานปนทรายมีซากดึกดำบรรพ์คือหอยงวงช้าง (Nautilus)หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)และไทรโลไบต์ (Trilobite

4.หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน– คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian – Devonian - Carboniferous :SDCtp) กลุ่มหินทองผาภูมิ (Thong Pha Phum Group) ประกอบด้วยหินดินดานสีดำหินเชิร์ตและหินทรายแป้งสีเทาเข้มเนื้อปูนผสมแทรกสลับด้วยหินปูนเป็นชั้นบางและเป็นก้อนบางแห่งมีซากดึกดำบรรพ์คือแกรบโทไลต์ (Graptolite) หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)และไทรโลไบต์ (Trilobite)หินปูนบางแห่งเป็นหินชนวน

5.หินยุคไตรแอสซิก (Triassic : Tr2) กลุ่มหินลำปาง (Lamprang Group) หมวดหินผาก้าน (Pha khan Formation) ประกอบด้วยหินดินดาน หินเชิร์ต แสดงชั้นบางและมีหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์คือหอยสองฝาสกุลฮาโลเบีย (Halobia) ดาโอเนลล่า (Daonella) และซากเรดิโอลาเรีย (Radiolaria)

6.หินยุคจูแรสซิก (Jurassic : Ju) กลุ่มหินอุ้มผาง (Umphang Group) ประกอบด้วยหินโคลนหินทรายแป้งหินทรายและหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์คือหอยสองฝาสกุลพาวามิวเซียม (Parvamussium) และหอยแอมโมนอยด์ (Ammonite)

7.หินกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Sediment)หินยุคเทอร์เชียรี (Tertiary : Tmm) กลุ่มหินแม่เมาะ (Mae Moh Group) ประกอบด้วยหินเคลย์และหินทรายแป้งสีแดงถึงน้ำตาลแดงลิกไนต์หินเคลย์เนื้อปูนผสมหินปูนผสมหินโคลนหินเคลย์ปนลิกไนต์มีเนื้อปูนผสมพบซากดึกดำบรรพ์คือหอยกาบเดียว (Gastropod)ปลาโบราณออสตราคอต (Ostracod)หินกรวดมนหินทรายสีขาวถึงสีเทาจางการคัดขนาดปานกลางดินดานสีเทาจาง

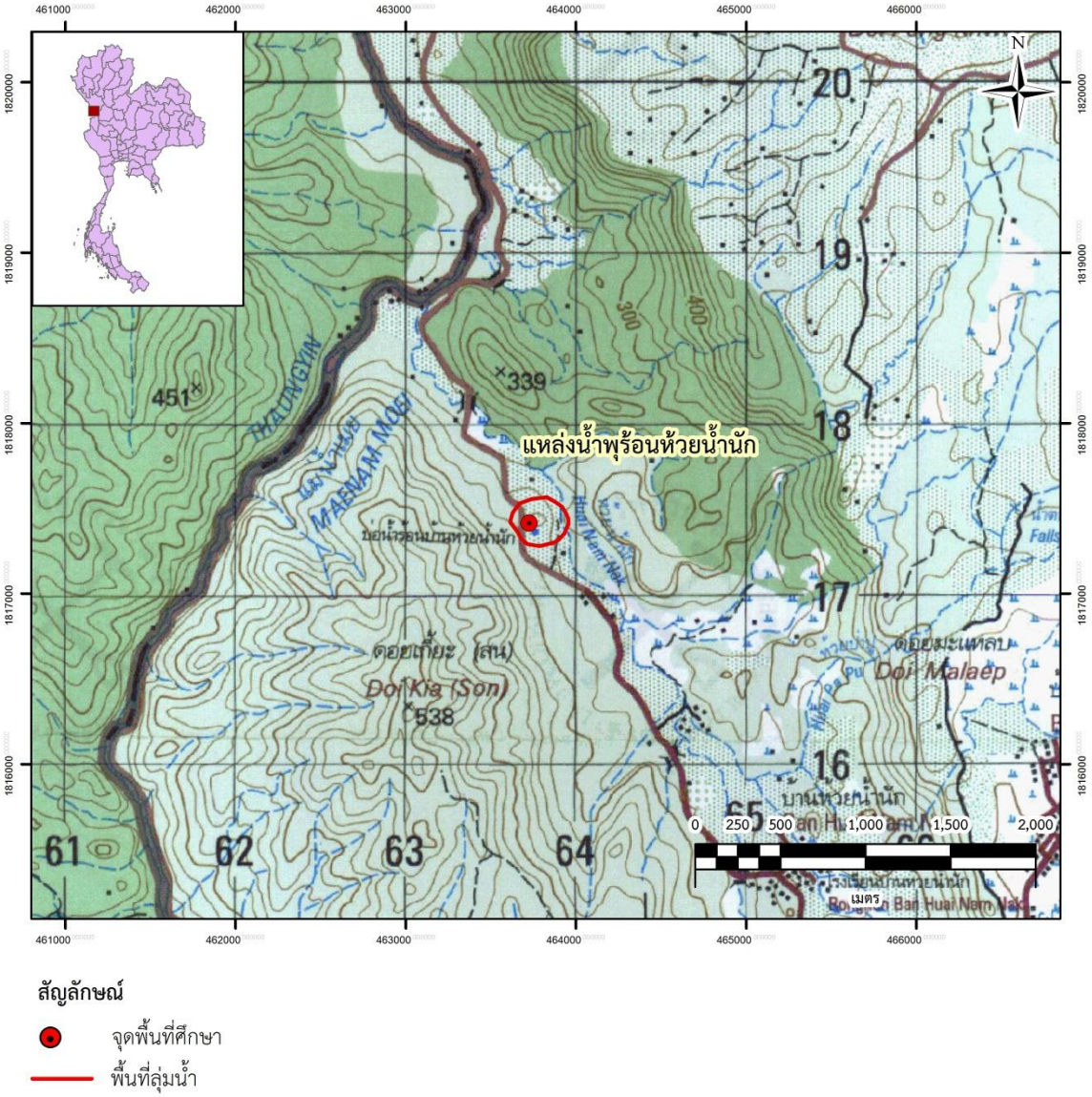
8.ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated Sediment) ยุคควอเทอร์นารี(Quaternary : Qt) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนจนถึงปัจจุบันเป็นตะกอนตะพักลำน้ำ (Terrace deposit) ประกอบด้วยกรวดทรายทรายแป้งดินเหนียวและศิลาแลง

ซึ่งพบรอยเลื่อนในทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแหล่งพุน้ำร้อนรอยเลื่อนดังกล่าววางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้เข้าใกล้แนวตะวันออก – ตะวันตก

- ปฐพีวิทยา

ดินบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก เป็นดินทรายร่วน (Poorly grade sand: SP) มีสีน้ำตาลปนเทา มีการคัดขนาดไม่ดี มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 17 - 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วง 7.7 – 8.0 ดินแสดงลักษณะเป็นด่าง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 500 – 900 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีค่าอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 0.5 – 3.3 เปอร์เซ็นต์ และ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ อยู่ในช่วง 7 – 16 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินพบว่า มีปริมาณแคดเมียมประมาณ 6 – 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 3.4 – 4.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 7 – 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ มีปริมาณนิกเกิลประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็กซึ่งมีค่อนข้างสูง พบอยู่ในช่วง 1.0 - 4.0 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ (มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547)



ภาพที่ 2-4 แผนที่ภูมิภายภาพของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก (ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร, 2542)

ภาพที่ 2-5 ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

- ลักษณะภูมิอากาศ

มีลักษณะภูมิอากาศเช่นเดียวกันกับพุน้ำร้อนแม่กาษา

- อุทกวิทยา

แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำนัก เป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำเมย ซึ่งไหลผ่านทางเหนือของพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ดังภาพที่4-16

ลักษณะทางอุทกวิทยาบริเวณห้วยน้ำนัก สามารถแบ่งแยกพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ อุทกวิทยาของพุน้ำร้อนและอุทกวิทยาน้ำผิวดินของห้วยน้ำนัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) อุทกวิทยาของพุน้ำร้อน

พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก เป็นน้ำร้อนที่เกิดจากการแทรกดันขึ้นตามแนวหินแตกน้ำพุร้อนซึ่งไหลขึ้นมาโดยตรงตามแนวรอยแตกของรอยเลื่อนในหินแกรนิตที่อยู่ในระดับลึกลงไป ให้ความร้อนไม่สูงมากและเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนตามแนวรอยเลื่อนและรอยแยกของหินแกรนิตที่มีหินชนิดอื่นปิดอยู่ โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำนัก พบว่ามีการผุดขึ้นของน้ำร้อนกระจายอยู่หลายแห่งในพื้นที่ และบางแห่งมีการผุดขึ้นจากพื้นดินแต่มีความร้อนต่ำ (แหล่งผลิตน้ำแร่มองเฟลอร์) ซึ่งบริเวณแหล่งท่องเที่ยวห้วยน้ำนักมีการดำเนินการ

รวบรวมแหล่งน้ำร้อนไว้ เป็น 2 บ่อ คือ บ่อที่ 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 เมตร มีความลึก (ในช่วงที่สำรวจ) ประมาณ 2 เมตร อัตราการเกิดประมาณ 1.5 ลิตรต่อวินาที ส่วนบ่อที่ 2 อยู่ห่างจากบ่อแรกประมาณ 50 เมตร เป็นบ่อสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 3×5 เมตร ไม่สามารถวัดอัตราการให้น้ำร้อนได้ ซึ่งแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักมีการให้น้ำร้อนผุดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดปี ปัจจุบันได้ดำเนินการมีการต่อท่อส่งน้ำร้อนจากบ่อที่ 1 (บ่อหลัก) ไปกักเก็บในบ่อน้ำใต้ดิน เพื่อให้บริการห้องอาบน้ำและมีการระบายน้ำลงสู่ท่อน้ำไปยังลำน้ำห้วยน้ำนักต่อไป

2) อุทกวิทยาน้ำผิวดินบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

พื้นที่แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก อยู่บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำห้วยน้ำนักก่อนไหลลงสู่แม่น้ำเมย ประมาณ 2.5 กิโลเมตร แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักตั้งอยู่ริมถนนทางหลวง ดังนั้นเมื่อพิจารณาพื้นที่ที่น้ำผิวดินที่ไหลผ่านแหล่งท่องเที่ยวพบว่ามีพื้นที่รับน้ำไม่มากประมาณ 0.25 ตารางกิโลเมตร ดังนั้นเมื่อมีฝนตกในพื้นที่จะมีการระบายน้ำผ่านพื้นที่ตามความลาดชันธรรมชาติของแหล่งท่องเที่ยวไหลผ่านพื้นที่ไปได้โดยไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมหรือน้ำหลากแต่อย่างใด แต่อย่างไรก็ตามน้ำฝนบางส่วนที่ตกโดยตรงไปในบ่อจะไปรวมกับน้ำร้อนที่ผุดขึ้นในบ่อที่ 1 เป็นผลให้อุณหภูมิน้ำร้อนลดลง และอาจส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำร้อนในบ่อพักเนื่องจากน้ำฝนที่รวมกับน้ำร้อนในบ่อ จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำร้อนเดิมที่มีในบ่อพัก เมื่อไหลไปรวมกันจะทำให้น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจมตัวลงด้านล่างบ่อ ทำให้น้ำล้นจากบ่อพักเป็นน้ำร้อน หากมีฝนตกหนักเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลต่ออุณหภูมิโดยรวมของน้ำร้อนในบ่อพักได้ จึงควรพิจารณาจัดการปิดท่อนำน้ำร้อนในบางช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักในพื้นที่

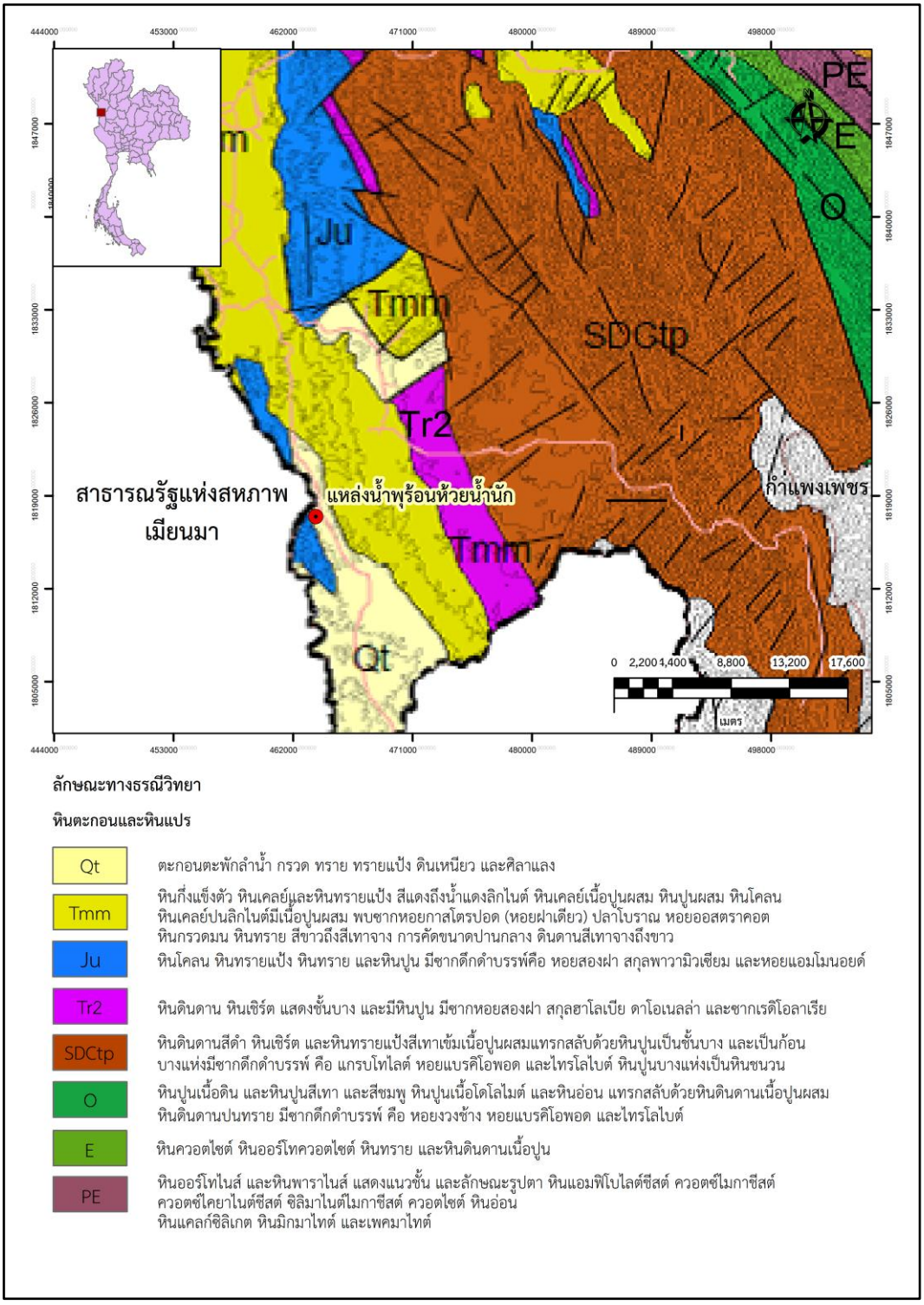
- อุทกธรณีวิทยา

เป็นแหล่งน้ำพุที่น้ำร้อนแทรกดันขึ้นมาตามแนวหินแตกบนเนินเขาขนาดเล็ก ซึ่งถูกขนาบด้วยแนวภูเขาที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ระหว่างอำเภอแม่สอดและอำเภอพบพระ ซึ่ง การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทางด้านอุทกธรณีวิทยาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่า ในพื้นที่แหล่ง พุน้ำร้อนประกอบด้วยลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) ที่มีหินอุ้มน้ำสองประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนและแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง แสดงดังภาพที่ 4-19 ซึ่งมีรายละเอียดของลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ดังนี้

1. แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers) ประกอบด้วย ชั้นหินให้น้ำบาดาลหินร่วน ดังนี้

+ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา (Flood-plain Aquifer : Qfd) เป็นชั้นหินให้น้ำบาดาลที่มีอายุอ่อนสุดอยู่ในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ซึ่งมีอายุประมาณ 1,000-10,000 ปีก่อนปัจจุบันและวางตัวปิดทับอยู่ด้านบนสุดของบรรดาชั้นหินให้น้ำบาดาลในหินร่วนทั้งหมด โดยชั้นหินอุ้มน้ำดังกล่าว ประกอบด้วย ชั้นตะกอนกรวดทรายท้องน้ำที่ค่อนข้างหนารองรับอยู่ข้างใต้ชั้นตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลากซึ่งมีตะกอนเนื้อละเอียดได้แก่ ทรายแป้ง และดินเหนียวเป็นองค์ประกอบหลักโดยชั้นตะกอนกรวดทรายท้องน้ำดังกล่าวประกอบขึ้นด้วยตะกอนที่มีขนาดตั้งแต่ทรายเม็ดหยาบจนถึงกรวดขนาด 4 มิลลิเมตรมีความกลมมนกึ่งกลมมนถึงดี มีการคัดขนาดปานกลางถึงดีและมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์แร่เฟลด์สปาร์ และเศษหินปนอยู่บ้างจาก

ส่วนประกอบของแหล่งสะสมตะกอนดังกล่าวนับได้ว่าเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลได้ดีชั้นหินให้น้ำบาดาลหน่วยนี้มีความหนาไม่มากนักเฉลี่ยประมาณ 6-15 เมตรแต่เมื่อเข้าสู่บริเวณที่ราบลุ่มจะมีความหนาเพิ่มมากขึ้นถึง 15-35 เมตร



ภาพที่ 2-6 แผนที่ธรณีวิทยาของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2550)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนหินร่วนกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Aquifer : Tsc) เดิมเรียกว่าชั้นหินให้น้ำแม่สอด(Tms)เป็นชั้นหินให้น้ำบาดาลเพียงหน่วยเดียวที่ประกอบด้วยหินร่วนกึ่งแข็งตัวยุคเทอร์เชียรีได้แก่หินกรวดมนสีน้ำตาลแกมแดง ถึงน้ำตาลแกมเหลืองกรวดประกอบด้วย หินดินดานสีเขียวและหินเชิร์ตแทรกสลับด้วยหินทรายกรวดมน และหินทรายกึ่งแข็งตัวสีเหลืองจางถึงน้ำตาลแกมเหลืองและลิกไนต์วางตัวอยู่ชั้นล่างสุดในบริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตะกอน และถูกปิดทับด้วยชั้นหินร่วนยุคควอเทอร์นารีซึ่งมีอายุอ่อนกว่าโดยน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บ ไว้ในรูพรุนระหว่างเม็ดกรวดเม็ดทรายรวมถึง ในรอยแตก รอยเลื่อนหรือรอยต่อระหว่างชั้นหินหินชุดนี้มักถูกปิดทับด้วยชั้นน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่าชั้นน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่และชั้นน้ำตะกอนน้ำพาน้ำบาดาลมีคุณภาพดีแต่ปริมาณน้อย มี ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 - 60 เมตร สามารถให้น้ำน้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงในชั้นกรวดที่มีรูพรุนมากๆจะได้น้ำปริมาณมาก

2. แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Aquifers) ประกอบด้วยชั้นหินให้น้ำบาดาลหน่วยต่างๆที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุดดังนี้

2.1 ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในหินชั้น และหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rock Aquifers)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดลำปาง (Lampang Aquifer : TRlp) อยู่ในยุคไตรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วยหินดินดานหินทรายแป้งหินทรายและหินกรวดมนน้ำบาดาลถูกกักเก็บน้ำไว้ในรอยแตกรูพรุนในเนื้อหินระนาบชั้นหินและโซนหินผุโดยบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นมักจะได้น้ำในเกณฑ์ดีจากรอยแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวส่วนบ่อน้ำบาดาลระดับลึกอาจได้น้ำจากแนวรอยต่อระหว่างชั้นหินความลึกถึงชั้นน้ำประมาณ 5-15 จากผิวดินให้น้ำปริมาณต่ำประมาณ 2-5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (Permian - CarboniferousMetasedimentary Aquifer : PCms) เป็นหินตะกอนกึ่งแปรอายุเพอร์เมียนถึงคาร์บอนิเฟอรัสประกอบด้วย หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินกรวดมนเนื้อภูเขาไฟ หินทรายแป้ง หินดินดาน หินโคลนสีแดง หินชนวนหินฟิลไลด์และหินควอร์ตไซต์ บางแห่งแทรกสลับด้วยหินเชิร์ตน้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยต่อระหว่างชั้นหิน และชั้นหินผุ ชั้นน้ำนี้พบแผ่กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งที่เป็นพื้นที่ภูเขา คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมากความลึกถึงชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 - 80 เมตร ปริมาณน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยประมาณ 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางพื้นที่มีแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่พาดผ่านพื้นที่เป็นแนวยาวอาจจะได้ปริมาณน้ำประมาณ 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตยุคเพอร์เมียน (PermianCarbonate Aquifer : Pc) ประกอบด้วย หินปูนสีเทาถึงสีเทาดำชั้นหนามีชั้นหินดินดาน หินทราย หินทรายเนื้อทัฟฟ์ หินเชิร์ต และหินฮอร์นเฟลแทรกสลับเป็นชั้นบางๆ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บไว้ภายในรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และถ้ำหรือโพรงเกิดจากการละลายเนื้อหินออกไปและมีขนาดต่างๆกัน บริเวณถ้ำหรือโพรงอาจเกิดต่อเนื่องกันกลายเป็นทางน้ำใต้ดิน (subterranean stream) คุณภาพน้ำค่อนข้างดีแต่มีความกระด้างสูงอยู่ที่ระดับความลึก 30 -

150 เมตร มีศักยภาพการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 - 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บางบ่ออาจจะให้น้ำได้ถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องของรอยแตกหรือโพรง

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Metamorphic Aquifer : SDmm) ประกอบด้วยหินฟิลไลต์หินควอร์ตไซต์หินชีสต์และหินควอร์ตชีสต์ยุคไซลูเรียนถึงดีโวเนียน น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ในรอยแตกและรอยเลื่อนชั้นหินให้น้ำบาดาลหน่วยนี้มีค่าความพรุนปฐมภูมิ (Primary effective porosity) 6.35 เปอร์เซ็นต์เป็นชั้นหินให้น้ำบาดาลของกลุ่มหินที่มีการแปรสภาพไปเป็นหินแปร มีความลึกถึงชั้นน้ำ 5-50 เมตรจากผิวดินปริมาณน้ำที่ได้อยู่ในเกณฑ์ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงคุณภาพน้ำดี

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินปูนยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Limestone Aquifer : Ols) ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินสีเทาปานกลางถึงเทาเข้มแสดงแถบชั้นบางพบชั้นหินคดโค้งแบบรอยคดโค้งนอนทับ

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรยุคแคมเบรียน (Cambrian Metamorphic Aquifer : Emm) ประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์สีเทาจางหินไมกาชีสต์หินควอร์ตชีสต์หินชีสต์หินควอตไมกาชีสต์และหินฟิลไลต์สีขาวและหลืองจางน้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตกรอยแยกรอยเลื่อนและรอยต่อระหว่างชั้นหินความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30- 70 เมตรโดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

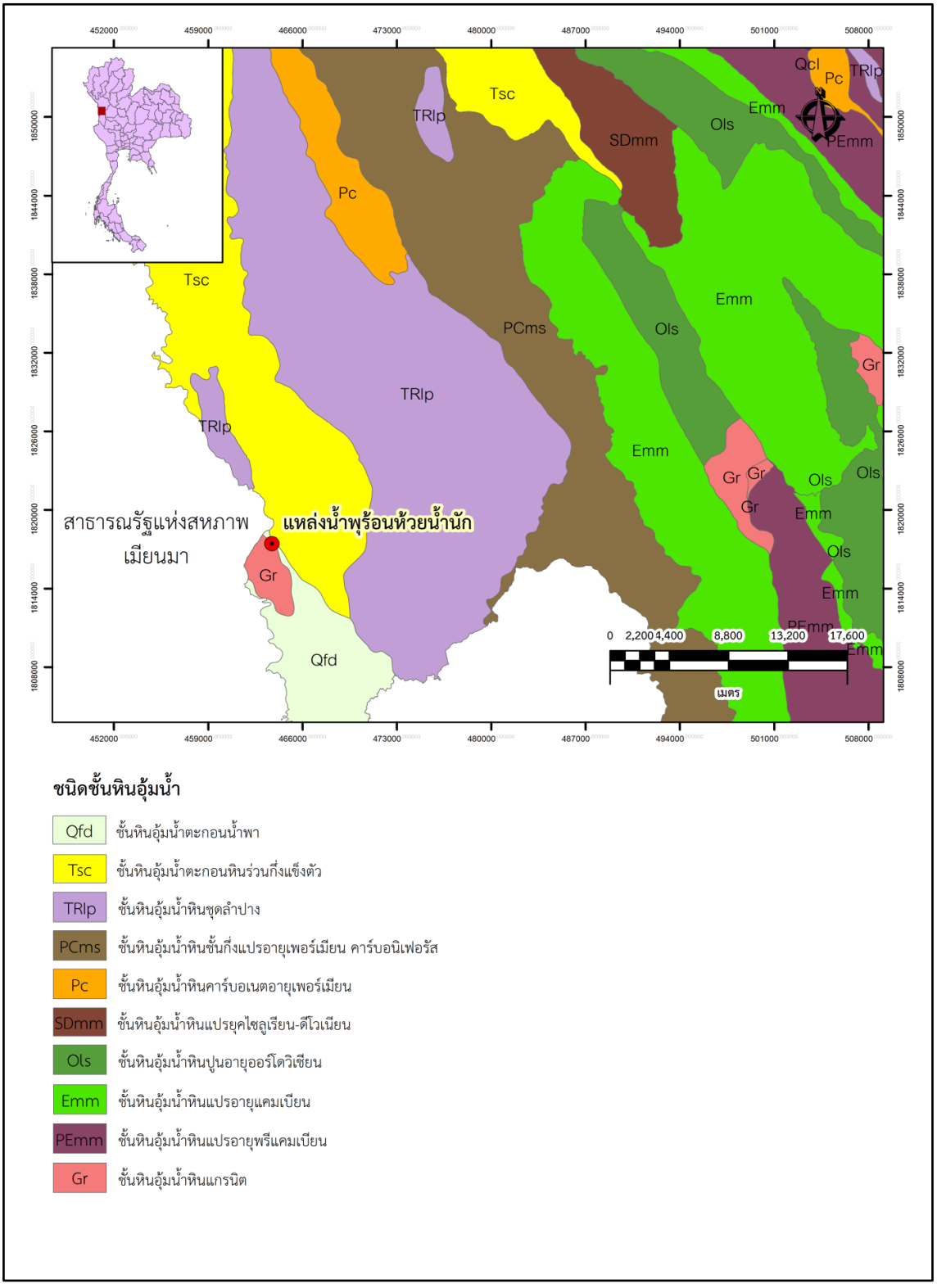
+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปรมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Metamorphic Aquifer : PEmm) ประกอบด้วยหินออร์โทไนส์เนื้อแบบเม็ดแปรประกอบด้วยเฟลด์สปาร์ควอตซ์และไมกาหินชีสต์หินพาราไนส์หินควอร์ตซีสต์หินควอร์ตไมกาชีสต์หินแคลก์ซิลิเกตสีเทาแกมเขียวเป็นแถบมีความลึกถึงชั้นหินให้น้ำประมาณ 5 -10 เมตร

2.2 ชั้นหินอุ้มน้ำในหินอัคนี (Igneous Rocks Aquifers)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต (Granitic Aquifer : Gr) ประกอบด้วยหินไบโอไทต์-ฮอร์นเบลนด์ แกรนิต เป็นหินเนื้อแน่น แข็งมีศักยภาพในการให้น้ำบาดาลต่ำ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ภายในรอยแตกรอยแยกหรือรอยเลื่อน และบางส่วนจะถูกกักเก็บอยู่ในบริเวณหินผุ พบกระจายตัวเป็นแห่งเล็กๆ ส่วนใหญ่มีคุณภาพดี มีความลึกของชั้นน้ำประมาณ 20 - 40 เมตร ปริมาณน้ำที่ได้ส่วนใหญ่น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

- คุณภาพน้ำ HN

ได้ทำการวิเคราะห์น้ำพุร้อนบ่อที่ 1 , 2, 3 ซึ่งมีอุณหภูมิ 59 , 63 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า คุณภาพน้ำทั้งสามบ่อมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นตะกั่วที่เกินมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก แต่ยังไม่เกินมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม และสารหนูที่เกินมาตรฐานมาเล็กน้อย แต่ปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานและไม่พบเชื้อก่อโรค ส่วนน้ำพุร้อนที่อยู่บนเขา และบ่อน้ำแร่เย็น มีผลตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยทั่วไปไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน



ภาพที่ 2-7 แผนที่อุทกธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก
(ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2545)

ภาพที่ 2-8 สภาพแวดล้อมบริเวณพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

2.2.2 พุน้ำร้อนหินดาด จังหวัดกาญจนบุรี

หน่วยงานดูแลรับผิดชอบ : องค์การบริหารส่วนตำบลหินดาด

พิกัด 47P 470346.00 m E 1616846 .00 m N

ลักษณะทั่วไป

- สภาพแวดล้อม

พุน้ำร้อนเกิดอยู่ริมห้วยกุยมั่งและได้สร้างเป็นบ่อซีเมนต์เป็นแนวยาว 30 เมตร มีทั้งหมด 3 บ่อ โดยมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร บ่อที่ 1 และ 2 มีขนาดประมาณ 5.8 × 11.0 เมตร และบ่อของพระสงฆ์ขนาด 2.7 × 4.2 เมตร

- ภูมิกายภาพ

แหล่งพุน้ำร้อนตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ลอนลาดที่ติ ดต่อกับเนินเขา และอีกด้านติดต่อพื้นที่ราบ ซึ่งมีเขาวอกะโต๊กเป็นสันเขาปันน้ำ โดยมีทิศด้านลาดหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีความสูงของยอดเขาตามแนวสันปันน้ำประมาณ 200 ถึง 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ภูเขาดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำหลายสาย เช่น ห้วยแม่ตะงู ห้วยกุยมั่ง ห้วยวะควอ และห้วยวังกระตู้ เป็นต้น ซึ่งลำน้ำทั้งหมดของบริเวณนี้ไหลลงสู่แม่น้ำแควน้อยที่เป็นลำน้ำสายใหญ่ที่ไหลลงสู่ที่ราบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4-21

- ธรณีวิทยา

บริเวณแหล่งพุน้ำร้อนพบตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated Sediment) ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary : Qc) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนจนถึงปัจจุบันโดยตะกอนดังกล่าวทับถมอยู่บนหินกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Sediment)ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary : Tmm) กลุ่มหินแม่เมาะ (Mae Moh Group) ซึ่งหินกึ่งแข็งตัวดังกล่าวปิดทับอยู่บนหินตะกอน (Sedimentary Rocks) ยุคจูแรสซิก (Jurassic : Ju) กลุ่มหินอุ้มผาง (Umphang Group) โดยลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่บริเวณแหล่ง พุน้ำร้อนดังแสดงในภาพที่ 4-22มีการจำแนกหินออกเป็น4กลุ่มคือหินตะกอนหินแปร หินกึ่งแข็งตัวและตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว ที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary Rocksand Metamorphic Rocks)

1. หินยุคแคมเบรียน (Cambrian : E) ประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์สีเทาจางเนื้อตกผลึกใหม่เนื้อแน่นประกอบด้วย ควอตซ์ไม่แสดงชั้นบางบริเวณเป็นแถบชั้นบางและแถบชั้นบางเฉียงระดับหินไมกาชีสต์สีเทาเข้มมีเนื้อละเอียดแทรกสลับด้วยชั้นของไบโอไทต์กับชั้นควอตซ์ และเฟลด์สปาร์มีแนวเรียงตัวแบบหินชีสต์การสลับชั้นหินของควอตซ์ชีสต์หินชีสต์ควอตซ์ไมกาชีสต์ และหินฟิลไลต์สีขาวและเหลืองจาง

2. หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician : O) ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินและหินปูนสีเทาและสีชมพูหินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินอ่อนแทรกสลับด้วยหินดินดานเนื้อปูนผสมหินดินดานปนทรายมีซากดึกดำบรรพ์คือหอยงวงช้าง (Nautilus)หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)และไทรโลไบต์ (Trilobite)

3. หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน– คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian – Devonian - Carboniferous : SDCtn) กลุ่มหินตะนาวศรี (Tanaosri Group) ประกอบด้วยหินเกร์ยแวกหินทรายแป้งหินโคลนหินดินดานและหินโคลนปนกรวดสีเทาถึงเทาดำมีซากดึกดำบรรพ์คือแกรบโทไลต์ (Graptolite)เทนทาคิวไลต์ (Tentaculite)หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)และไทรโลไบต์ (Trilobite)

4. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน (Carboniferous – Permian : CPk-1) กลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaengkrachan Group) หมวดหินเขาพระ (KhaoPra Formation) ประกอบด้วยหินทรายเกรย์แวกสีเทาแกมเขียวถึงสีเทาปานกลางเนื้อละเอียดมากถึงปานกลางการคัดขนาดไม่ดีเม็ดแร่เหลี่ยมถึงกลมหินดินดานสีเทาแกมเขียวถึงสีเทาปานกลางแตกเป็นแผ่นเรียบและแถบชั้นบางหินทรายอาร์โคสสีขาวถึงสีน้ำตาลแกมเหลืองอ่อนเนื้อละเอียดมากถึงปานกลางการคัดขนาดปานกลางถึงดีเม็ดแร่ค่อนข้างเหลี่ยมถึงกลมหินควอร์ตไซต์หินฮอร์นเฟลและหินชนวน

5. หินยุคเพอร์เมียน (Permian : Pr) กลุ่มหินราชบุรี (Ratchaburi Group) ประกอบด้วยหินปูนหินปูนเนื้อโดโลไมต์แทรกสลับด้วยหินเชิร์ตทั้งแบบก้อนและแบบชั้นหินโดโลไมต์มีซากดึกดำบรรพ์คือ (*fusulinid)*หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)ปะการัง (Coral) และไบรโอซัว(Bryozoa)

6. หินยุคไตรแอสซิก (Triassic : Trl) กลุ่มหินลำปาง (Lamprang Group) ประกอบด้วยหินกรวดมนฐานสีแดงเนื้อปูนผสมหินดินดานสีเทาแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย

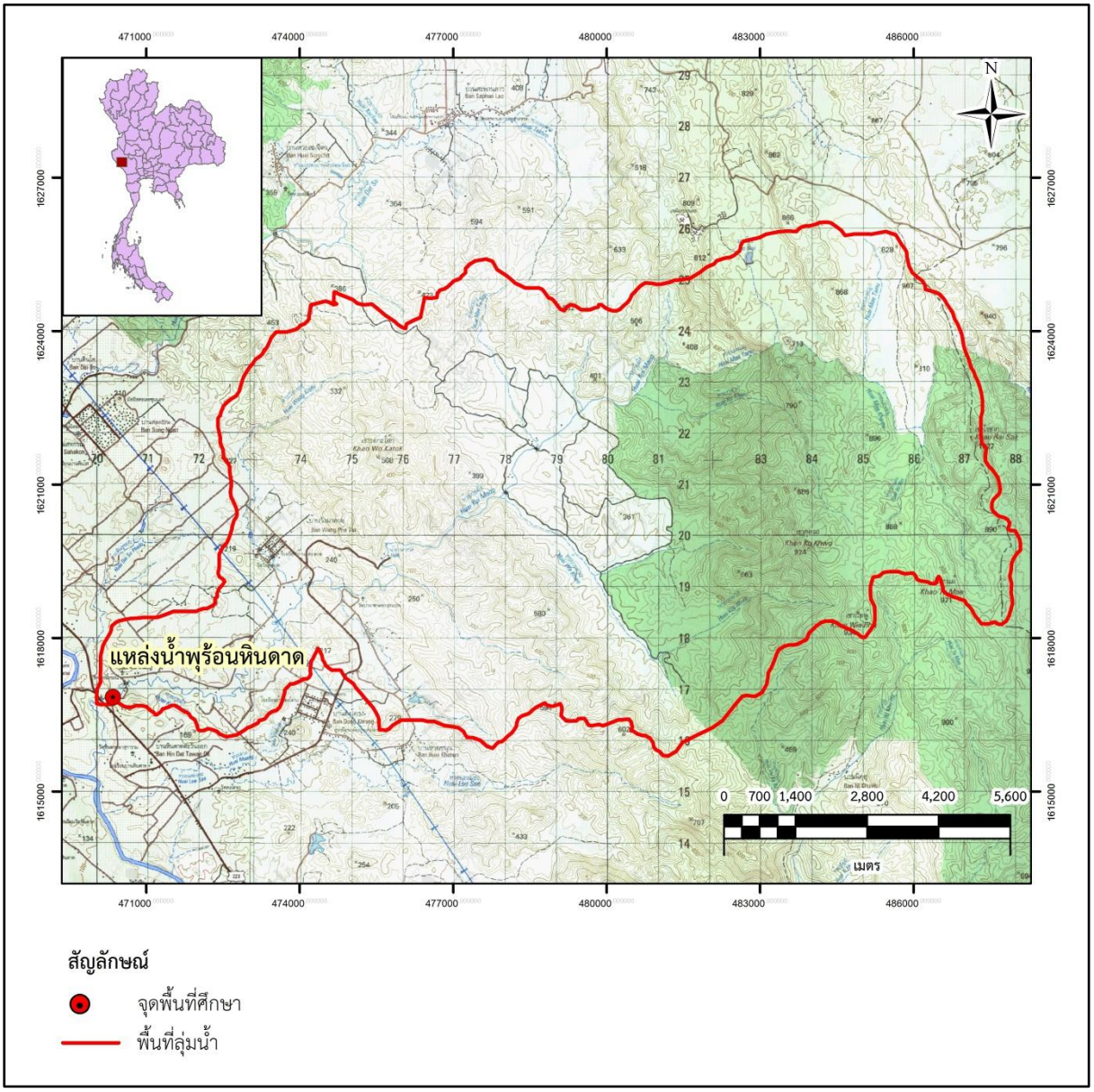
7. หินยุคจูแรสซิก (Jurassic : Ju) กลุ่มหินอุ้มผาง (Umphang Group) ประกอบด้วยหินโคลนหินทรายแป้งหินทรายและหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์คือหอยสองฝาสกุลพาวามิวเซียม (Parvamussium) และหอยแอมโมนอยด์ (Ammonite)

8.หินกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Sediment)ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary : Tmm) กลุ่มหินแม่เมาะ (Mae Moh Group) ประกอบด้วยหินเคลย์และหินทรายแป้งสีแดงถึงน้ำตาลแดงลิกไนต์หินเคลย์เนื้อปูนผสมหินปูนผสมหินโคลนหินเคลย์ปนลิกไนต์มีเนื้อปูนผสมพบซากดึกดำบรรพ์คือหอยกาบเดียว (Gastropod)ปลาโบราณออสตราคอต (Ostracod)หินกรวดมนหินทรายสีขาวถึงสีเทาจางการคัดขนาดปานกลางดินดานสีเทาจาง

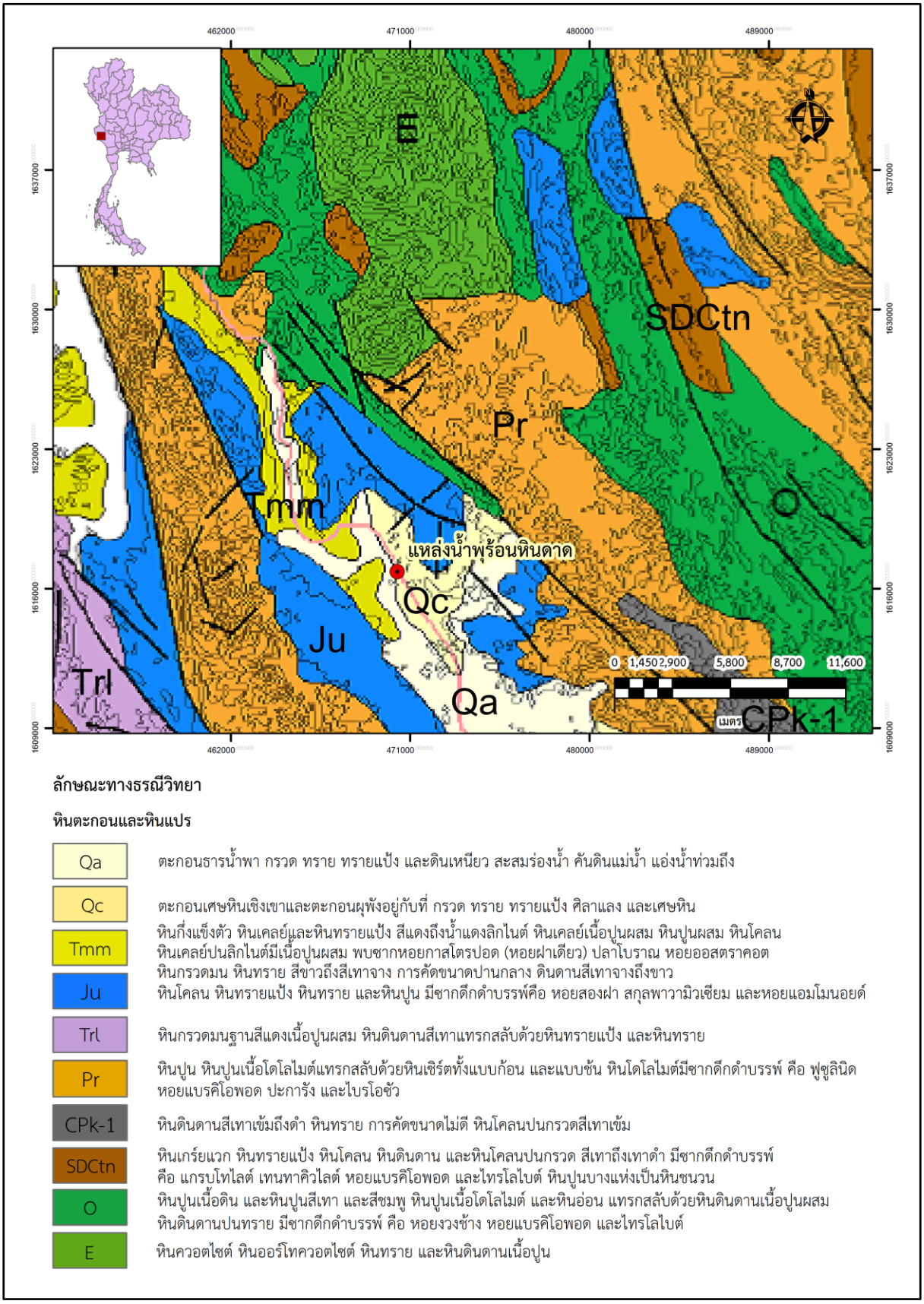
9. ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated Sediment) ยุคควอเทอร์นารี(Quaternary) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนจนถึงปัจจุบันได้แก่

+ ตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvial deposit: Qc) และตะกอนผุอยู่กับที่ประกอบด้วยกรวดทรายทรายแป้งศิลาแลงและเศษหิน

+ ตะกอนธารน้ำพา (Alluvial deposit: Qa) ประกอบด้วยกรวดทรายทรายแป้งและดินเหนียวสะสมร่องน้ำคันดินแม่น้ำแอ่งน้ำท่วมถึงซึ่งพบรอยเลื่อนในทิศตะวันออกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแหล่งพุน้ำร้อนซึ่งรอยเลื่อนดังกล่าววางตัวในแนวเหนือ –ใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือ –ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ–ตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 2-9 แผนที่ภูมิภายภาพบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด (ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร, 2542)



ลักษณะทางธรณีวิทยา

หินตะกอนและหินแปร

Qa	ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สะสมร่องน้ำ คันดินแม่น้ำ แอ่งน้ำท่วมถึง
Qc	ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนผุพังอยู่กับที่ กรวด ทราย ทรายแป้ง ศิลาแลง และเศษหิน
Tmm	หินกึ่งแข็งตัว หินเคลย์และหินทรายแป้ง สีแดงถึงน้ำแดงลิกไนต์ หินเคลย์เนื้อปูนผสม หินปูนผสม หินโคลน หินเคลย์ปนลิกไนต์มีเนื้อปูนผสม พบซากหอยกาสโตรปอด (หอยฝาเดียว) ปลาโบราณ หอยออสตราคอต
Ju	หินกรวดมน หินทราย สีขาวถึงสีเทาจาง การคัดขนาดปานกลาง ดินดานสีเทาจางถึงขาว หินโคลน หินทรายแป้ง หินทราย และหินปูน มีซากดึกดำบรรพ์คือ หอยสองฝา สกุลพาวามิวเซียม และหอยแอมโมนอยด์
Trl	หินกรวดมนฐานสีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดานสีเทาแทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง และหินทราย
Pr	หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์แทรกสลับด้วยหินเชิร์ตทั้งแบบก้อน และแบบชั้น หินโดโลไมต์มีซากดึกดำบรรพ์ คือ ฟูซูลินิด หอยแบรคิโอพอด ปะการัง และไบรโอซัว
CPk-1	หินดินดานสีเทาเข้มถึงดำ หินทราย การคัดขนาดไม่ดี หินโคลนปนกรวดสีเทาเข้ม
SDCtn	หินเกร์ยแวก หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดาน และหินโคลนปนกรวด สีเทาถึงเทาดำ มีซากดึกดำบรรพ์ คือ แกรบโทไลต์ เทนทาคิวไลต์ หอยแบรคิโอพอด และไทรโลไบต์ หินปูนบางแห่งเป็นหินชนวน
O	หินปูนเนื้อดิน และหินปูนสีเทา และสีชมพู หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินอ่อน แทรกสลับด้วยหินดินดานเนื้อปูนผสม หินดินดานปนทราย มีซากดึกดำบรรพ์ คือ หอยงวงช้าง หอยแบรคิโอพอด และไทรโลไบต์
E	หินควอตไซต์ หินออร์โทควอตไซต์ หินทราย และหินดินดานเนื้อปูน

ภาพที่ 2-10 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2550)

- ปฐพีวิทยา

ดินบริเวณพุน้ำร้อนหินดาด เป็นดินทรายร่วนปนอินทรียวัตถุ (Poorly grade sand : SM)มีสีน้ำตาลอมดำเข้ม มีค่าปริมาณความชื้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสภาพการซึมได้ของดินประมาณ 3 $x10^{2}$ เมตรต่อวัน มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 6 ดินแสดงลักษณะเป็นกรดอ่อน มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ประมาณ 350 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีค่าอินทรียวัตถุประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ อยู่ประมาณ 102 เซ็นติโมลต่อกิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินพบว่า มีปริมาณแคดเมียมประมาณ 6.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณโครเมียมประมาณ 19.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณตะกั่วพบสะสมตัวประมาณ 20.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่พบนิกเกิลสะสมอยู่ในดิน ส่วนปริมาณเหล็กพบมีค่าประมาณ 2.1 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ (มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547)

ภาพที่ 2-11 ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนหินดาด

- ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savana Climate, Aw) ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของ Koppen กล่าวคือ มีอากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว ส่วนฤดูร้อนมีลักษณะอากาศแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สามารถแบ่งสภาพภูมิอากาศได้เป็น 3 ฤดูกาลเช่นเดียวกับสภาพอากาศจังหวัดกาญจนบุรีดังนี้

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม และไปสิ้นสุดลงประมาณกลางเดือนกันยายน หรือต้นเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาฤดูฝนประมาณ 4-5 เดือน เป็นผลจากการได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามัน ทำให้ช่วงระยะเวลานี้มีฝนตกและความชื้นสูง การแผ่กระจายของฝนในจังหวัดกาญจนบุรีแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในบริเวณพื้นที่ตอนบนในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอไทรโยคมีฝนตกค่อนข้างชุกและมีช่วงการกระจายของฝนมากกว่าตอนล่าง

ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคม ไปสิ้นสุดประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ รวมระยะเวลาของฤดูหนาวประมาณ 3-4 เดือนอากาศจะหนาวจัดในเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาอากาศเย็นจากประเทศจีน สภาพอากาศทั่วไปจะเย็นและแห้งแล้ง

ฤดูร้อน เริ่มต้นเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลง ซึ่งเป็นช่วง เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ในระยะนี้เป็นช่วงของลมฝ่ายใต้พัดมาปกคลุมทำให้อากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนของทุกปี

สภาพภูมิอากาศในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2525-2554) จากสถานีตรวจวัดทองผาภูมิ สรุปได้ดังนี้

ความกดอากาศ : ความกดอากาศเฉลี่ยในรอบ 30 ปี มีค่า 1 ,009.87 มิลลิบาร์ความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่า 1 ,023.77 มิลลิบาร์ ในเดือนมีนาคม และความกดอากาศต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่า 999.26 มิลลิบาร์ ในเดือนกันยายน ซึ่งค่าความกดอากาศเป็นค่าแสดงความหนาแน่นของอากาศซึ่งนอกจากเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางแล้วยังผันแปรตามสภาวะอากาศ คือ จะมีความกดอากาศภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมีความกดอากาศต่ำภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ลมตะวันตกหรือภาวะอากาศที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่าน

อุณหภูมิ : อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 2 6.7 องศาเซลเซียสค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 37.3 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 16.5 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม ส่วนค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ 43 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ มีค่า 5.2 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม (ข้อมูลบางเดือนขาดหายไป)

ความชื้นสัมพัทธ์ : ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีมีค่าร้อยละ 78 โดยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดมีค่าร้อยละ 96 ในเดือน กรกฎาคม ถึงตุลาคม และเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าร้อยละ 37 ในเดือนกุมภาพันธ์

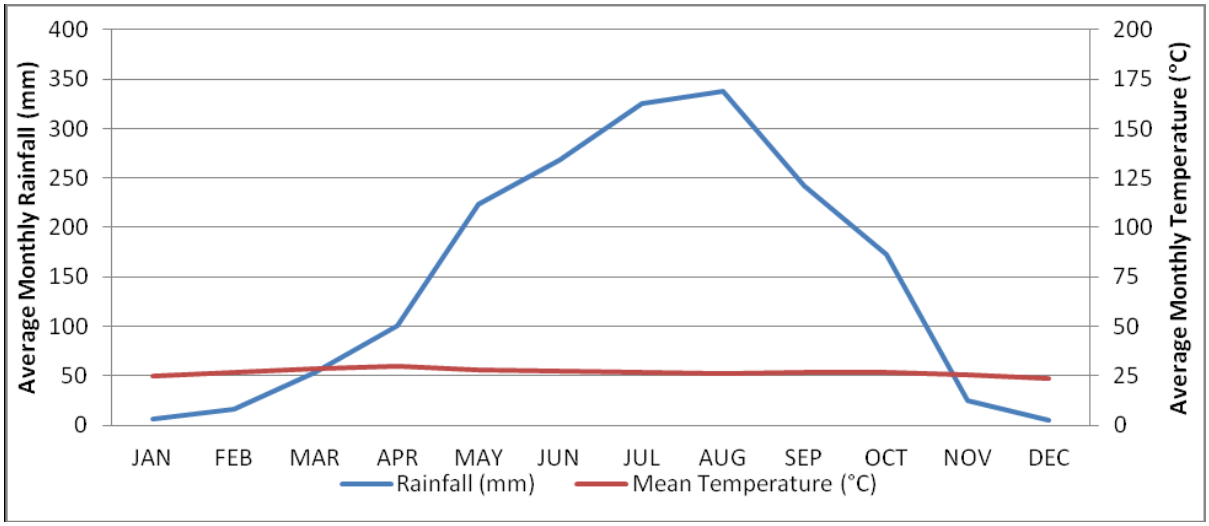
ฝน : ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่า 1774.7 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี คือ เดือนสิงหาคม มีปริมาณ 338.3 มิลลิเมตร และเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดในรอบปีมีค่าเฉลี่ย 5.5 มิลลิเมตร คือ

เดือนธันวาคมปริมาณฝนตกต่อวันมีค่าสูงสุดรายวัน ที่เคยตรวจวัดได้ 131.4 มิลลิเมตร ในเดือน กรกฎาคม จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่อปี 1 57 วัน เดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกมากเฉลี่ย 27.2 วันในขณะที่เดือนมกราคมมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่ำสุด 0.7 วัน

ลม : มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี มีค่า 0.5 นอต โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ในเดือนมีนาคม มีค่า 0.9 นอต ความเร็วลมสูงสุดมีค่า 65 นอต ในเดือนมีนาคมเช่นกัน ส่วนทิศทางลมจะเปลี่ยนแปลงตามลมมรสุมหลักที่พัดผ่านพื้นที่นี้ คือ ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคมจะมีทิศลมหลัก คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายนทิศลมหลักจะเปลี่ยนไปเป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

การระเหยของน้ำ : อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1433.1 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยการระเหยรายเดือนสูงสุดวัดได้เท่ากับ 179 มิลลิเมตรในเดือนเมษายนและมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดในเดือนสิงหาคม วัดได้เท่ากับ 85.6 มิลลิเมตร

จากข้อมูลรายคาบ 30 ปี ของสถานีทองผาภูมิ กาญจนบุรี สามารถนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามวิธีการของ Walter's Diagram ดังภาพที่ 4-24พบว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม เป็นช่วงหน้าแล้ง (dry period) และช่วงเมษายน ถึงเดือนตุลาคม เป็นช่วงน้ำมาก (wet period)



ภาพที่ 2-12การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

- อุทกวิทยา

แหล่ง พุน้ำร้อน หินดาด เป็นน้ำร้อนที่ผุดขึ้นจากแนวรอยเลื่อนบริเวณริมลำน้ำห้วยกุยมั่ง มีอัตราการเกิดที่สม่ำเสมอประมาณ 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีการพัฒนาแหล่ง พุน้ำร้อนและกันพื้นที่สร้างบ่อแช่ริมลำน้ำห้วยกุยมั่งรองรับนักท่องเที่ยวเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นอุทกวิทยาของ พุน้ำร้อนหินดาด จึงมีการรวบรวมและจัดการโดย อบต.หินดาด แล้ว

ส่วนอุทกวิทยาน้ำผิวดิน คือ น้ำจากห้วยกุยมั่งซึ่งเป็นส่วนที่สนับสนุนแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด ให้นักท่องเที่ยวมีการแช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็นในลำน้ำได้ จากการสำรวจพบว่า ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งมีพื้นที่ประมาณ 123 กิโลเมตร ลักษณะลำน้ำวางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก โดยทางตอนบนของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยกุยมั่ง ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าชุมชนต้นแบบเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ชุมชนในช่วงปี พ.ศ. 2527 จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของอำเภอไทรโยคและข้อมูลสถานีวัดน้ำห้วยกุยมั่ง พบว่ามีช่วงฤดูฝน คือ ช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม จะเป็นช่วงที่มีโอกาสสูงที่จะเกิดน้ำหลากมายังพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อน ซึ่งจากการสำรวจภาคสนาม พบว่าบริเวณลำน้ำห้วยกุยมั่ง พบหินขนาดใหญ่ปรากฏ คละขนาดกระจายอยู่เกือบตลอดลำน้ำ นอกจากนี้ยังมีการทำเส้นทางระบายน้ำ (flood way) บริเวณหน้าอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ แสดงว่า ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งมีเหตุการณ์น้ำหลากเกิดขึ้นหลายครั้ง และอาจเกิดขึ้นเป็นประจำต่อเนื่อง นอกจากนี้บริเวณลำน้ำห้วยกุยมั่งช่วง พุน้ำร้อน หินดาด ทาง อบต. ได้ดำเนินการสร้างฝายคอนกรีตชะลอน้ำจำนวน 2-3 ตัว เพื่อให้มีน้ำขังสำหรับนักท่องเที่ยวได้ลงไปแช่น้ำ แต่ในทางกลับกันเมื่อเกิดน้ำหลากจะทำให้ความเร็วน้ำชะลอตัว และระดับน้ำในลำธารยกตัวสูงขึ้นเกินขอบบ่อแช่น้ำร้อนของแหล่งน้ำ พุน้ำร้อนหินดาด ซึ่งอาจเกิดน้ำหลากเป็นระยะเวลาประมาณ 3-6 ชั่วโมงขึ้นกับปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ

แนวทางการพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนห้วยหินดาด ในด้านอุทกวิทยา คือ การเฝ้าระวังเหตุน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในช่วงฝนตกหนัก หรือฤดูฝน โดยอาจมีการจัดทำระบบเตือนภัยฝนตกพร้อมตรวจวัดระดับน้ำในลำธารบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง พร้อมจัดทำพื้นที่ปลอดภัยสำหรับอพยพนักท่องเที่ยวได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ยังควรมีการซักซ้อมแผนอพยพ เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

การเกิดน้ำหลากทำให้สามารถเกิดภัยที่ต่อเนื่องคือ แผ่นดินถล่ม โดย ทิพย์ศิรินทร์ (2554) ได้ศึกษาความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่ง โดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ภูมิประเทศ (ความลาดชัน) ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณฝนรายวัน พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งมีระดับความเสี่ยงต่ำ แสดงว่าถ้ามีน้ำหลากเกิดขึ้นจะมีตะกอนดินที่ถูกพัดพาไม่มาก โดยปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดระดับเสียงภัยเพิ่มขึ้น คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป (ถ้าพื้นที่ป่าด้านบนถูกทำลายจะทำให้มีความเสี่ยงแผ่นดินถล่มมากขึ้น)

- อุทกธรณีวิทยา

เป็นแหล่งพุน้ำร้อนที่เกิดจากการเบียดอัดของหินปูนตามแนวรอยเลื่อนในแนวห้วยกุยมั่งซึ่งวางตัวในแนวตะวันออก – ตะวันตก น้ำที่ซึมซาบลงไปถึงชั้นหินอุ้มน้ำได้รับการถ่ายเทความร้อนแล้วแทรกดันขึ้นมาตามรอยแตกของหินในแนวห้วยกุยมั่ง ซึ่ง การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทางด้านอุทกธรณีวิทยาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่า ในพื้นที่แหล่ง พุน้ำร้อนประกอบด้วยลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) ที่มีหินอุ้มน้ำสองประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง แสดงดังภาพที่ 4-25 ซึ่งมีรายละเอียดของลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ดังนี้

1. แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers) ประกอบด้วยชั้นหินให้น้ำบาดาลหินร่วน ดังนี้

+ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvium Aquifers:Qcl) ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) มีลักษณะเป็นตะกอนเศษหินตามบริเวณพื้นที่ลาดเอียงเชิงเขาที่เกิดจาดการผุพังของหินแข็งปะปนกับเศษหินร่วนที่หล่นมาทับถมในบริเวณพื้นที่หุบเขาหรือพื้นที่เชิงเขาจนมีลักษณะกลายเป็นลานเศษหินกว้างใหญ่ (Pediment) หรือลานหินเชิงผา (Talus) ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทรายปนด้วยเศษหินแตก (Rock fragments) ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงเล็กไม่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนเนื่องจากการทับถมของหินที่พังทลายจากหน้าผาลงสู่ที่ต่ำดังนั้นในทางอุทกธรณีวิทยาถือว่าตะกอนหินร่วนประเภทนี้เป็นตะกอนหินร่วนที่มีความพรุนต่ำไม่เป็นชั้นน้ำบาดาลที่ดีแต่ตะกอนหินร่วนประเภทที่ราบเชิงเขา (Colluvium) เป็นแหล่งน้ำสำคัญสำหรับเพื่อการอุปโภคโดยทั่วไปความหนาของชั้นน้ำชนิดนี้อยู่ที่ประมาณ 10 - 40 เมตรให้น้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์ต่ำ(5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนหินร่วนกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Aquifer : Tsc) เดิมเรียกว่าชั้นหินให้น้ำแม่สอด(Tms)เป็นชั้นหินให้น้ำบาดาลเพียงหน่วยเดียวที่ประกอบด้วยหินร่วนกึ่งแข็งตัวยุคเทอร์เชียรีได้แก่หินกรวดมนสีน้ำตาลแกมแดง ถึงน้ำตาลแกมเหลืองกรวดประกอบด้วย หินดินดานสีเขียวและหินเชิร์ตแทรกสลับด้วยหินทรายกรวดมน และหินทรายกึ่งแข็งตัวสีเหลืองจางถึงน้ำตาลแกมเหลืองและลิกไนต์วางตัวอยู่ชั้นล่างสุดในบริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตะกอน และถูกปิดทับด้วยชั้นหินร่วนยุคควอเทอร์นารีซึ่งมีอายุอ่อนกว่าโดยน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บ ไว้ในรูพรุนระหว่างเม็ดกรวดเม็ดทรายรวมถึง ในรอยแตก รอยเลื่อนหรือรอยต่อระหว่างชั้นหินหินชุดนี้มักถูกปิดทับด้วยชั้นน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่าชั้นน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่และชั้นน้ำตะกอนน้ำพาน้ำบาดาลมีคุณภาพดีแต่ปริมาณน้อย มี ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 - 60 เมตร สามารถให้น้ำน้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงในชั้นกรวดที่มีรูพรุนมากๆจะได้น้ำปริมาณมาก

2. แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง(Consolidated Aquifers) ประกอบด้วย ชั้นหินให้น้ำบาดาลหน่วยต่างๆที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุดดังนี้

2.1 ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในหินชั้น และหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rock Aquifers)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินชุดโคราชตอนล่าง (Lower Khorat aquifers: Jlk) ยุคจูแรสสิก (Jurassic) ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายสีเทาอมเขียว หินโคลนและหินกรวดมนเนื้อปูนผสม ซึ่งอยู่ในหมวดหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation)วางตัวอยู่บนหมวดหินน้ำพอง (Num Phong Formations) ประกอบด้วย หินทรายแป้ง หินทรายและหินกรวดมน สลับกันเป็นชั้นหนาซึ่งมีปริมาณน้ำประมาณ 5-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีโดยอาจได้น้ำบาดาลคุณภาพดีจากแนวรอยแตกในหินดินดานของหมวดหินภูกระดึงปริมาณน้ำสูงถึง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (Permian – Carboniferous Metasedimentary Aquifer : PCms) เป็นหินตะกอนกึ่งแปรอายุเพอร์เมียนถึงคาร์บอนิเฟอรัสประกอบด้วย หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินกรวดมนเนื้อภูเขาไฟ หินทรายแป้ง หินดินดาน หินโคลนสีแดง หินชนวนหินฟิลไลต์และหินควอร์ตไซต์ บางแห่งแทรกสลับด้วยหินเชิร์ตน้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยต่อระหว่างชั้นหิน และชั้นหินผุ ชั้นน้ำนี้พบแผ่กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งที่เป็นพื้นที่ภูเขา คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก ความลึกถึงชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 - 80 เมตร ปริมาณน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยประมาณ 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางพื้นที่มีแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่พาดผ่านพื้นที่เป็นแนวยาวอาจจะได้ปริมาณน้ำประมาณ 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

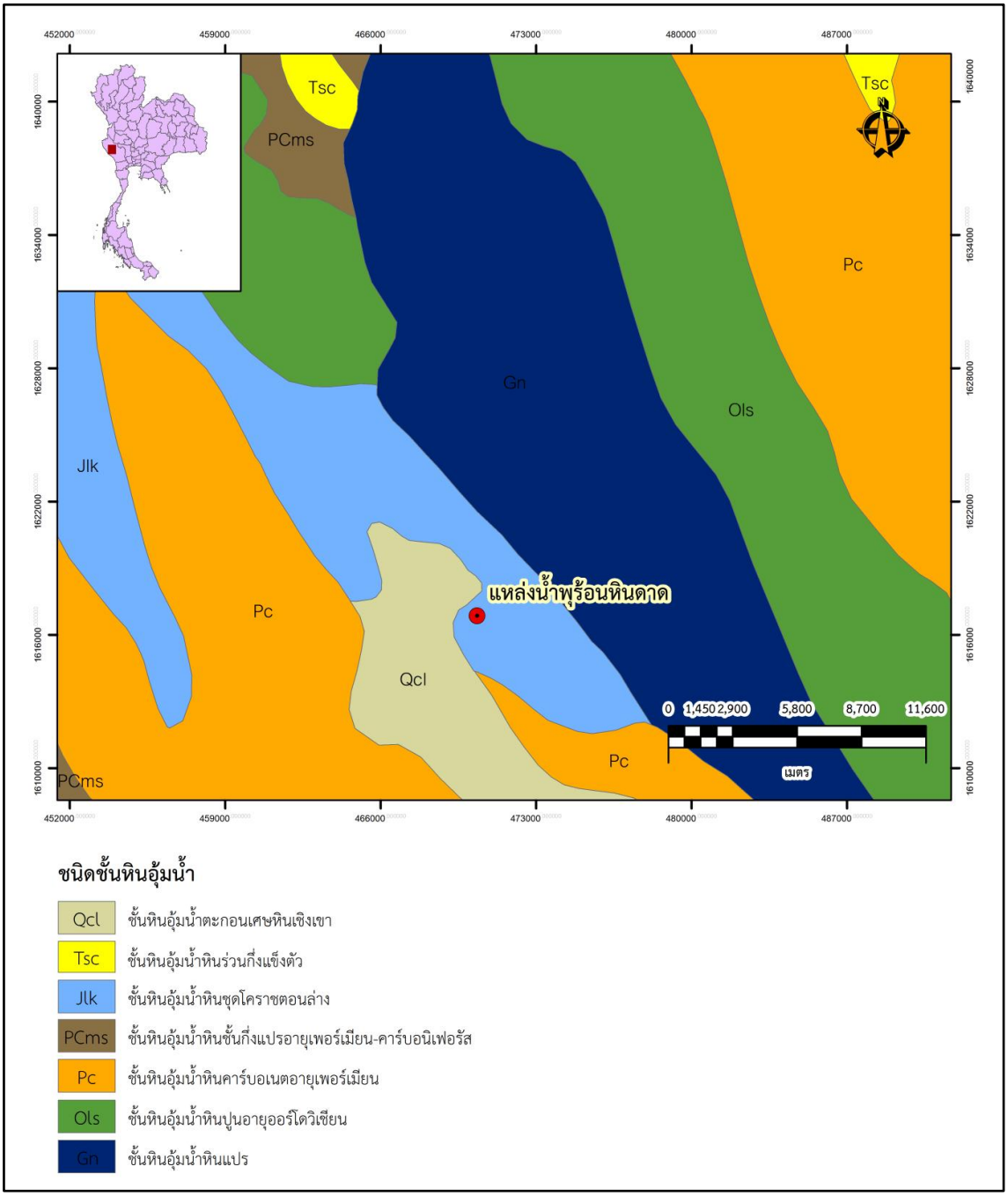
+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตยุคเพอร์เมียน (Permian Carbonate Aquifer : Pc) ประกอบด้วย หินปูนสีเทาถึงสีเทาดำชั้นหนามีชั้นหินดินดาน หินทราย หินทรายเนื้อทัฟฟ์ หินเชิร์ต และหินฮอร์นเฟลแทรกสลับเป็นชั้นบางๆ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บไว้ภายในรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และถ้ำหรือโพรงเกิดจากการละลายเนื้อหินออกไปและมีขนาดต่างๆกัน บริเวณถ้ำหรือโพรงอาจเกิดต่อเนื่องกันกลายเป็นทางน้ำใต้ดิน (subterranean stream) คุณภาพน้ำค่อนข้างดีแต่มีความกระด้างสูงอยู่ที่ระดับความลึก 30 - 150 เมตร มีศักยภาพการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 - 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บางบ่ออาจจะให้น้ำได้ถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องของรอยแตกหรือโพรง

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินปูนยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Limestone Aquifer : Ols) ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินสีเทาปานกลางถึงเทาเข้มแสดงแถบชั้นบาง พบชั้นหินคดโค้งแบบรอยคดโค้งนอนทับ

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร (Gneissic Aquifer : Gn) ประกอบด้วยหินไนส์ที่เป็นหินเนื้อแน่นแข็งซึ่งน้ำบาดาลที่ได้จะเกิดจากรอยแตก และบริเวณที่มีการสลายตัวของหิน ปริมาณน้ำที่ได้ตั้งแต่ 5 - 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

- คุณภาพน้ำ HD

น้ำพุร้อนบ่อที่ 1 , 2 และบ่อของพระสงฆ์ มีอุณหภูมิอยู่ที่ 44, 43 และ 39 องศาเซลเซียส คุณภาพน้ำโดยทั่วไปไม่เกินมาตรฐาน ยกเว้นตะกั่วเกินมาตรฐานเล็กน้อย น้ำมีความกระด้างค่อนข้างสูง พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูงและพบเชื้อก่อโรค คือ *Staphylococcus aureus* เชื้อจุลินทรีย์ที่พบมาจากการใช้บริการในบ่อและกิจกรรมอื่นๆ จากนักท่องเที่ยวจำนวนมาก คุณภาพน้ำในห้วยกุยมั่งที่อยู่ในบริเวณดังกล่าว พารามิเตอร์ส่วนใหญ่อยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ 1 ยกเว้นแคดเมียม สารหนู และแมงกานีส



ภาพที่ 2-13 แผนที่อุทกธรณีวิทยาบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด
(ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2545)

ภาพที่ 2-14 สภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด

2.2.3 พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี

หน่วยงานดูแลรับผิดชอบ : ผู้ใหญ่บ้านและชาวบ้านในพื้นที่เป็นผู้ดูแล

พิกัด 47 P 565076.00 mN 1454158 .00 mE

ลักษณะทั่วไป

- สภาพแวดล้อม

บริเวณพุน้ำร้อนมีการตั้งศาล 2 ศาล บ่อน้ำพุร้อนเป็นบ่อรูปวงรี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เมตร มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเกิดขึ้นในบ่อ และบริเวณใกล้กับบ่อกำเนิดมีเก้าอี้ม้าหินขนาดเล็ก ตั้งไว้สำหรับให้นักท่องเที่ยวแช่เท้า มีการปล่อยให้น้ำพุร้อนไหลลงสู่อาคารอาบน้ำด้านล่าง โดยการใช้ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาวประมาณ 200 เมตร นำน้ำไปเก็บไว้ที่บ่อด้านล่าง ด้านหน้าของแหล่งพุน้ำร้อนมีร้านขายของชำ ร้านอาหาร และร้านขายสินค้าทางการเกษตรโดยชาวบ้าน เช่น สัปปะรด มะนาว และมะละกอ เป็นต้น

- ภูมิกายภาพ

แหล่งพุน้ำร้อนตั้งอยู่บริเวณพื้นที่เชิงเขา มีทั้งภูเขา และเนินเขาล้อมรอบทุกทิศทาง ซึ่งเขาส่วนใหญ่บริเวณนี้มีทิศด้านลาดหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีความสูงของยอดเขาตามแนวสันปันน้ำประมาณ 200 ถึง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ภูเขาดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำหลายสาย เช่น ห้วยพุน้ำร้อน ห้วยสาริกา ห้วยหลง ห้วยใหญ่ และห้วยกะซู่ เป็นต้น ซึ่งลำน้ำทั้งหมดของบริเวณนี้ไหลลงสู่พื้นที่ราบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4-63

- ธรณีวิทยา

บริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องพบหินตะกอน (Sedimentary Rock) ยุคคาร์บอนิเฟอรัส–เพอร์เมียน (Carboniferous – Permian: CPk-1) กลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaeng krachan Group) หมวดหินเขาพระ (Khao Pra Formation) ซึ่งหินดังกล่าวถูกแทรกดันโดยหินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rock)ยุคครีเทเชียส (Cretaceous : Kgr) โดยลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนดังแสดงในภาพที่ 4-64 มีการจำแนกหินออกเป็น4กลุ่มคือหินตะกอนหินแปร ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว และหินอัคนีที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary Rock sand Metamorphic Rocks)

1. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน (Carboniferous – Permian : CPk) กลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaeng krachan Group) ประกอบด้วยหินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกา สีเทา เทาเขียว และน้ำตาล ซึ่งซากดึกดำบรรพ์ คือ หอยแบรคิโอพอด (Brachiopod)ไบรโอซัว (Bryozoa) ปะการัง (Coral) และไครนอยด์ (Crinoid)

2. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน (Carboniferous – Permian : CPk-1) กลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaeng krachan Group) หมวดหินเขาพระ (Khao Pra Formation) ประกอบด้วยหินทรายเกรย์แวกสีเทาแกมเขียวถึงสีเทาปานกลางเนื้อละเอียดมากถึงปานกลางการคัดขนาดไม่ดีเม็ดแร่เหลี่ยมถึงกลมหินดินดานสีเทาแกมเขียวถึงสีเทาปานกลางแตกเป็นแผ่นเรียบและแถบชั้นบางหินทรายอาร์โคสสีขาวถึงสีน้ำตาลแกมเหลืองอ่อนเนื้อละเอียดมากถึงปานกลางการคัดขนาดปานกลางถึงดีเม็ดแร่ค่อนข้างเหลี่ยมถึงกลมหินควอร์ตไซต์หินฮอร์นเฟลและหินชนวน

3.ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว (Unconsolidated Sediment) ยุคควอเทอร์นารี(Quaternary) ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนจนถึงปัจจุบันได้แก่

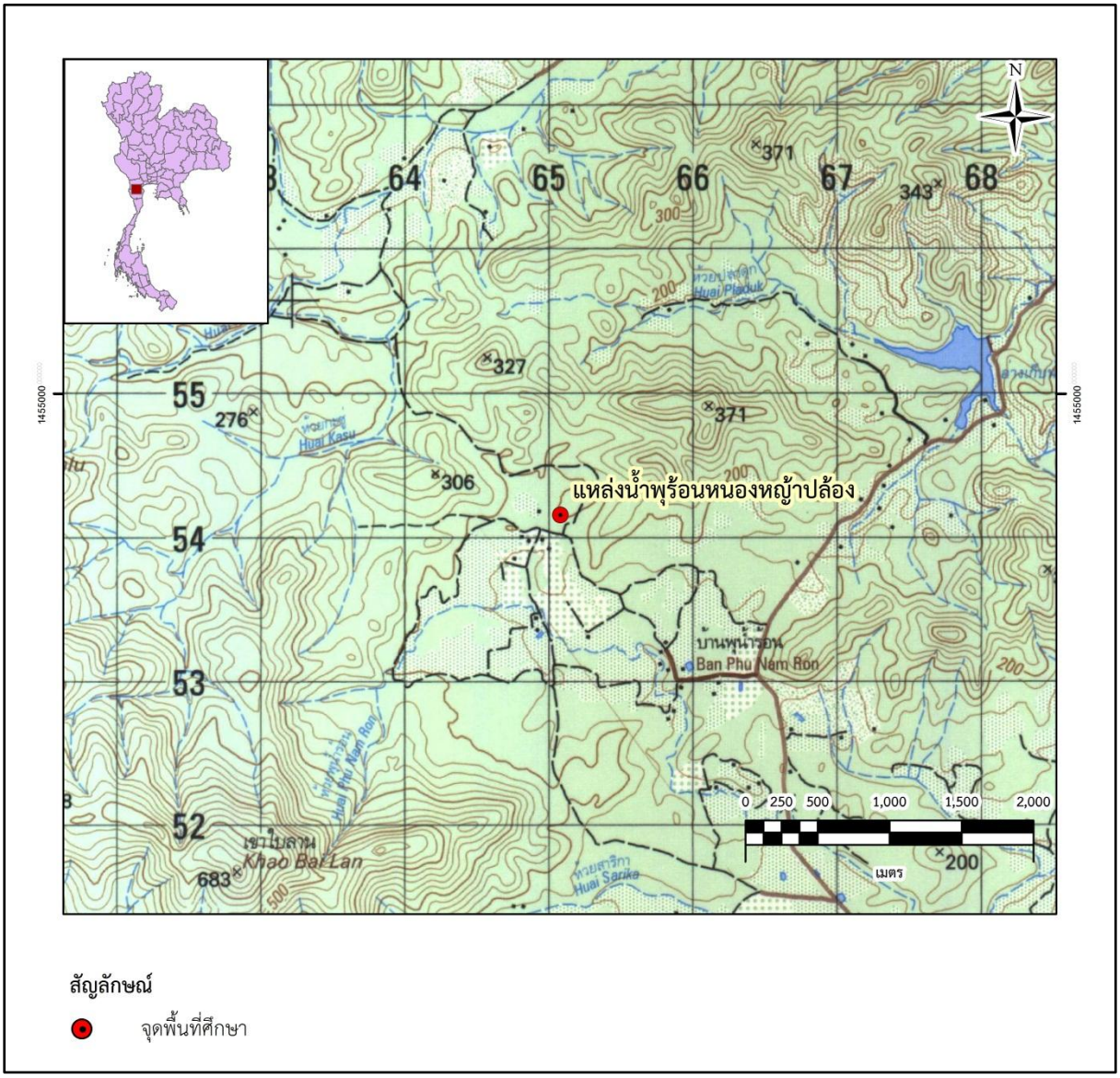
+ ตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvial deposit : Qc) และตะกอนผุอยู่กับที่ประกอบด้วยกรวดทรายทรายแป้งศิลาแลงและเศษหิน

+ ตะกอนธารน้ำพา (Alluvial deposit : Qa) ประกอบด้วย กรวดทรายทรายแป้งและดินเหนียวสะสมร่องน้ำคันดินแม่น้ำแอ่งน้ำท่วมถึง

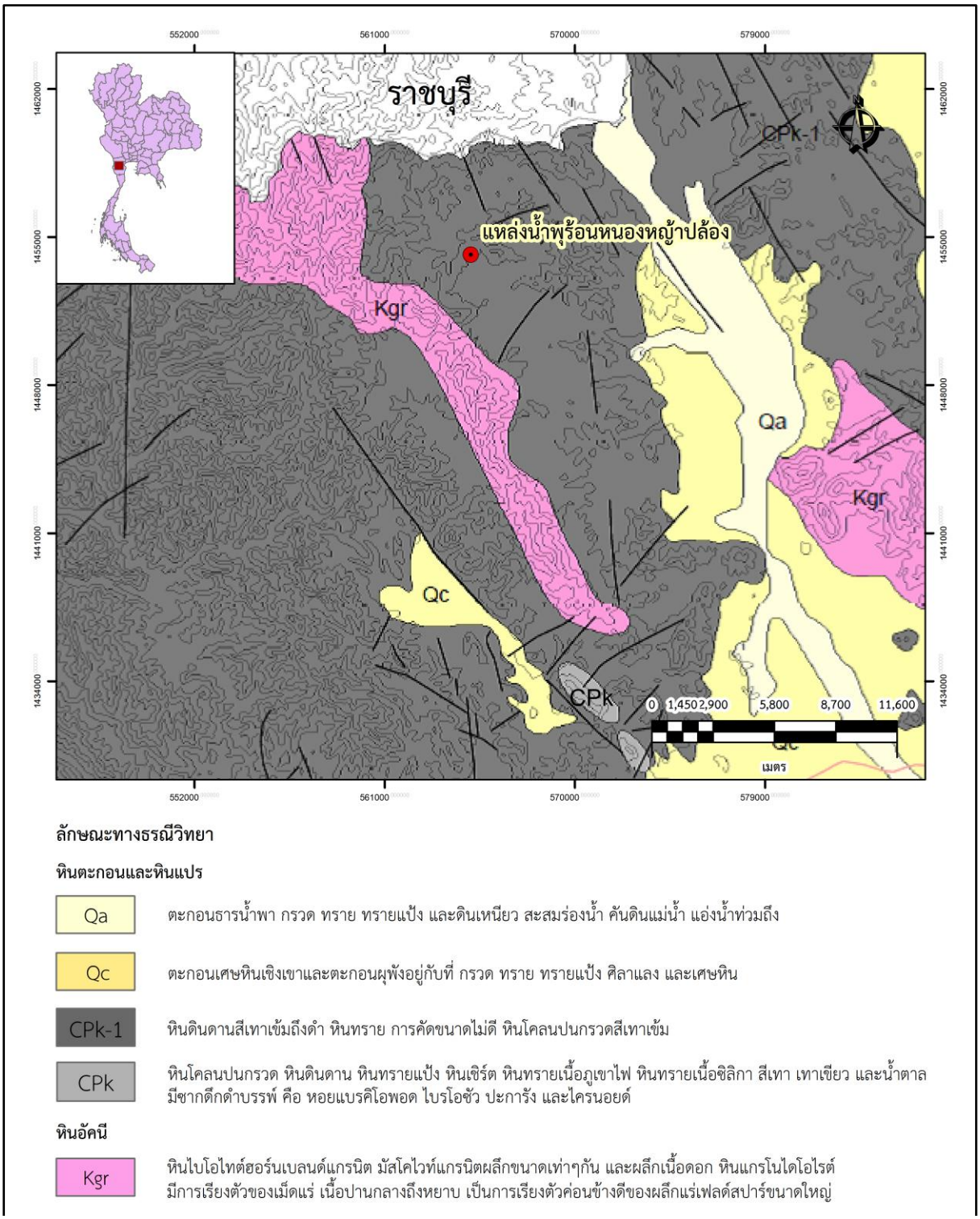
- หินอัคนี (Igneous Rocks)

4. หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rocks) แทรกดันตัวขึ้นมาในยุคครีเทเชียส (Cretaceous : Kgr)ประกอบด้วย หินไบโอไทต์ฮอร์นเบลนด์แกรนิตมัสโคไวท์แกรนิตผลึกขนาดเท่าๆกันและผลึกเนื้อดอกหินแกรโนไดโอไรต์ มีการเรียงตัวของเม็ดแร่เนื้อปานกลางถึงหยาบเป็นการเรียงตัวค่อนข้างดีของผลึกแร่เฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่

ซึ่งพบรอยเลื่อนทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแหล่ง พุน้ำร้อน ซึ่งรอยเลื่อนดังกล่าววางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ เข้าใกล้แนวตะวันออก – ตะวันตก และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้



ภาพที่ 2-15 แผนที่ภูมิกายภาพของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง (ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร, 2542)



ภาพที่ 2-16 แผนที่ธรณีวิทยาของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2550)

- ปฐพีวิทยา

ดินบริเวณพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง เป็นดินร่วนปนทราย (Sandy silt with gravel : ML) มีสีน้ำตาล มีค่าปริมาณความชื้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสภาพการซึมได้ของดินประมาณ 4.61×10^{3} เมตรต่อวัน มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 7.4 ดินแสดงลักษณะเป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ประมาณ 240 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีค่าอินทรียวัตถุประมาณ 4.6 เปอร์เซ็นต์ และ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ อยู่ประมาณ 20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินพบว่า มีปริมาณแคดเมียมประมาณ 14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณโครเมียมประมาณ 34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่พบปริมาณตะกั่วและนิกเกิลสะสมอยู่ในดิน ส่วนปริมาณเหล็กพบมีค่าประมาณ 2.0 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ (มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547)

ภาพที่ 2-17ลักษณะดินบริเวณพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง

- ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี เป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savana Climate, Aw) ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของ Koppen กล่าวคือ มี

อากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว ส่วนฤดูร้อนมีลักษณะอากาศแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สามารถแบ่ง สภาพภูมิอากาศได้เป็น 3 ฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมอากาศจะร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดในรอบปี

ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมเป็นระยะที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทยอากาศจะชุ่มชื้นและมีฝนตกทั่วไปโดยมีฝนตกหนักในเดือนตุลาคม

ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ในระยะที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไปและมีอากาศหนาวเย็นและอาจมีฝนได้ตามบริเวณชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายนมีฝนตกมาส่วนเดือนธันวาคมและมกราคมมีฝนตกน้อยและอากาศอยู่ในเกณฑ์เย็น

สภาพภูมิอากาศในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2525-2554) จากสถานีตรวจวัดเพชรบุรี สรุปได้ดังนี้

ความกดอากาศ : ความกดอากาศเฉลี่ยในรอบ 30 ปี มีค่า 1 ,009.36 มิลลิบาร์ความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่า 1 ,023.63 มิลลิบาร์ ในเดือนมีนาคม และความกดอากาศต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่า 999.35 มิลลิบาร์ ในเดือนสิงหาคม ซึ่งค่าความกดอากาศเป็นค่าแสดงความหนาแน่นของอากาศซึ่งนอกจากเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางแล้วยังผันแปรตามสภาวะอากาศ คือ จะมีความกดอากาศภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมีความกดอากาศต่ำภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ลมตะวันตกหรือภาวะอากาศที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่าน

อุณหภูมิ : อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 2 7.9 องศาเซลเซียสค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 33.4 องศาเซลเซียสในเดือนพฤษภาคม และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 21.1 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม ส่วนค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ 38.5 องศาเซลเซียสในเดือนพฤษภาคม ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ มีค่า 14 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม

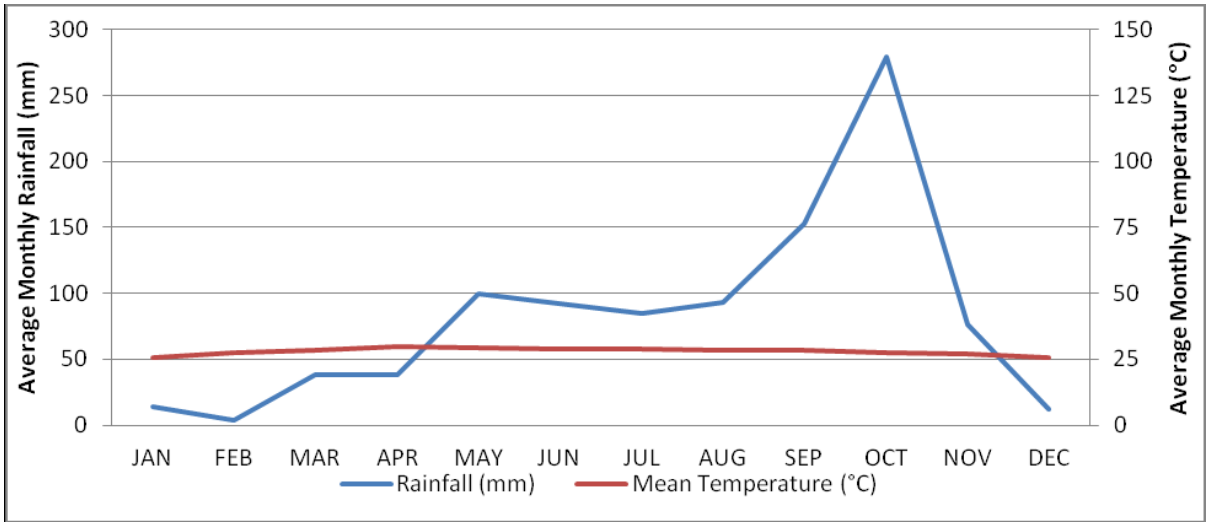
ความชื้นสัมพัทธ์ : ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีมีค่าร้อยละ 76.3 โดยในช่วงเดือนกันยายนและเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดมีค่าร้อยละ 92 ในเดือนตุลาคม และเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าร้อยละ 55 ในเดือนธันวาคม

ฝน : ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่า 985.6 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี คือ เดือนตุลาคม มีปริมาณ 279.8 มิลลิเมตร และเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดในรอบปีมีค่าเฉลี่ย 4.2 มิลลิเมตร คือ เดือนกุมภาพันธ์ปริมาณฝนตกต่อวันมีค่าสูงสุดรายวัน ที่เคยตรวจวัดได้ 259.6 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่อปี 1 01.5 วัน เดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกมากเฉลี่ย 17 วันในขณะที่เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์มีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่ำสุด 0.7 วัน

ลม : มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี มีค่า 2.6 นอต โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ในเดือนมีนาคม มีค่า 5 นอต ความเร็วลมสูงสุดมีค่า 46 นอต ในเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนทิศทางลมจะเปลี่ยนแปลงตามลมมรสุมหลักที่พัดผ่านพื้นที่นี้ คือ ในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคมจะมีทิศลมหลัก คือ ทิศใต้ และเริ่มมีการเปลี่ยนทิศทางลมหลักในเดือนกันยายนเป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ เดือนตุลาคมมีทิศลมหลักเป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนมีทิศลมหลักอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนเดือนธันวาคมทิศลมหลักจะเปลี่ยนไปเป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือ

การระเหยของน้ำ : อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1529.7 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยการระเหยรายเดือนสูงสุดวัดได้เท่ากับ 164.3 มิลลิเมตรในเดือนเมษายนและมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดในเดือนตุลาคม วัดได้เท่ากับ 102.7 มิลลิเมตร

จากข้อมูลรายคาบ 30 ปี ของสถานีเพชรบุรี สามารถนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามวิธีการของ Walter's Diagram ดังภาพที่ 4-66 พบว่า ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน เป็นช่วงหน้าแล้ง (dry period) และช่วงพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงน้ำมาก (wet period)



ภาพที่ 2-18 การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเพชรบุรี

- อุทกวิทยา

แหล่ง พุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง เป็นน้ำพุร้อนที่แหล่งน้ำผุดอยู่บริเวณพื้นที่เชิงเขา มีการสร้างบ่อปูนครอบตำแหน่งน้ำร้อนที่ผุดขึ้น โดยมีอัตราการให้น้ำร้อนสม่ำเสมอ ประมาณ 4 ลิตรต่อวินาที ต่อจากบ่อน้ำร้อนมีทางระบายน้ำเล็กๆ สำหรับบริการแช่เท้า น้ำร้อนอีกส่วนหนึ่งจากบ่อนำเข้าท่อเหล็กเพื่อนำน้ำร้อนไปยังพื้นที่ตอนล่างและพักน้ำร้อนไว้ที่บ่อพักเพื่อนำไปใช้กับอาคารอาบน้ำร้อน ดังนั้นน้ำร้อนในพื้นที่นี้ถูกแยกเป็นระบบที่ชัดเจนยกเว้นช่วงเวลาฝนตกจะมีน้ำฝนเข้ามาผสมกับน้ำร้อนทั้งบ่อเก็บน้ำตอนบนและบ่อเก็บน้ำ

ด้านล่างอาจส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำร้อนบ้างในช่วงที่ฝนตกหนัก แต่ทางแหล่งท่องเที่ยวมีการจัดการเรื่องดังกล่าว โดยมีการปิด-เปิดประตูน้ำไม่ให้น้ำร้อนช่วงที่มีฝนตกเข้ามาผสมกับน้ำร้อนเดิม

ส่วนอุทกวิทยาน้ำผิวดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่าบริเวณที่ตั้งของแหล่งพุน้ำร้อนอยู่ที่เนิน ระหว่างร่องน้ำ ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกบริเวณพื้นที่นี้ จะมีน้ำไหลจากบนเขาผ่านบริเวณด้านข้างของพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว ทำให้มีความปลอดภัยจากน้ำหลาก แต่สิ่งที่ควรระวัง คือ ช่วงที่ฝนตกจะทำให้ถนนคอนกรีตที่ขึ้นไปบ่อน้ำร้อนลื่น อาจทำให้นักท่องเที่ยวเกิดอุบัติเหตุได้

- อุทกธรณีวิทยา

เป็นแหล่งพุน้ำร้อนที่เกิดจากการแทรกดันของน้ำร้อนที่ได้รับการถ่ายโอนความร้อนจากหินที่ถูกเบียดอัดกันตามแนวรอยเลื่อนน้ำ น้ำที่ซึมซาบลงไปตามรอยแตกของหินเมื่อได้รับความร้อนจะแทรกดันขึ้นมาและสะสมความดันผุดขึ้นมาเป็นช่วงๆ แหล่งพุน้ำร้อนนี้เป็นบ่อน้ำอุ่น ที่เรียงกันในแนวเหนือ-ใต้ โดยที่น้ำจะไหลจากบ่อทางทิศเหนือ ไปทางทิศใต้ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทางด้านอุทกธรณีวิทยาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่า ในพื้นที่แหล่ง พุน้ำร้อน ประกอบด้วยลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ที่มีหินอุ้มน้ำสองประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง แสดงดังภาพที่ 4-67 ซึ่งมีรายละเอียดของลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่ ดังนี้

1. แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers) ประกอบด้วยชั้นหินให้น้ำบาดาลหินร่วน ดังนี้

+ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvium Aquifers:Qcl) ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) มีลักษณะเป็นตะกอนเศษหินตามบริเวณพื้นที่ลาดเอียงเชิงเขาที่เกิดจาดการผุพังของหินแข็งปะปนกับเศษหินร่วนที่หล่นมาทับถมในบริเวณพื้นที่หุบเขาหรือพื้นที่เชิงเขาจนมีลักษณะกลายเป็นลานเศษหินกว้างใหญ่ (Pediment) หรือลานหินเชิงผา (Talus) ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทรายปนด้วยเศษหินแตก (Rock fragments) ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงเล็กไม่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนเนื่องจากการทับถมของหินที่พังทลายจากหน้าผาลงสู่ที่ต่ำดังนั้นในทางอุทกธรณีวิทยาถือว่าตะกอนหินร่วนประเภทนี้เป็นตะกอนหินร่วนที่มีความพรุนต่ำไม่เป็นชั้นน้ำบาดาลที่ดีแต่ตะกอนหินร่วนประเภทที่ราบเชิงเขา (Colluvium) เป็นแหล่งน้ำสำคัญสำหรับเพื่อการอุปโภคโดยทั่วไปความหนาของชั้นน้ำชนิดนี้อยู่ที่ประมาณ 10 - 40 เมตรให้น้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์ต่ำ(5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

2. แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Aquifers) ประกอบด้วยชั้นหินให้น้ำบาดาลหน่วยต่างๆที่เรียงลำดับอายุจากแก่สุดไปหาอ่อนสุดดังนี้

2.1 ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในหินชั้น และหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rock Aquifers)

+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินชั้นกึ่งแปร (Permian – Carboniferous Metasedimentary Aquifer : PCms) เป็นหินตะกอนกึ่งแปรอายุเพอร์เมียนถึงคาร์บอนิเฟอรัสประกอบด้วย หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ

หินกรวดมนเนื้อภูเขาไฟ หินทรายแป้ง หินดินดาน หินโคลนสีแดง หินชนวนหินฟิลไลต์และหินควอร์ตไซต์ บางแห่งแทรกสลับด้วยหินเชิร์ตน้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตก รอยแยก รอยต่อระหว่างชั้นหิน และชั้นหินผุ ชั้นน้ำนี้พบแผ่กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งที่เป็นพื้นที่ภูเขา คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมากความลึกถึงชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 - 80 เมตร ปริมาณน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยประมาณ 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางพื้นที่มีแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่พาดผ่านพื้นที่เป็นแนวยาวอาจจะได้ปริมาณน้ำประมาณ 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

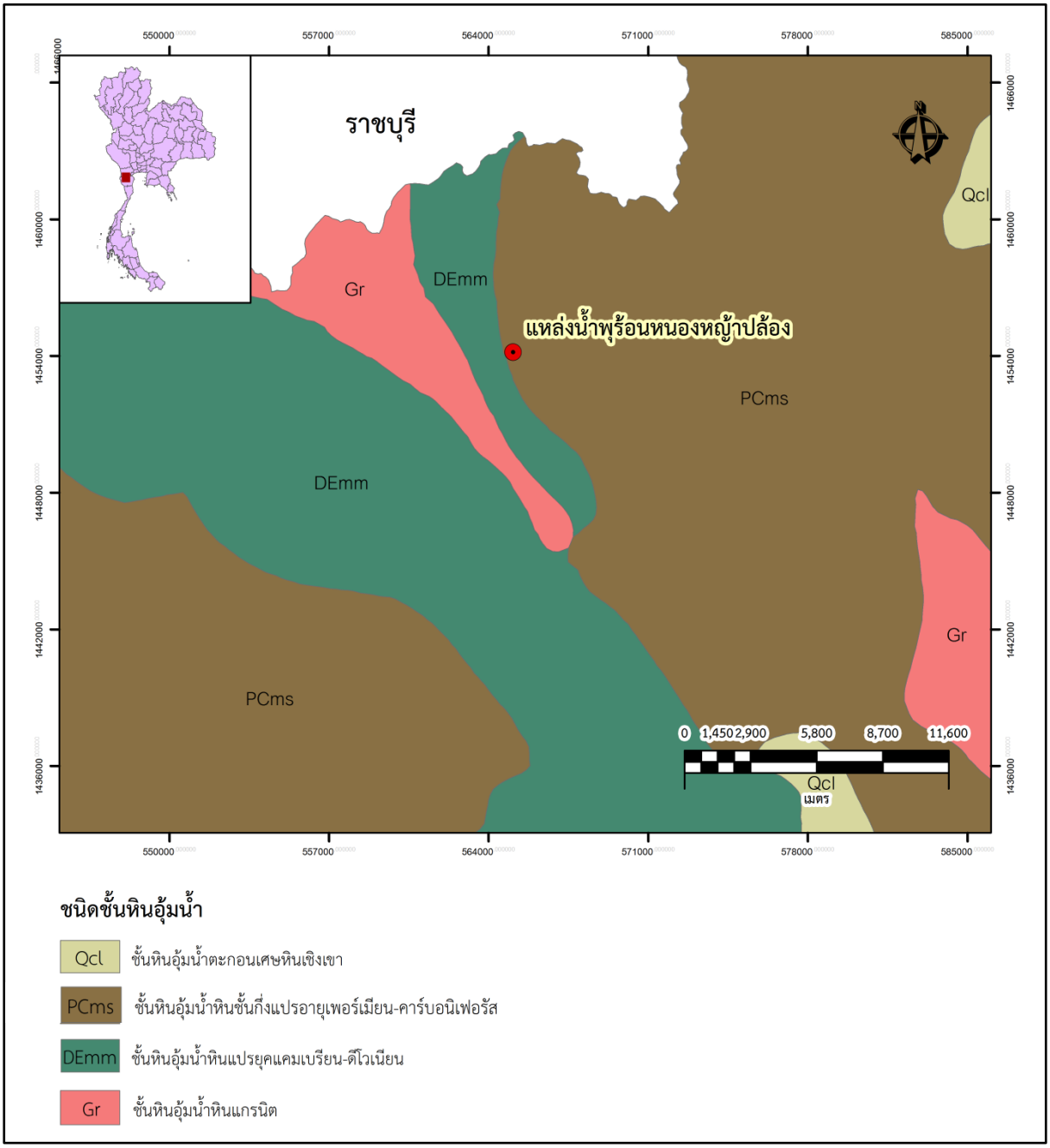
+ ชั้นน้ำหินแปรยุคแคมเบรียน – ดีโวเนียน (Cambrian-Devonian Metamorphic Aquifer : DEmm) ประกอบไปด้วยหินไนส์หินชีสต์หินควอร์ตไซต์และหินฟิลไลต์น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ภายในช่องว่างตามรอยแตกรอยแยกรอยเลื่อนและรอยต่อระหว่างชั้นหินความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 - 70 เมตรโดยทั่วไปให้น้ำได้ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.2 ชั้นหินอุ้มน้ำในหินอัคนี (Igneous Rocks Aquifers)

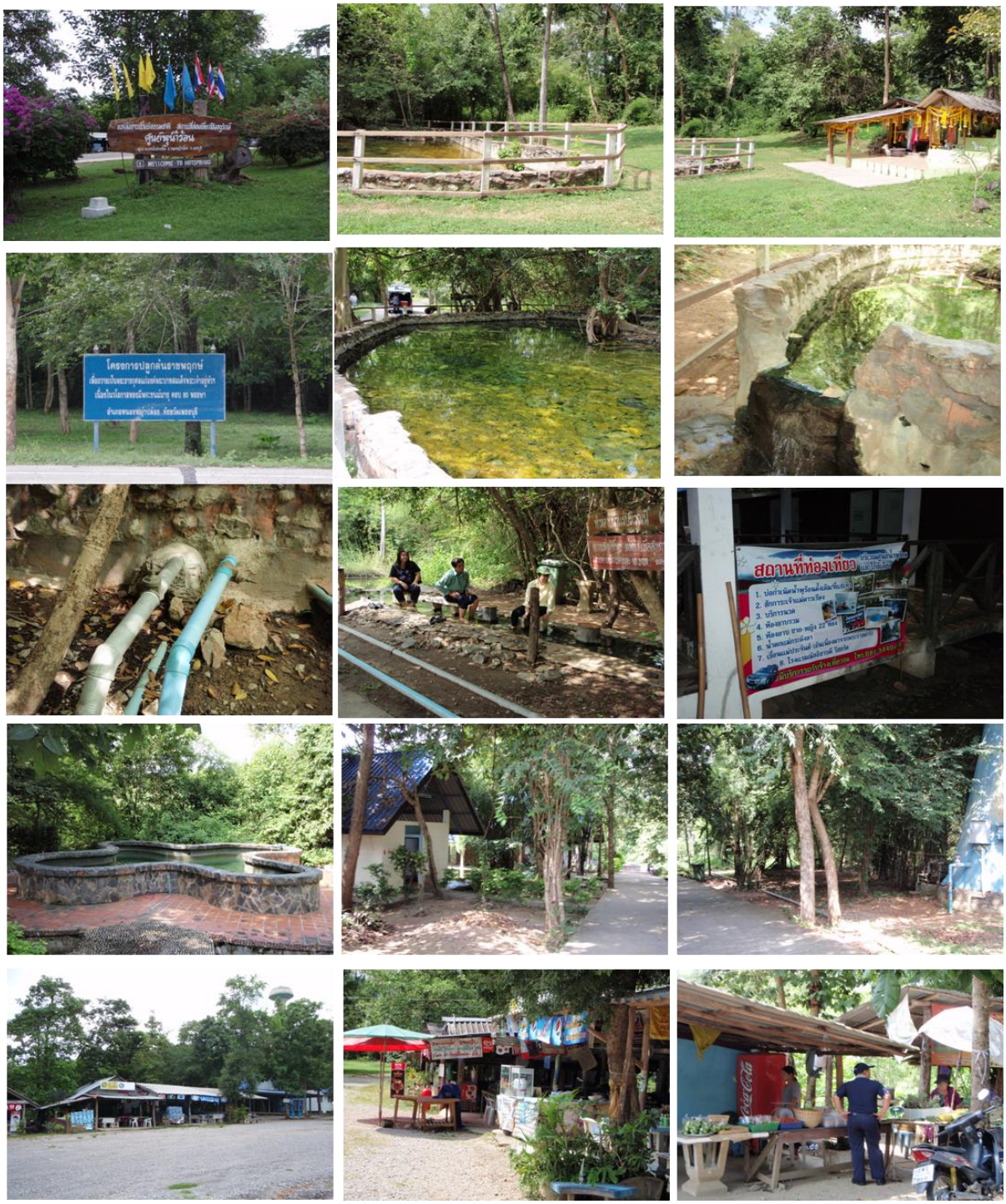
+ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต (Granitic Aquifer : Gr) ประกอบด้วยหินไบโอไทต์-ฮอร์นเบลนด์ แกรนิต เป็นหินเนื้อแน่น แข็งมีศักยภาพในการให้น้ำบาดาลต่ำ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ภายในรอยแตกรอยแยกหรือรอยเลื่อน และบางส่วนจะถูกกักเก็บอยู่ในบริเวณหินผุ พบกระจายตัวเป็นแห่งเล็กๆ ส่วนใหญ่มีคุณภาพดี มีความลึกของชั้นน้ำประมาณ 20 - 40 เมตร ปริมาณน้ำที่ได้ส่วนใหญ่น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

- คุณภาพน้ำ NP

น้ำพุร้อนมีอุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส คุณภาพน้ำโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นตะกั่วมีค่าเกินมาตรฐานเล็กน้อย มีปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน และพบเชื้อก่อโรค 1 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus*



ภาพที่ 2-19 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง
(ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2545)



ภาพที่ 2-20 สภาพแวดล้อมของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง

2.3 แนวคิดและหลักการของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์

แนวคิดของการประเมินผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำเริ่มโดยศาสตราจารย์ นักวางแผนชุมชนแห่งมหาวิทยาลัยบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา คือ Mathis Wackernagel และ William Rees (Wackernagel, M. และRees, W., 1996; Wackernagel และคณะ, 1997) ในหนังสือเรื่อง Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth โดยได้ให้นิยามของคำว่า รอยเท้านิเวศน์ หรือ Ecological Footprint ซึ่งเป็นการประเมินความต้องการทางด้านระบบนิเวศน์ (เฮกตาร์) ต่อจำนวนประชากรโลกเพื่อรองรับความต้องการทางด้านอุปโภคบริโภค อาทิ ที่ดิน พลังงาน น้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ประสิทธิ์ สัจจพงษ์, 2554) จนกระทั่งพัฒนามาเป็นคำว่ารอยเท้าคาร์บอน หรือ Carbon Footprint ในช่วงปี พ.ศ.2543 และพัฒนาต่อมาเป็นคำว่า รอยเท้าน้ำ หรือ Water Footprint อันเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำและทำให้น้ำปนเปื้อนมลพิษต่างๆ จากกิจกรรมจากภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน ภาคครัวเรือน เป็นต้น (Hoekstra และคณะ, 2011) “รอยเท้าน้ำ” ได้ถูกกล่าวขึ้นอีกครั้งประมาณปี พ.ศ. 2545 โดยศาสตราจารย์ Arjen Hoekstra ประเทศเนเธอร์แลนด์ จากองค์การยูเนสโก-ไอเอชอี (UNESCO-IHE) โดยนิยามว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ เป็นดัชนีชี้วัดปริมาณน้ำจืดที่มองครอบคลุมทั้งในส่วนการใช้น้ำโดยตรงและการใช้น้ำทางอ้อมของผู้บริโภคและหรือผู้ผลิต โดยคำนวณปริมาณการใช้น้ำตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตสินค้าหรือบริการทั้งปริมาณน้ำที่ใช้ไปและปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา พร้อมทั้งแสดงให้เห็นสถานที่และเวลาที่ดึงน้ำมาใช้ ทำให้วอเตอร์ฟุตพริ้นต์เป็นดัชนีชี้วัดที่ชัดเจน (Hoekstra และ Hung, 2002) ประเภทของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์แบ่งได้เป็น 6 ชนิด คือ

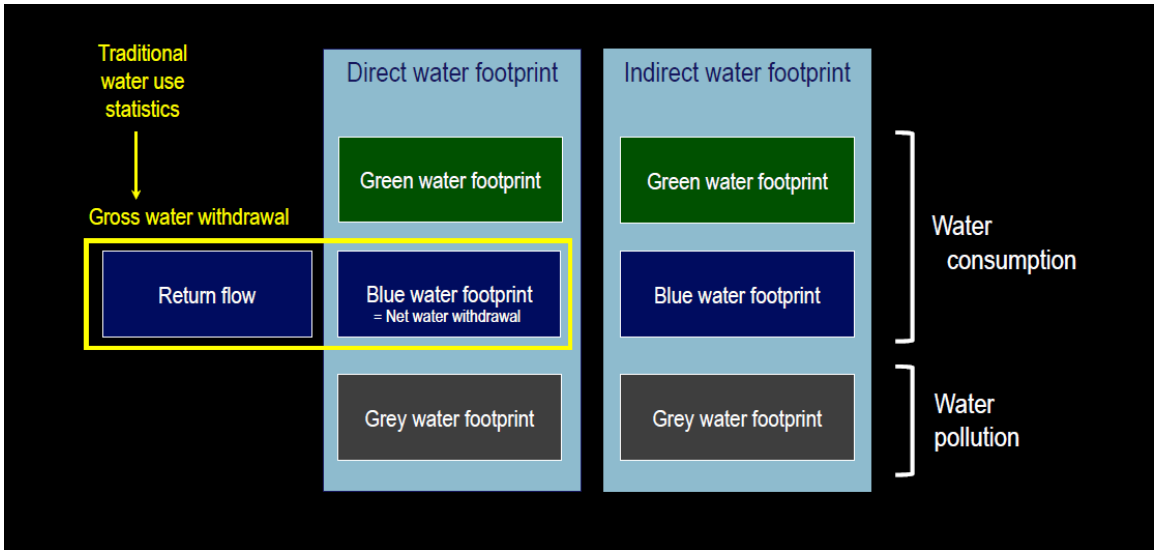
1) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ (water footprint of a product) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม
2) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของธุรกิจ (water footprint of a business) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการดำเนินงานของบริษัทธุรกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม
3) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของประเทศ (water footprint of national consumption) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการตามความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ
4) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของผู้บริโภค (water footprint of consumer) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ผู้บริโภคบริโภคทั้งทางตรงและทางอ้อม
5) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของชุมชน (water footprint of community) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สมาชิกในชุมชนบริโภคทั้งทางตรงและทางอ้อม
6) วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ทางภูมิศาสตร์ (water footprint of geographically) หมายถึง ปริมาณน้ำในกระบวนการทั้งหมดในเขตพื้นที่ทั้งหมด (Hoekstra และคณะ, 2009)

จากการสรุปของ Humbert S. (2009) ได้กล่าวถึง ISO 14046 ภายใต้ชื่อ Water footprint: requirements and guidelines เป็นแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต โดย ISO ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2009 โดยมีโครงการพัฒนาแนวทางการประเมินให้แล้วเสร็จภายในสิ้นปี 2012 ซึ่ง Standley, L., (2011) ผู้แทนจากสหรัฐอเมริกาหนึ่งในคณะกรรมการ ISO TC 207 กล่าวว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตโดย ISO เกิดขึ้นเนื่องจากความต้องการแหล่งน้ำจืดที่สะอาดซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาทุกด้านของมนุษย์เช่นเดียวกับระบบนิเวศที่ทั่วโลกมีการแข่งขันหาแหล่ง

ทรัพยากรโดยต้องเพิ่มโอกาสและประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น แม้ในปัจจุบันจะมีการพัฒนาการจัดการทรัพยากรอย่างเข้มข้นขึ้นแต่การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศยังคงนำปัญหาความขาดแคลนน้ำมาเป็นอันดับต้นๆ สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเช่น ภาคธุรกิจที่ใช้สินค้าทางเกษตรเป็นผลให้เกิดความสนใจในการแข่งขันทางการค้าซึ่งต้องมีการวัดผลกระทบสะสมจากการใช้น้ำจืดที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำจืดในส่วนของวัตถุดิบหรือกระบวนการในการผลิตสินค้ายังมีความซับซ้อนมากในการประเมินผลกระทบได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่นการดึงน้ำมาใช้แล้วน้ำมวลเดิมอาจกลับไปยังระบบหรือแหล่งเก็บน้ำเดิมหรืออาจถูกการปนเปื้อนก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ในการปล่อยมลพิษหรือการปนเปื้อนนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในพื้นที่รับน้ำได้โดยตรงจะเป็นผลต่อผู้เกี่ยวข้องที่ต้องรับผิดชอบในการเพิ่มงบประมาณในการบำบัดน้ำให้สะอาดก่อนที่จะทิ้งน้ำในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการนั้น ดังนั้นการดึงน้ำมาใช้อาจมีผลด้านลบต่อผู้เกี่ยวข้องโดยตรงเมื่อน้ำถูกทิ้งในพื้นที่รับน้ำที่ต่างจากเดิม โดย Hoekstra ผู้ร่วมก่อตั้งของเครือข่ายของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ (Water Footprint Network) จึงได้มีการพัฒนาแนวคิดของการใช้น้ำ กรอบการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้แหล่งน้ำจืดในการผลิตสินค้าหรือเพื่อการดำเนินงานขององค์กร โดยวัดผลกระทบของการแย่งชิงทรัพยากรน้ำจืดในระดับโลก ซึ่งสามารถวัดได้เช่นการแลกเปลี่ยนน้ำเสมือนในแง่ของการค้าในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้น้ำมาก

แม้ว่าแนวคิดของเครือข่ายวอเตอร์ฟุตพริ้นต์คือน้ำที่เหมาะสำหรับการจัดการภาพการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วโลก แต่ยังคงมีความกังวลคือการหาที่วิธีดีที่สุดในการวัดหรือประเมินแนวโน้มการใช้น้ำที่จะส่งผลกระทบต่อท้องถิ่นและภูมิภาคนอกเหนือจากการดึงน้ำมาใช้แบบไม่ยั่งยืนที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ช่วงสองสามปีที่ผ่านมาสมาชิกในปัจจุบันของ ISO เห็นความจำเป็นในการพัฒนามาตรฐานภายในการประเมินวัฏจักรชีวิตมาตรฐานกลุ่ม (ISO 14040 series) ที่จะประเมินผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคน้ำและมลพิษในลุ่มน้ำทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยมีคณะกรรมการมาตรฐาน ISO ที่ได้รับมอบหมายให้พัฒนามาตรฐานนี้อยู่ในขั้นเริ่มต้นเมื่อเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2011 การประชุมในเมืองออสโล ประเทศนอร์เวย์ จะก้าวไปสู่มาตรฐานในเฟสแรก โดยกำหนดระยะเวลาสามปีนับจากนี้ การพิจารณาเกี่ยวกับกรอบมาตรฐานในบริบท LCA รวมทั้งการออกแบบชนิดผลกระทบที่ควรได้รับการประเมินและความพร้อมของเกณฑ์คุณภาพน้ำและการกำกับดูแลความเสี่ยงจึงตกไปยังธุรกิจที่ต้องมีการแก้ไขปัญหาการใช้ทรัพยากรน้ำ รวมทั้งความกังวลเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของห่วงโซ่อุปทานทั้งในแง่ของความพร้อมและคุณภาพของน้ำที่จำเป็นสำหรับการผลิตสินค้า การจัดการและการลดการใช้ทรัพยากรผ่านมาตรการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงโดยการลดวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งช่วยให้เกิดเงินออมผ่านค่าใช้จ่ายน้ำที่ลดลง ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการสูบน้ำและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำที่ลดลง (Laurel Standley,2011) และต่อมาแนวคิดนี้ได้ถูกพัฒนาเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ได้มีการจัดพิมพ์คู่มือการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นต์อย่างเป็นทางการภายใต้ชื่อ “Global Water Footprint Standard” ในปี ค.ศ.2011

สำหรับวิธีการในการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นต์แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน โดยในการคำนวณในแต่ละประเภทนั้นยังแบ่งชนิดของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ตามแหล่งที่มา ประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วนคือ น้ำสีฟ้า (blue water footprint) น้ำสีเขียว (green water footprint) และน้ำสีเทา (gray water footprint) แสดงดังภาพที่ 2-21

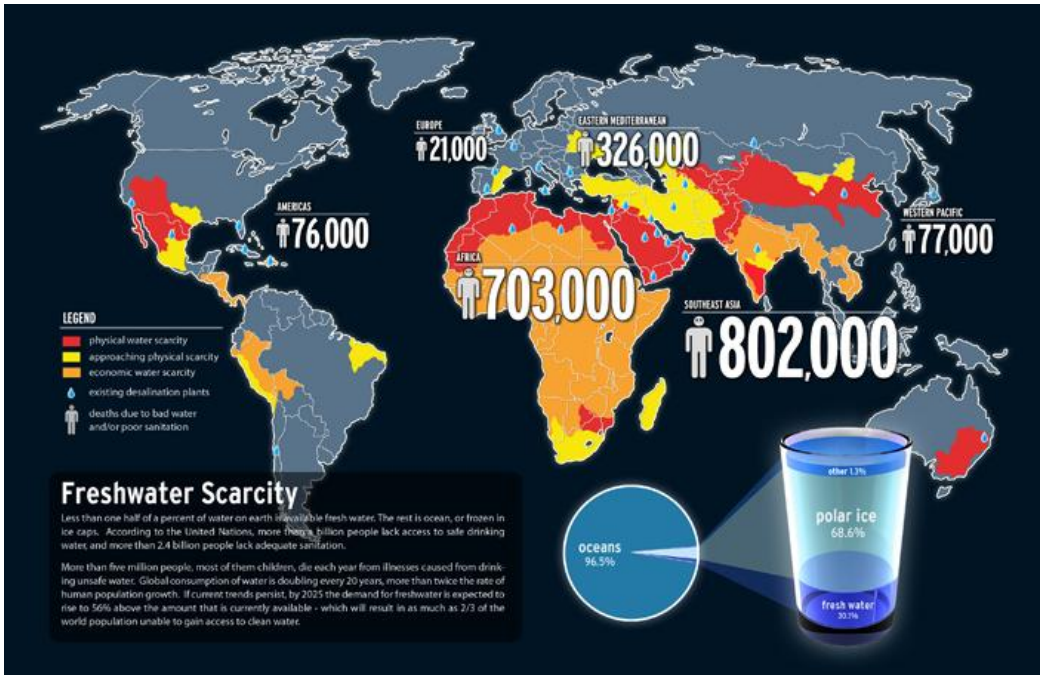


ภาพที่ 2-21องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์
ที่มา : Hoekstra และคณะ, 2011

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นต์นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้วยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วยซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้นรวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าทั้งระบบ

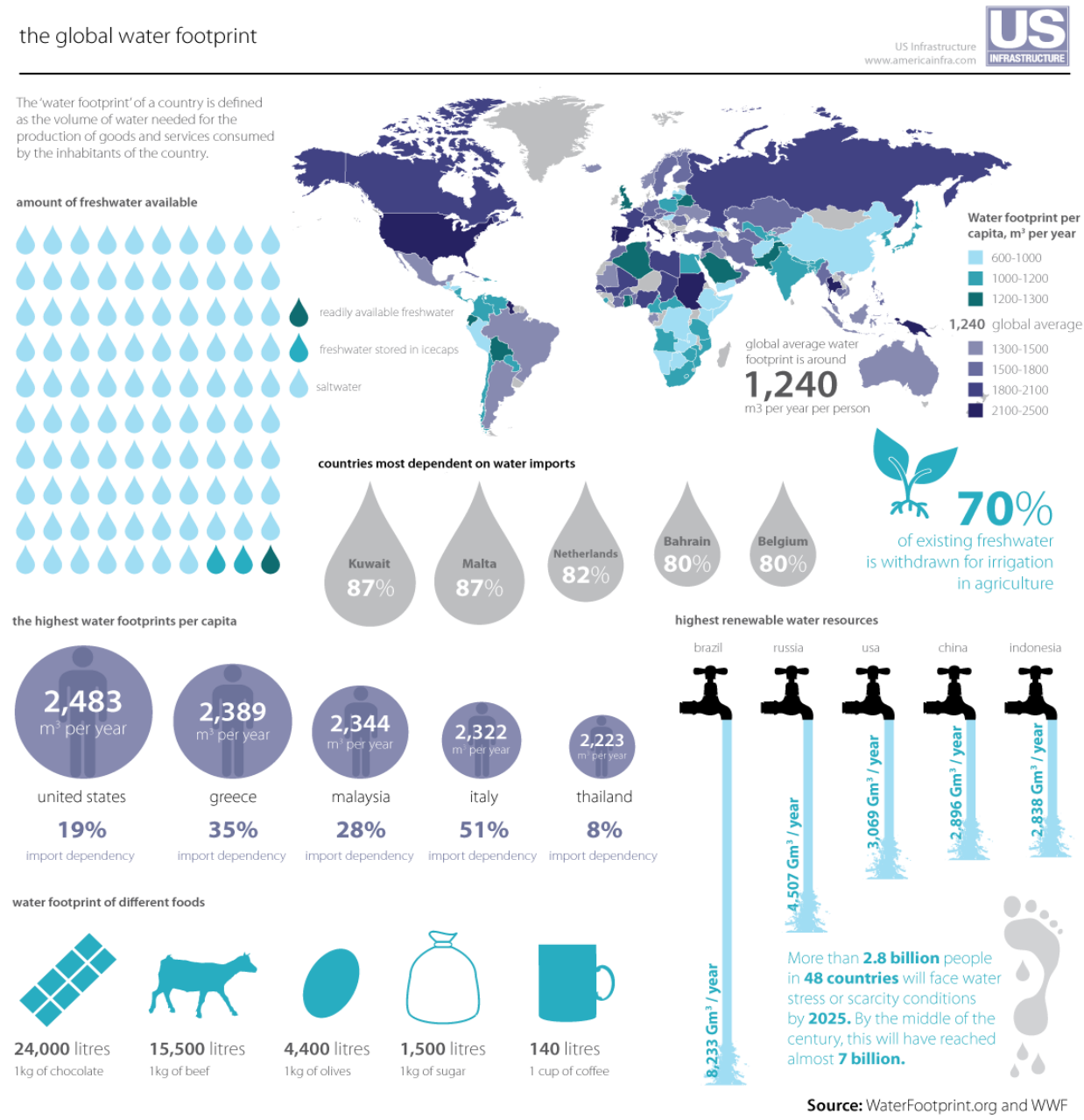
<u>สถานการณ์ของวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ระดับโลก</u>

จากสภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศ การเติบโตของประชากรโลก การเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตและความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ทรัพยากรน้ำจากธรรมชาติซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มีปริมาณลดลง อาจนำไปสู่ความขัดแย้งเรื่องน้ำอย่างรุนแรงในอนาคต จึงเป็นที่มาของคำว่า Water Footprint หรือร่องรอยการใช้น้ำ มีตัวเลขจากองค์การสหประชาชาติยืนยันว่าแม้โลกจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 3 ใน 4 ส่วน แต่ประชากร 1 ใน 5 ของโลกกลับขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับการบริโภคส่งผลให้มีคนเสียชีวิตจากโรคภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับการบริโภคถึงปีละ 27 ล้านคน หรือ 1 คนในทุก 8 วินาที



ภาพที่ 2-22แสดงปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดทั่วโลก
ที่มา : waterfootprint.org, 2010

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ปัญหาเรื่องน้ำกลายเป็นวิกฤติโลก มิใช่เพียงอัตราการเติบโตของประชากรโลกเท่านั้นหากยังเกิดจากการอพยพเข้ามาสู่สังคมเมืองมากขึ้นภาคอุตสาหกรรมเติบโต รูปแบบของการบริโภคก็เปลี่ยนแปลงไปโดยสัดส่วนการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นกว่าการบริโภคพืชผักผลไม้ ซึ่งการผลิตสัตว์นั้นจำเป็นต้องใช้น้ำมากกว่าการผลิตพืชกล่าวคือ การผลิตเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัมใช้น้ำ 3,000 ถึง 15,000 ลิตร ในขณะที่การผลิตข้าว 1 กิโลกรัมใช้น้ำเพียง 1,000 ลิตร อีกทั้งมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม อันขาดการจัดการที่มีประสิทธิภาพส่งผลให้ความรุนแรงของวิกฤตินำ้เพิ่มสูงขึ้น แนวคิดใหม่ที่นำน้ำเสมือนมาคำนวณด้วยทำให้มองเห็นภาพรวมของ water footprint ในระดับโลกอย่างแท้จริง และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 2-23ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ระดับโลก
ที่มา : WaterFootprint.org และWWF, 2010

สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของประเทศไทยสูงเป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดประสิทธิภาพโดยมีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้าต่อหน่วยสูงมากเมื่อเปรียบเทียบประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำในการเกษตรสูงถึง 2,131ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี ซึ่งเกิดจากการผลิตเพื่อการส่งออกเป็นสำคัญทำให้มีผู้ใช้น้ำเสมือนในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ฐานข้อมูลจาก Water Footprint Network ได้มีการประเมินปริมาณการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มในภาคอุตสาหกรรมทุกๆ 1 ,000 เหรียญสหรัฐฯ พบว่า ประเทศไทย มีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มทุกๆ 1 ,000 เหรียญสหรัฐฯ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 46.8 ลูกบาศก์เมตร สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกที่อยู่ที่ 43.0 ลูกบาศก์เมตร จัดเป็นอันดับที่ 59 ของโลกที่มีการใช้น้ำมากในภาคอุตสาหกรรม (จากการจัดลำดับ 166 ประเทศทั่วโลก) และจัดเป็นอันดับ 5 ของประเทศในกลุ่มอาเซียนที่มีการใช้น้ำใน

ภาคอุตสาหกรรมมาก โดยประเทศในอาเซียนที่ใช้น้ำมากในภาคอุตสาหกรรมเป็นอันดับ 1 ได้แก่ เวียดนาม รองลงมา ได้แก่ สปป.ลาว ฟิลิปปินส์ และพม่า มีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่ม ทุกๆ 1 ,000 เหรียญสหรัฐฯ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1,350, 595, 295 และ 169 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ รายละเอียดแสดงใน ตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1: การใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มในภาคอุตสาหกรรมจำแนกประเทศในอาเซียน

ลำดับการใช้น้ำมากในตลาดโลก	ประเทศ	ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สินค้ามูลค่าเพิ่ม(m^3/year US $)		
		BLUE	GREY	รวม
4	เวียดนาม	67.5	1282	1350
11	สปป.ลาว	29.8	565	595
20	ฟิลิปปินส์	14.7	280	295
27	พม่า	8.44	160	169
53	**ไทย**	**2.34**	**44.5**	**46.8**
69	มาเลเซีย	2.02	38.5	40.5
92	กัมพูชา	1.10	20.9	22.0
134	อินโดนีเซีย	0.30	5.63	5.93
165	สิงคโปร์	0.16	0.00	0.16
	โลก	**4.03**	**38.9**	**43.0**

ที่มา : ฐานข้อมูล Water Footprint Network

ส่วนประเทศคู่ค้ารายสำคัญของไทยและเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญกับ Water Footprint เช่น อังกฤษ มีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มทุกๆ 1 ,000 เหรียญสหรัฐฯ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4 ลูกบาศก์เมตร เนเธอร์แลนด์ 2.78 ลูกบาศก์เมตร ออสเตรเลีย 3.52 ลูกบาศก์เมตร เกาหลีใต้ 3.93 ลูกบาศก์เมตร และญี่ปุ่น 4.17 ลูกบาศก์เมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2: การใช้น้ำต่อการผลิตสินค้ามูลค่าเพิ่มในภาคอุตสาหกรรมประเทศคู่ค้ารายสำคัญของไทย

ลำดับในตลาดโลกที่มีการใช้น้ำน้อย	ประเทศ	ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นต์สินค้ามูลค่าเพิ่ม(m^3/year US $)		
		BLUE	GREY	รวม
12	อังกฤษ	0.95	0.45	1.4
19	เนเธอร์แลนด์	2.33	0.44	2.78
23	ออสเตรเลีย	1.01	2.51	3.52
25	เกาหลีใต้	0.78	3.15	3.93
26	ญี่ปุ่น	0.54	3.59	4.17
	โลก	**4.03**	**38.9**	**43.0**

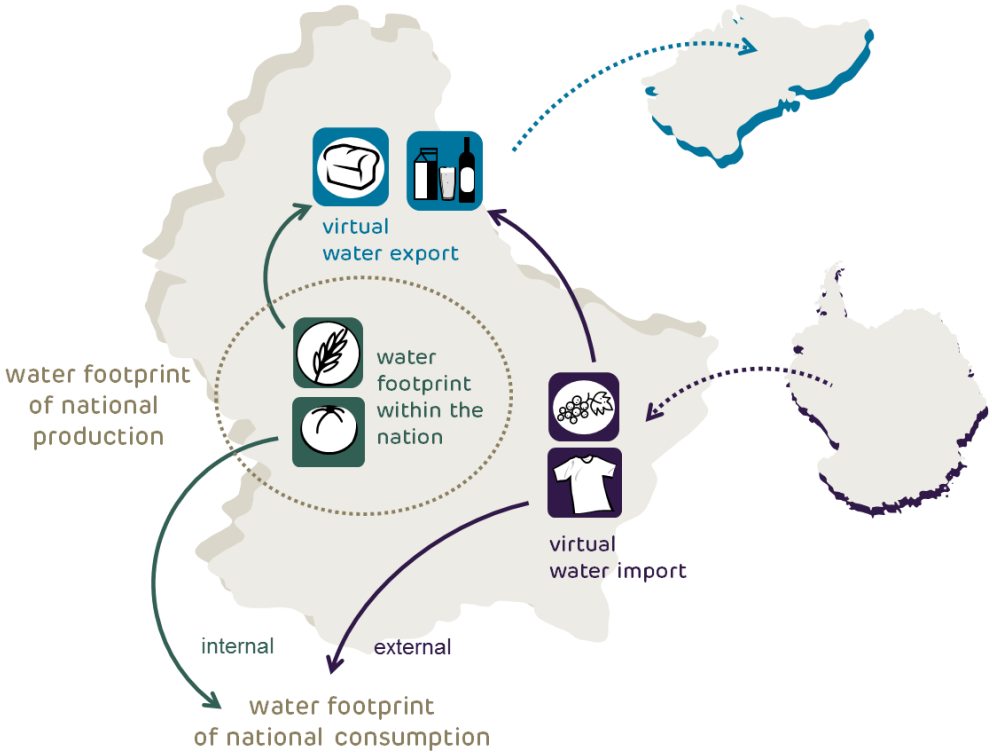
ที่มา : ฐานข้อมูล Water Footprint Network

สำหรับประเทศไทย กระทรวงพลังงานได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศไทย โดยคาดการณ์ว่าในปี 2564 ปริมาณความต้องการพลังงานจะเพิ่มมากขึ้นโดยกำหนดให้มีสัดส่วนการใช้

พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานทั้งหมดซึ่งภาครัฐได้มุ่งเน้นและให้การสนับสนุนพัฒนาทั้งด้านอุปทานและอุปสงค์อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานทดแทนในภาคขนส่งอย่างไบโอดีเซลที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบภายในประเทศ คือ ปาล์มน้ำมันซึ่งมีการส่งเสริมการปลูกปาล์มให้มากขึ้นเพื่อให้ได้สัดส่วนกำลังการผลิต 18.5% โดยข้อดีเป็นการส่งเสริมพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในทางกลับกันก็ส่งผลต่อความต้องการการใช้น้ำและการเกิดมลภาวะ อันเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในช่วงการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นโดยส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น จึงมีงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลโดยอาศัยแนวคิด วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์และบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตของปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ทั้งหมด 16 จังหวัด (ปีพ.ศ. 2550–2554) ซึ่งมีความแตกต่างตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย Water footprint ของปาล์มสำหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่าเท่ากับ 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตันส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณการใช้น้ำจากการระเหยของน้ำฝน 50% และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่พบว่าในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 3.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาคใต้โดยจังหวัดที่ใช้น้ำมากที่สุด คือ พิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตันและจังหวัดที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ สุราษฎร์ธานี มีค่าท่ากับ 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตันดังนั้นแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำที่เกิดขึ้นจึงควรมุ่งเน้นการศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนในอนาคต

<u>วอเตอร์ฟุตพริ้นต์กับการวางแผนจัดการน้ำ</u>

ในหลายประเทศมักวางแผนการจัดการน้ำแค่เพียงในระดับประเทศแต่ขาดการวางแผนในเชิงมิติระดับโลก (global dimension) โดยพยายามลดความต้องการใช้น้ำภายในประเทศและยึดความยั่งยืนของการบริโภคในประเทศเป็นหลักส่งผลให้มีความต้องการนำเข้าสินค้าที่ใช้น้ำมาก (water – intensive product) จากต่างประเทศเพิ่มขึ้นโดยปราศจากการคำนึงถึงว่าสินค้าที่นำเข้านั้นจะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำต่อประเทศผู้ผลิตอย่างไรซึ่งเท่ากับว่าเป็นการผลักภาระวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ออกไปนอกประเทศทำให้แรงกดดันด้านทรัพยากรน้ำไปตกอยู่กับประเทศผู้ส่งออกซึ่งมักเป็นประเทศที่ขาดกลไกในการจัดการและอนุรักษ์น้ำอนึ่งการจัดทำบัญชี National Water Footprint ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ (National water statistic) และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำ (river basins) รวมถึงการมีข้อมูล วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายของประเทศสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่าซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้นนอกจากนี้การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ยังสามารถนำมาใช้ต่อรองราคาการให้บริการด้านสภาพแวดล้อม (ecological services) ของสินค้าแต่ละชนิดและสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน (sustainability indicator)



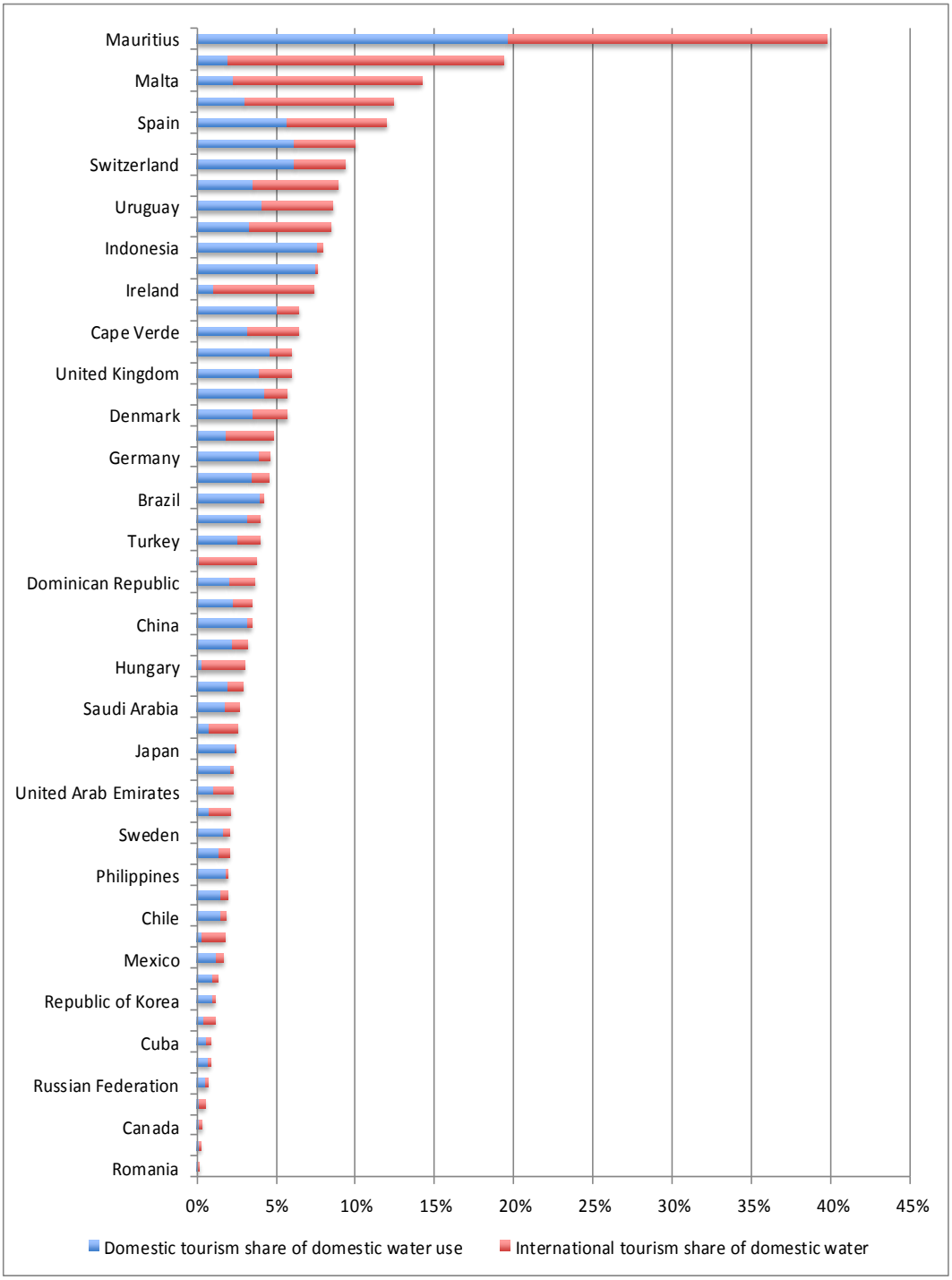
ภาพที่ 2-24การคิดค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ระดับประเทศ
ที่มา : WaterFootprint.org, 2012

การมีข้อมูลวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคและภาคธุรกิจเข้าใจว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้นสำหรับผู้ผลิตการนำกลยุทธ์วอเตอร์ฟุตพริ้นต์มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์เพราะแสดงว่าคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคมการลดวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรงและยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎหมายบังคับเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ในอนาคต

<u>การท่องเที่ยวกับการใช้น้ำ</u>

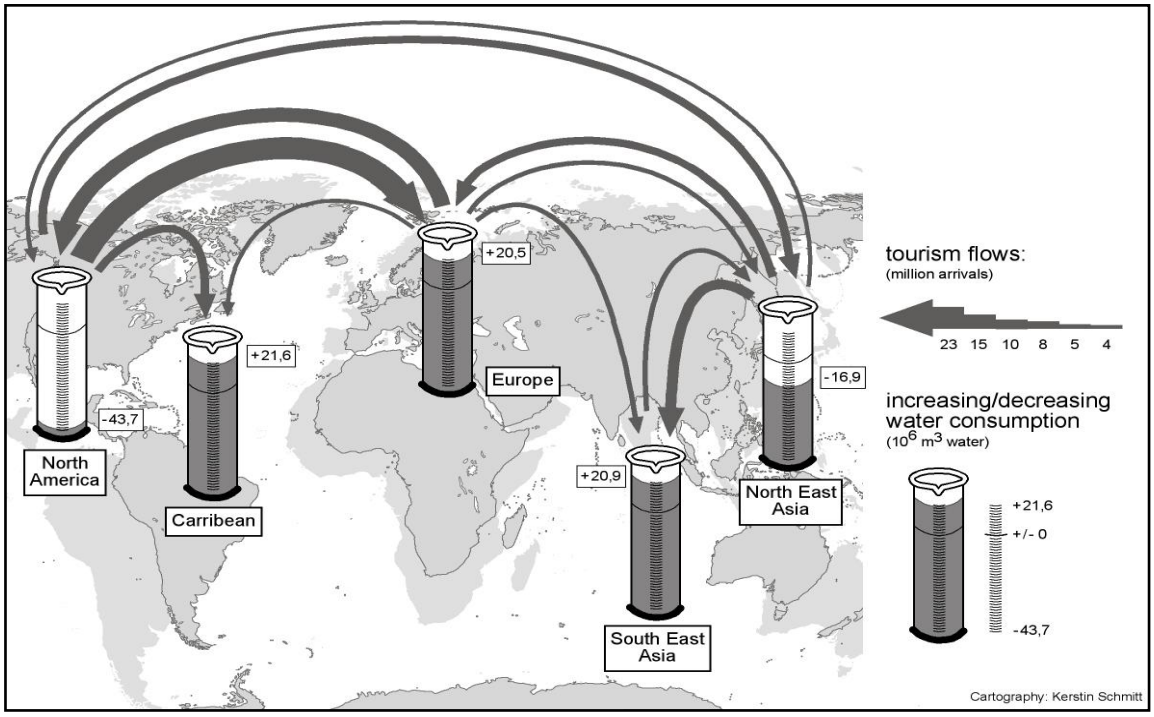
ได้มีการศึกษาและรวบรวมถึงการใช้น้ำในการท่องเที่ยวในแต่ละประเทศ โดย Stefan และคณะ ซึ่งทำให้ทราบว่า การท่องเที่ยวจะใช้น้ำน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำทั้งหมดในโลก และจะไม่มีนัยสำคัญถ้าการเพิ่มจำนวนของนักท่องเที่ยวมีน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

การเปรียบเทียบถึงปริมาณน้ำที่ใช้โดยนักท่องเที่ยวในประเทศกับน้ำที่ใช้โดยนักท่องเที่ยวต่างชาติของแต่ละประเทศ(ภาพที่ 8) พบว่าประเทศมอริเชียสมีการใช้น้ำมากที่สุดโดยมีสัดส่วนระหว่างน้ำที่ใช้โดยนักท่องเที่ยวในประเทศเท่ากับนักท่องเที่ยวต่างชาติ ประเทศที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุด คือประเทศโรมาเนีย ซึ่งเป็นน้ำที่ใช้โดยนักท่องเที่ยวต่างชาติเป็นส่วนใหญ่ และประเทศไทยมีการใช้น้ำอยู่ในลำดับที่ 16 และ การใช้น้ำส่วนใหญ่เป็นจากนักท่องเที่ยวในประเทศมากกว่านักท่องเที่ยวต่างประเทศ



ภาพที่ 2-25 เปรียบการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวโดยนักท่องเที่ยวในประเทศกับนักท่องเที่ยวต่างชาติ

การเคลื่อนตัวของนักท่องเที่ยวจะส่งผลต่อปริมาณการใช้น้ำของแต่ละภูมิภาคด้วยเช่น ภูมิภาคอเมริกาเหนือ และเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือจะมีการใช้น้ำน้อยลดลง ส่วน ยุโรป เอเชียตะวันตกเฉียงใต้ จะมีการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2-26)



ภาพที่ 2-26 แนวโน้มการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวของทั้งโลก

ที่มา: Gössling (2005)

ตารางที่ 2-3 ปริมาณน้ำใช้ต่อนักท่องเที่ยวในหนึ่งวันเมื่อแบ่งตามรูปแบบการพักในประเทศต่างๆ

ประเทศ/ภูมิภาค	รูปแบบการพัก	น้ำที่ใช้ต่อนักท่องเที่ยวต่อวัน	อ้างอิง
Mediterranean	Mostly hotels	250 L	Grenon&Batisse 1991, quoted in GFANC 1997
Mediterranean	Campsites	145 L	Scherb 1975, quoted in GFANC 1997
Mediterranean	All accommodation	440-880 L	WWF 2004
Benidorm, Spain	Campsites	84 L	Rico-Amoros 2009
Benidorm, Spain	1 star hotel	174 L	Rico-Amoros 2009
Benidorm, Spain	2 star hotel	194 L	Rico-Amoros 2009
Benidorm, Spain	3 star hotel	287 L	Rico-Amoros 2009
Benidorm, Spain	4 star hotel	361 L	Rico-Amoros 2009

ประเทศ/ภูมิภาค	รูปแบบการพัก	น้ำที่ใช้ต่อนักท่องเที่ยวต่อวัน	อ้างอิง
Tunisia	Hotels	466 L	Eurostat 2009
Morocco	Apartment	180 L	Eurostat 2009
Morocco	3 star hotel, or villa	300 L	Eurostat 2009
Morocco	4 star hotel	400 L	Eurostat 2009
Morocco	5 star hotel	500 L	Eurostat 2009
Morocco	Luxury 5 star hotel	600 L	Eurostat 2009
Sarigerme, Turkey	4 star hotel	400 L - >1,000 L	Antakyali et al. 2008
Sharm El Sheikh, Egypt	Hotels/resorts	≤ 500 L (per bed)	Hafez & El Manharawy 2002
Sharm El Sheikh, Egypt	5 star hotels	1410-2190 L (per room)	Lamei et al. 2006 in Lamei 2009
Sharm El Sheikh, Egypt	Hotels	400 L	Lamei et al. 2009
Zanzibar, Tanzania	Guesthouses	248 L	Gössling 2001
Zanzibar, Tanzania	Hotels	931 L	Gössling 2001
Zanzibar, Tanzania	Hotels & guesthouses	685 L (weighted average)	Gössling 2001
Jamaica	Unclear	527-1596 L (average 980 L)	Meade & del Monaco 1999, quoted in Bohdanowicz&Martinac 2007, and Antakyali et al. 2008
Thailand		913-3423 L (per room)	CUC & AIT 1998, quoted in Bohdanowicz&Martinac 2007
Philippines	4 star hotel	1,802 L (per room)	Alexander 2002
Philippines	Unclear	1499 L (per room)	Alexander & Kennedy 2002, quoted in

ประเทศ/ภูมิภาค	รูปแบบการพัก	น้ำที่ใช้ต่อนักท่องเที่ยวต่อวัน	อ้างอิง
			Bohdanowicz&Martinac 2007
Hong Kong	Hotels	336-3198 L (per room)	Deng 2003
Australia	Hotels	750 L (per room)	Australian Institute of Hotel Engineers 1993, quoted in Bohdanowicz and Martinac 2007
Australia	Large Hotels	300 L (per room)	The Natural Edge Project 2008
Melbourne, Australia	Various	227- 435 L	City West Water 2006
USA	Unclear	382-787 L (per room)	Davies & Cahill 2000, quoted in Bohdanowicz&Martinac 2007
Las Vegas, USA	Hotels/resorts	303L	Cooley et al 2007
Seattle, USA	Hotels – various	378-1514L (per room)	O'Neill &Siegelbaum and The RICE Group 2002
Germany	Unclear	90-900 L (average 340 L)	Despretz 2001, quoted in Bohdanowicz&Martinac 2007 and Antakyali et al. 2008
Germany	Unclear	275 L	Nattrass&Altomare 1999, quoted in Bohdanowicz&Martinac 2007
Scandinavia	Hilton chain	516 L	Bohdanovicz&Martinac 2007
Scandinavia	Scandic chain	216 L	Bohdanovicz&Martinac

ประเทศ/ภูมิภาค	รูปแบบการพัก	น้ำที่ใช้ต่อนักท่องเที่ยวต่อวัน	อ้างอิง
			2007
Coastal Normandy, France	Second home	102 L	Langumier & Ricou, 1995
Coastal Normandy, France	Campsite	92 L	Langumier & Ricou, 1995
Coastal Normandy, France	Hotel-restaurant	259 L	Langumier & Ricou, 1995
Coastal Normandy, France	Hotel	175	Langumier & Ricou, 1995
Coastal Normandy, France	Other tourist accommodation	115 L	Langumier & Ricou, 1995

จากตารางที่ 2-3 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่นักท่องเที่ยวใช้ในแต่ละวันเมื่อเข้าพักในที่ต่างๆกัน เช่น โรงแรม อพาร์ทเมนท์ กางเต็นท์ เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ประเภทโรงแรมจะมีการใช้น้ำสูงกว่าประเภทอื่นๆ

ตารางที่ 2-4 น้ำที่ใช้ในทางตรงและทางอ้อมของนักท่องเที่ยวต่อวัน

การใช้น้ำ	**ปริมาณน้ำที่ใช้(ลิตร/นักท่องเที่ยว/วัน)**
น้ำที่ใช้ในทางตรง	
การพักอาศัย	84-2,000
กิจกรรม	10-30
น้ำที่ใช้ในทางอ้อม	
โครงสร้างพื้นฐาน	n.a.
น้ำมันเชื้อเพลิง	750 (per 1,000 km by air/car)
น้ำมันพืช	2,500 (per 1 L)
อาหาร	2,000-5,000
รวมน้ำที่ใช้	ประมาณ 2,000-7,500

ที่มา: ฐานข้อมูล Water Footprint Network

จากตารางที่ 2-4 แสดงให้เห็นถึงการใช้น้ำในทางตรงและทางอ้อมของนักท่องเที่ยว ซึ่งโดยรวมแล้วอยู่ระหว่าง 2,000-7,500 ลิตร/คน/วัน

2.3 น้ำหลาก (Flash Flood)

นิยาม

น้ำหลากหรือน้ำท่วมฉับพลัน (Flash Flood) เป็นอุทกภัยชนิดหนึ่งเกิดขึ้นจากมีฝนตกหนัก (high rainfall intensity) ในพื้นที่ที่ไม่ค่อยกว้างขวางนักเป็นฝนแบบ Thunderstorm ฝนชนิดนี้จะตกหนักและรุนแรงอย่างที่เรียกว่าฟ้ารั่วมักทำให้อัตราการตกของฝนมากกว่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินได้ไม่ทันปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งที่มากเกินพอจึงมักมีโอกาสแปรสภาพกลายไปเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินแล้วไหลลงสู่ลำธารได้อย่างรวดเร็วหรือในบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความชันมากและมีคุณสมบัติในการกักเก็บหรือการต้านน้ำน้อยเช่นบริเวณต้นน้ำซึ่งมีความชันของพื้นที่มากพื้นที่ป่าถูกทำลายไปทำให้การกักเก็บหรือการต้านน้ำลดน้อยลงบริเวณพื้นที่ถนนและสนามบินเป็นต้นหรือเกิดจากสาเหตุอื่นๆเช่นเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำพังทลายน้ำท่วมฉับพลันมักเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักไม่เกิน 6 ชั่วโมงและมักเกิดขึ้นในบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขาซึ่งอาจจะไม่มีฝนตกหนักในบริเวณนั้นมาก่อนเลยแต่มีฝนตกหนักมากบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไป

อุทกภัยชนิดนี้จึงเป็นสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันเนื่องจากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของปริมาณน้ำจำนวนมากจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำและน้ำท่วมฉับพลันนี้มีความรุนแรงและเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็วมากโอกาสที่จะป้องกันและหลบหนีจึงมีน้อยดังนั้นความเสียหายจากน้ำท่วมฉับพลันจึงมีมากทั้งแก่ชีวิตและทรัพย์สิน

สภาวะน้ำหลากเป็นอุทกภัยชนิดนี้เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก (Small-area flood) และเกิดในช่วงเวลาสั้นๆเนื่องจากเกิดฝนตกหนักมักเป็นฝนแบบ Thunderstorm ทำให้น้ำไม่สามารถซึมลงในดินได้ทันทำให้น้ำฝนส่วนหนึ่งมีความสามารถแปรสภาพกลายเป็นน้ำในลำธารได้มากการเกิดอุทกภัยประเภทนี้จึงเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วแต่เป็นเพียงช่วงระยะเวลาสั้นๆเท่านั้นอุทกภัยประเภทนี้จะเกิดมากในประเทศในแถบร้อนและชุ่มชื้น

สาเหตุการเกิดน้ำหลากตามธรรมชาติมีดังนี้

1. ฝนตกหนักจากพายุหรือพายุฝนฟ้าคะนองเป็นพายุที่เกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลาหลายชั่วโมงมีปริมาณฝนตกหนักมากจนไม่อาจไหลลงสู่ต้นน้ำลำธารได้ทันมักเกิดในช่วงฤดูฝนหรือฤดูร้อน
2. ฝนตกหนักจากพายุหมุนเขตร้อนเมื่อพายุนี้ประจำอยู่ที่แห่งใดแห่งหนึ่งเป็นเวลานานหรือแทบไม่เคลื่อนที่จะทำให้บริเวณนั้นมีฝนตกหนักติดต่อกันตลอดเวลายิ่งพายุมีความรุนแรงมากเช่นมีความรุนแรงขนาดพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่นเมื่อเคลื่อนตัวไปถึงที่ใดก็ทำให้ที่นั้นเกิดพายุลมแรงฝนตกหนักเป็นบริเวณกว้างและมีน้ำท่วมขังนอกจากนี้ถ้าความถี่ของพายุที่เคลื่อนที่เข้ามาหรือผ่านเกิดขึ้นต่อเนื่องกัน
3. ฝนตกหนักในป่าบนภูเขาทำให้ปริมาณน้ำบนภูเขาหรือแหล่งต้นน้ำมากมีการไหลและเชี่ยวอย่างรุนแรงลงสู่ที่ราบเชิงเขาเกิดน้ำท่วมขึ้นอย่างกะทันหันเกิดขึ้นหลังจากที่มีฝนตกหนักในช่วงระยะเวลาสั้นๆหรือเกิดก่อนที่ฝนจะหยุดตกมักเกิดขึ้นในลำธารเล็กๆโดยเฉพาะตอนที่อยู่ใกล้ต้นน้ำของบริเวณลุ่มน้ำระดับน้ำจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจังหวัดที่อยู่ใกล้เคียงกับเทือกสูงเช่นจังหวัดเชียงใหม่เป็นต้น

สาเหตุการเกิดน้ำหลากจากการกระทำของมนุษย์มีดังนี้

1. การตัดไม้ทำลายป่าในพื้นที่เสี่ยงภัยเมื่อเกิดฝนตกหนักจะทำให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มมากขึ้นและไหลมาเร็วขึ้นเป็นการเพิ่มความรุนแรงของน้ำในการทำลายและยังเป็นสาเหตุของดินถล่มด้วยนอกจากนี้ยังทำให้ดิน

และรากไม้ขนาดใหญ่ถูกชะล้างให้ไหลลงมาในท้องน้ำทำให้ท้องน้ำตื้นเขินไม่สามารถระบายน้ำได้ทันทีรวมทั้งก่อให้เกิดความสูญเสียชีวิตและบาดเจ็บของประชาชนทางด้านท้ายน้ำ

2. การก่อสร้างโครงสร้างขวางทางน้ำธรรมชาติทำให้มีผลกระทบต่อการระบายน้ำ

3. การบริหารจัดการน้ำที่ไม่ดีเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำท่วมโดยเฉพาะบริเวณด้านท้ายเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำซึ่งถ้าปริมาณน้ำมีมากเกินไปตัวเขื่อนรับน้ำหนักไม่ไหวอาจทำให้เขื่อนพังและประชาชนได้รับความเสียหายได้

4. การใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทโดยเฉพาะอย่างยิ่งบนพื้นที่สูงชันหรือภูเขาต้นน้ำลำธารเพื่อทำไร่เลื่อนลอยและการเกษตรกรรมโดยขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำย่อมกระทบกระเทือนต่อปริมาณการซึมของน้ำลงดินในฤดูฝนทำให้การดูดซับน้ำของดินลดลงเพิ่มปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและเพิ่มโอกาสในการเกิดได้ประกอบกับพื้นที่มีความลาดชันมากดินตื้นคุณสมบัติในการจับตัวของดินไม่ดีพอเช่นเป็นดินร่วนปนทรายและหากฝนตกหนักและตกระยะเวลาติดต่อกันยาวนานตลอดจนพื้นที่รับน้ำตื้นเขินปริมาณการรับน้ำลดลงในสภาพเช่นนี้จะทำให้ระดับน้ำสูงมากขึ้นและมากเกินไปจนเป็นตัวเร่งการพังทลายของตลิ่งจากที่เคยเกิดขึ้นแล้วให้มีความรุนแรงยิ่งขึ้นผลที่ตามมาอาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

- <u>การคำนวณปริมาณน้ำหลาก</u>

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2556) ได้ศึกษาภาวะน้ำหลากบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งพื้นที่ศึกษา คือ แหล่งน้ำพุร้อนหินดาดตั้งอยู่ในลุ่มน้ำนี้ พบว่า จากการทบทวนการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำหลากจากสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองของหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จำนวน 90 สถานี มีเพียง 14 สถานี รายละเอียดของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 5 ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณน้ำหลากครบตลอดทั้งปี ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูดสุดรายปีเฉลี่ยและพื้นที่รับน้ำ ดังสมการ

$$Q_p = aA^b$$

เมื่อ Q_p = ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)

A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)

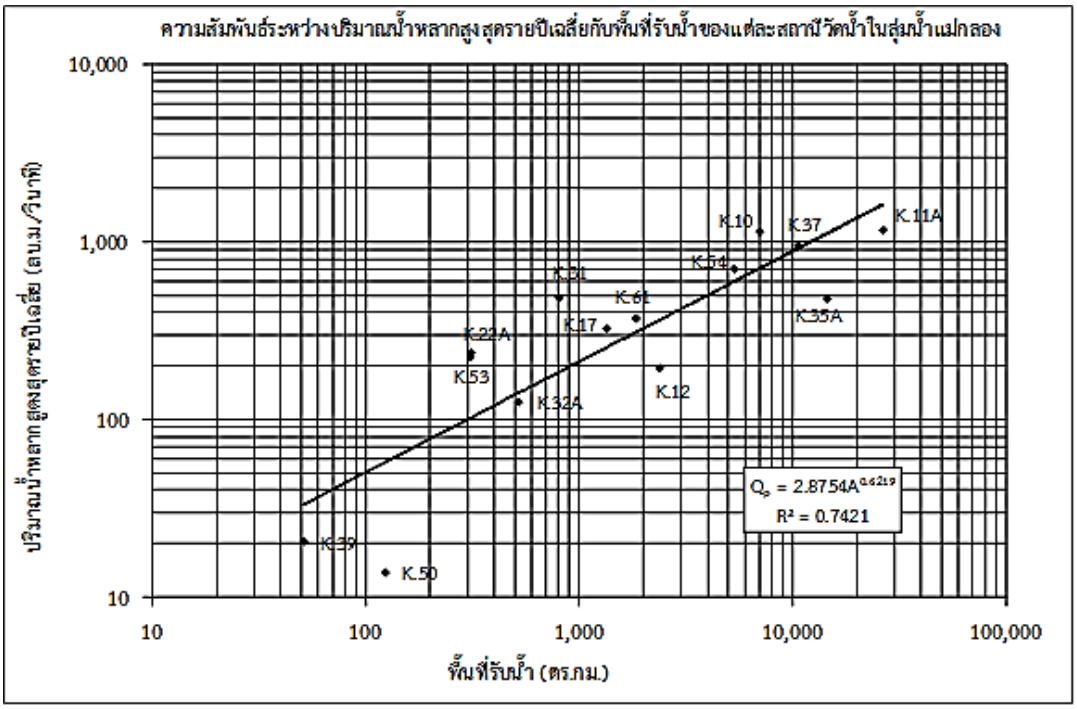
a, b = สัมประสิทธิ์ถดถอย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ดังแสดงในภาพที่ 4 และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในรูปสมการถดถอยดังแสดงในภาพที่ 5

ตารางที่ 2-5ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

ลำดับ	ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ลำน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม)	ช่วงข้อมูล	จำนวนปีของข้อมูล	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
1	บ้านวังขนาย	K11A	แม่น้ำแม่กลอง	26,449	2536-2553	18	1,173.98
2	บ้านลำภาชี	K17	ลำภาชี	1,344	2513-2553	33	326.72
3	บ้านด่านทับตะโก	K61	ลำภาชี	1,844	2546-2553	7	372.92
4	บ้านลุ่มสุ่ม	K10	แม่น้ำแควน้อย	6,991	2527-2553	44	1,148.12
5	บ้านวังเย็น	K37	แม่น้ำแควน้อย	10,557	2527-2553	26	953.84
6	บ้านบ้องตี้	K32A	ห้วยบ้องตี้	518	2527-2553	26	126.11
7	บ้านศรีมงคล	K53	ห้วยแม่กระบาล	308	2535-2553	19	225.49
8	บ้านไทรโยค	K22B	ห้วยแม่น้ำน้อย	311	2532-2553	21	239.24
9	บ้านน้ำโจน	K31	ห้วยแม่น้ำน้อย	799	2532-2553	21	488.25
10	บ้านองทิ	K39	ห้วยองทิ	51	2528-2553	14	20.73
11	บ้านหินแหลม	K50	ห้วยดีโส	123	2530-2553	15	13.81
12	บ้านลิ่นลิ่น	K54	แม่น้ำแควน้อย	5,300	2539-2553	15	709.08
13	บ้านทุ่งนานางหรอก	K12	ลำตะเพิน	2,375	2513-2553	16	195.36
14	บ้านหนองบัว	K35A	แม่น้ำแควใหญ่	14,444	2539-2553	15	480.41

ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2556)



ภาพที่ 2-27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยกับพื้นที่รับน้ำของแต่ละสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2556)

สุเทพ (2546) ได้กำหนดปัจจัยหลักของการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมไว้ 4 ประการ คือ

1. ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณของฝน (rainfall quantity) ความหนักเบาของฝน (rainfall intensity) ชนิดฝน (rainfall type) ระยะเวลาการตกของฝน (Duration)

2. ปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะภูมิกายภาพลุ่มน้ำ (watershed physiography) และลำน้ำ (stream) ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำ (area) รูปร่าง (shape) ความสูงของลุ่มน้ำ (elevation) ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (slope) ทิศด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Aspect) ความหนาแน่นของเส้นลำน้ำ (drainage density) ลักษณะการระบายน้ำ (drainage characteristic)

3. ปัจจัยเกี่ยวกับดินและการใช้ประโยชนที่ดิน ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างของดิน องค์ประกอบของดิน (soil component) และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (watershed class)

4. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ ฝาย ถนน และคู คลองต่างๆ

นอกจากนี้ได้สร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดน้ำท่วมโดยตั้งสมมุติฐานว่า น้ำท่วมฉับพลันเป็นผลมาจากปัจจัยหลัก 4 ประการคือ ลักษณะของฝน ลักษณะทางสัณฐานของลุ่มน้ำ รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งกีดขวางทางน้ำ ซึ่งได้แก่ ถนน ท่อระบายน้ำ สะพาน เป็นต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นดังนี้

$$FF = (R, DM, LU, MM)$$

เมื่อ FF = โอกาสในการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน (flash floods)
R = ปัจจัยที่เกี่ยวกับฝน (rainfall)
DM = ปัจจัยทางด้านธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำ (drainage morphology)
LU = ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use)
MM = ปัจจัยที่เกิดจากสิ่งก่อสร้างของมนุษย์ (man – made construction)

จากปัจจัยข้างต้นสามารถนำมาสร้าง แบบจำลองเพื่อการประเมิน การเกิด น้ำท่วมฉับพลัน ซึ่งในน้ำท่วมฉับพลันเกิดจากปัจจัยหลัก คือ ฝนตก (Rainfall) และเกิดน้ำไหลบ่ามากเกินกว่าที่ระบบการระบายน้ำของลำธาร (stream flow) จะรองรับได้

อัตราการไหลหลากของน้ำท่า หรือ อัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (peak flow discharge) ที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง จะเป็นผลที่เกิดจากการกระทำร่วมกันระหว่าง ฝนที่ตกลงมา กับ ค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ก่อนในพื้นที่ หรือค่า API (Antecedent Precipitation Index) เช่น ฝนที่ตกลงมาในปริมาณมาก บนพื้นที่ต้นน้ำที่มีน้ำอยู่ในชั้นดินน้อย น้ำท่าที่ไหลในลำธารจะเพิ่มสูงขึ้นไม่มากนัก ตรงกันข้ามกับฝนที่ตกลงมาไม่มากนัก เหนือพื้นที่ต้นน้ำที่มีดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธารจะสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในทำนองเดียวกัน ค่า API จะเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำร่วมกันระหว่าง ปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมเหนือพื้นที่ กับปัจจัยด้านลักษณะของพื้นที่ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝน และเก็บกักน้ำของดิน อันได้แก่ ชนิดและความลึกของชั้นดิน กับปัจจัยที่ทำหน้าที่ควบคุมการระบายน้ำจากชั้นดินลงสู่ลำธาร และการลำเลียงน้ำลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและแอ่งน้ำที่ผิวดิน

ดังนั้นการจัดทำระบบเตือนภัยน้ำท่วมโดยใช้ค่า API และความชื้นดินเป็นดัชนีในการเตือนภัย จึงให้ความแม่นยำมากกว่าการใช้เพียงปัจจัยฝนเพียงอย่างเดียวในการเตือนภัย

- แนวคิดแบบจำลองการไหลหลากของน้ำท่า

SCS โดย H.L. Cook ได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินค่าอัตราการไหลหลากของน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง ในปี ค.ศ.1946 (Schwab et al., 1971) โดยมีรูปลักษณะดังนี้ คือ

$$Qp = R * CN * A$$

เมื่อ Qp เป็นอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (ลบ.ฟุต/วินาที)

R เป็นปริมาณน้ำฝนภายใต้ return period ที่กำหนด (มม.)

CN เป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (ไม่มีหน่วยวัด)

A เป็นขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (เอเคอร์)

ต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีความถูกต้องมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายจวบจนปัจจุบัน

สำหรับในประเทศไทย Witthawatchutikul (1997) ได้นำหลักการดังกล่าว มาสร้างเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินอัตราการไหลหลากของน้ำท่า สำหรับการประเมินสภาวะวิกฤตของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยมีรูปลักษณะดังนี้ คือ

$$Qp/A = 0.50 * R^{0.38} * CN^{0.99} * A^{-0.99}$$

เมื่อ Qp/A เป็นอัตราการไหลหลากของน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ (ลบ.ม./วินาที/ตร.กม.)

R เป็นปริมาณน้ำฝน (มม.)

CN เป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร

A เป็นขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)

ต่อมา พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2550) ได้นำวิธีการของ SCS-CN Methodology มาสร้างแบบจำลอง API Model II ขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินค่า API รายวัน ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะการไหลและความขุ่นข้นของน้ำท่าในลำธารในขณะที่ฝนตก เพื่อกำหนดสภาวะวิกฤตของการเกิดน้ำป่าไหลหลากและแผ่นดินถล่มในขณะนั้น โดยมีรูปลักษณะของแบบจำลองดังต่อไปนี้

$$API_{(t)} = [API_{(t-1)} * k_{(t-1)}] + R_{(t)}$$

เมื่อ $API_{(t)}$ เป็นค่า API ของวันที่ t (มม.)ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้ค่าคะแนนกับปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (CN) แล้วปรับค่าให้เป็น API แรกเริ่ม ด้วยปริมาณน้ำฝนรายปี ที่ตกก่อนหน้าปีที่ทำการประเมิน

$API_{(t-1)}$ เป็นค่า API ของวันก่อนหน้า หรือวันที่ t -1 (มม.)

$k_{(t-1)}$ เป็นอัตราส่วนลดของปริมาณน้ำในชั้นดิน (recession coefficient) ตามช่วงระยะเวลาต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการระบายให้กับลำธาร และการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) ซึ่งสามารถนำอัตราการลดลงเป็นรายวันของระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธารเป็นตัวแทนได้

ทั้งนี้ $k = a * e^{-b*API}$

เมื่อ e เป็นค่า naparian log มีค่าเท่ากับ 2.718

a และb เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ของสมการเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับค่า API

ส่วน $R_{(t)}$ เป็นปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกลงในวันที่ t (มม.)

- <u>การเกิดน้ำหลากในพื้นที่ศึกษา</u>

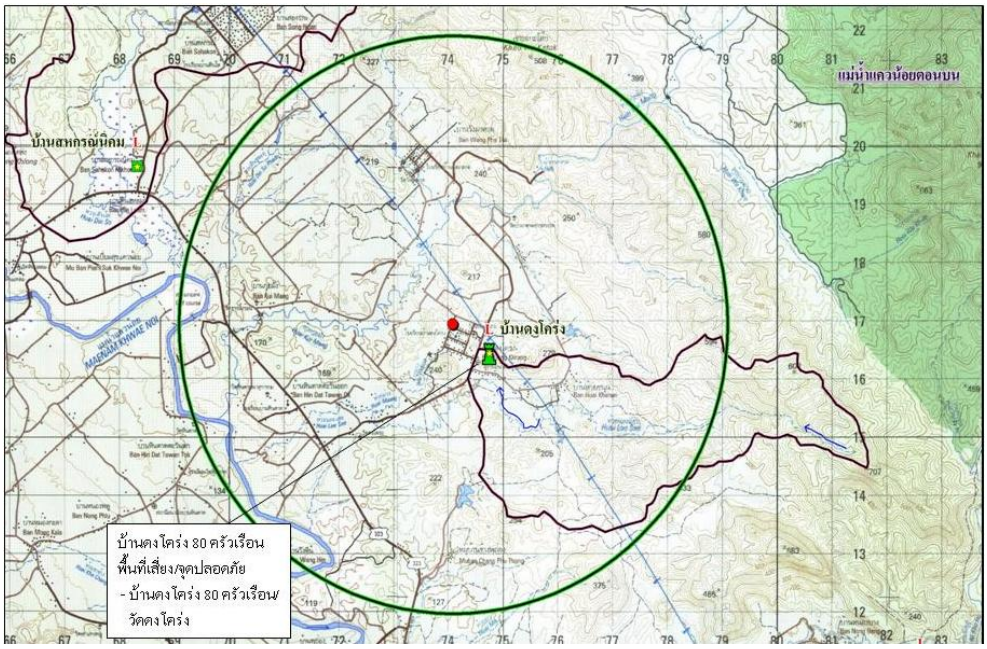
ในวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ปลัดจังหวัดกาญจนบุรี นำทีมแพทย์พยาบาลและเครื่องอุปโภคบริโภคเข้าช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากน้ำป่าหลากท่วมในพื้นที่ หมู่ 4 บ้านห้วยกบ อำเภอสังขละบุรี หลังได้รับแจ้งขอความช่วยเหลือจากผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 10 บ้านปะไรโหนก ส่วนอำเภอทองผาภูมิ น้ำป่าไหลบ่าลงมาท่วมบ่อพุน้ำร้อนหินดาด หมู่ 5 ต.หินดาด สูงจากขอบบ่อประมาณ 1 เมตร อาจต้องปิดบริการชั่วคราว ซึ่งบ่อน้ำพุร้อนเป็นสถานที่ให้บริการนักท่องเที่ยวที่ไปใช้บริการแช่น้ำแร่ ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ

ภาพที่ 2-28 สภาพน้ำท่วมและหลากในบริเวณพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด
ที่มา : http://www.mcot.net/site/content?id=51f7898b150ba0640a000067#.UjAfF8Z7KSo

- เส้นทางเตือนภัยป้องกันน้ำหลาก – แผ่นดินถล่ม

สถานที่ตั้ง รหัส STN0476(G2_ID.210) บ้านดงโคร่ง ตำบลหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำแควน้อยตอนบนในลุ่มน้ำหลักแม่น้ำแม่กลอง โดยพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยและแซะ (ลุ่มน้ำหลัก) มีทิศทางการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออก - ตะวันตก ห้วยและแซะเป็นลำน้ำสายหลักที่ไหลผ่านบ้านดงโคร่ง โดยมีห้วยม่วงไหลมาบรรจบก่อนจะไหลลงสู่แม่น้ำแควน้อยบริเวณบ้านหินดาด ซึ่งห้วยและ

แซะมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ขณะที่ห้วยกุยมั่งไหลจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปทิศตะวันตกเฉียงใต้และไหลลงสู่แม่น้ำแควน้อยเช่นเดียวกับห้วยและแซะ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 2-29 จำนวนครัวเรือนเสี่ยงภัย และจุดปลอดภัยของสถานีเตือนภัยบ้านดงโคร่ง ต.หินดาด อ.ทองผาภูมิ จ. กาญจนบุรี
ที่มา : http://ews.dwr.go.th/website/ews_all/stn_map.php?onstn=STN0476

- อันตราย และความเสียหายจากน้ำหลาก

1. อันตรายและความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน อาคาร บ้านเรือน โดยตรง

1.1 เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาดทั้งทางถนน ทางรถไฟ ชำรุดเสียหาย โดยทั่วไป รวมทั้งยานพาหนะวิ่งรับส่งสินค้าไม่ได้ เกิดความเสียหายและชะงักงันทางเศรษฐกิจ

1.2 กิจการสาธารณูปโภคจะได้รับความเสียหาย เช่น กิจการโทรเลข โทรศัพท์ การไฟฟ้า การประปา และระบบการระบายน้ำ เป็นต้น ท่าอากาศยาน สวนสาธารณะ โรงเรียน

1.3 สิ่งก่อสร้างสาธารณสถานเกิดความเสียหาย เช่น สถานีขนส่ง ท่าอากาศยาน สวนสาธารณะ โรงเรียน วัด สถาปัตยกรรม และศิลปกรรมต่าง ๆ

2. ความเสียหายของแหล่งเกษตรกรรม ได้แก่ แหล่งกสิกรรมไร่นา สัตว์เลี้ยง สัตว์พาหนะ ตลอดจนแหล่งเก็บเมล็ดพันธุ์พืชยุ้งฉาง

3. ความเสียหายทางเศรษฐกิจ รายได้ของประเทศลดลง ผลกำไรจากภารกิจต่าง ๆ ถูกกระทบกระเทือน รัฐต้องมีรายจ่ายสูงขึ้นจากการซ่อมบูรณะซ่อมแซม และช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย และเกิดข้าวยากหมากแพงทั่วไป

4. ความเสียหายทางด้านสุขภาพอนามัยของประชาชน ขณะเกิดน้ำหลาก จะทำให้ขาดน้ำคุณภาพดีที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค ขาดความสะดวกด้านห้องน้ำ ห้องส้วม ทำให้เกิดโรคระบาด เช่น โรคน้ำกัดเท้า โรคอหิวาตกโรค รวมทั้งโรคเครียด มีความวิตกกังวลสูง และโรคประสาทอาจตามมา

5. ความเสียหายที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ ฝนตกที่หนัก น้ำที่ท่วมท้นขึ้นมาบนแผ่นดิน และกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม (landslides) ได้ นอกจากนั้นผิวหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์จะถูกน้ำพัดพาลงสู่ที่ต่ำ ทำให้ดินขาดปุ๋ยธรรมชาติ และแหล่งน้ำเกิดการตื้นเขิน เป็นอุปสรรคในการเดินเรือ

- การป้องกันและลดความเสียหายจากน้ำหลาก

1. การอนุรักษ์ป่าบริเวณต้นน้ำลำธาร การควบคุมป่าไม้ให้ถูกทำลาย การปลูกป่าใหม่ การปลูกสร้างสวนป่า การใช้วิธีการเกษตรบนที่สูงที่ถูกต้อง ได้แก่ การทำการเกษตรแบบขั้นบันได (terracing) การทำเกษตรแบบเส้นขอบเนิน (contour cultivation) หรือการขุดร่องเปลี่ยนทางระบายน้ำเพื่อปลูกพืช (diversion channel) ฯลฯ รวมทั้งการจัดทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และคัดเลือกพันธุ์พืช เช่นมีการทดลองปลูกหญ้าแฝกชะลอการไหลของน้ำบนที่สูง ในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวองค์ปัจจุบัน เป็นต้น

2. สร้างเขื่อน (Dams) คือ สิ่งก่อสร้างที่กั้นแม่น้ำ เพื่อควบคุมการไหลของน้ำจากที่สูงมายังที่ต่ำ ให้น้ำไหลช้าลงจะได้ไม่เกิดอุทกภัยในที่ต่ำ ทำฝาย ทำนบคันดินฯ เป็นต้น

3.สร้างคันดินหรือทำนบดิน (levee) หรือ dikes หรือกำแพงกั้นน้ำ (flood wall) เป็นคันดินที่สูงกว่าระดับน้ำเป็นแนวขนานไปตามความยาวของแม่น้ำ ควรมีช่องระบายน้ำเป็นตอนๆ การก่อสร้างอาจทำเป็นคันกั้นน้ำที่สร้างเป็นผนังกั้นน้ำในกรณีฉุกเฉิน เช่น เอากระสอบทรายหรือถุงใส่ดินเพื่อเสริมดินให้สูงขึ้นจะสามารถป้องกันมิให้น้ำไหลบ่าเข้าท่วมบ้านเรือนได้เป็นการชั่วคราว

4. โดยการขยายทางน้ำที่ไหลอยู่ให้กว้างออก (channel improvement) การปรับปรุงทางน้ำไหลให้กว้างออก ทำให้น้ำปริมาณมากไหลได้เร็วขึ้น เช่น การก่อสร้างสะพานให้สูงขึ้นเพื่อให้น้ำไหลสะดวกในฤดูน้ำหลาก การก่อสร้างสะพานให้มีเสาน้อยที่สุดเพื่อไม่ให้กีดขวางการไหลของน้ำ วิธีการเหล่านี้จะช่วยให้การไหลของน้ำรวดเร็วขึ้น

5. การอพยพออกจากเขตน้ำหลาก การอพยพออกจากเขตน้ำหลากไปอยู่ในที่ที่ปลอดภัยชั่วคราวหรือถาวร นับว่าเป็นการแก้ปัญหาได้แน่นอน แต่เพราะราคาที่ดินที่สูงขึ้นเนื่องจากประชากรมีเพิ่มขึ้น ความต้องการที่ดินจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดั้งนั้นการย้ายไปชั่วคราวอาจจะทำได้ง่ายกว่า จึงควรฟังการเตือนภัยจากหน่วยงานราชการ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมอุทกศาสตร์ เป็นต้น

2.5 โคลนร้อนและการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านสปา

โคลนที่ใช้เพื่อการพอกผิวนั้นมีหลายชนิดหลายคุณสมบัติ เช่น โคลนดินขาวจากจีนมีคุณสมบัติช่วยดูดซับความมันได้ดี ถ่านชาร์โคลมีคุณสมบัติดูดซับฝุ่นและสารพิษ เป็นต้นโคลนนั้นมีที่มาจาก 2 ลักษณะ คือ โคลนที่มีมาจากภูเขาไฟและน้ำพุร้อน เช่น โคลนเถ้าภูเขาไฟในสหรัฐอเมริกา หรืออย่างที่ประเทศไทยก็จะมีโคลนโป่งเดือดแม่สะงา ที่ จ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งโคลนที่ได้จากแหล่งนี้ จะมีธาตุกำมะถันและโพแทสเซียมอยู่สูงมากอีกหนึ่งแหล่งที่มาก็ คือ โคลนจากแม่น้ำ ทะเลสาบและทะเล เช่นจากทะเลสาบเดดซี เป็นต้น โคลนจาก

แม่น้ำและทะเลสาบจะมีวิตามินและสารพฤกษาเคมีอยู่ในโคลนมาก ส่วนโคลนที่ได้จากทะเลจะมีเกลือเป็นส่วนสำคัญอีกทั้งยังแบ่งได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ โคลนร้อนและโคลนเย็น ซึ่งมีคุณสมบัติของทั้งสองทำหน้าที่ทำความสะอาดผิวให้ชุ่มชื่น อีกทั้งโลนร้อนนั้นยังช่วยรักษาโรคเช่น อัมพฤกษ์ เกาต์ และยังช่วยกระตุ้นระบบการไหลเวียนโลหิตได้อีกด้วยส่วนประโยชน์ต่อผิวนั้น โคลนจะช่วยในเรื่องของการทำความสะอาดผิว เพราะเมื่อทาโคลนลงไปบนผิว เมื่อโคลนแห้งจะหดตัวและดึงผิวให้ตึง จะช่วยดูดซับความมัน สิ่งสกปรก รวมถึงสิวเสี้ยนออกจากผิว แล้วสารและแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในโคลน จะไปช่วยบำรุงผิวให้มีสุขภาพดีตามคุณสมบัติของโคลนแต่ละชนิด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1.) การศึกษาสถานภาพการใช้น้ำพุร้อน

ศึกษาอัตราการเกิดและปริมาณการใช้น้ำพุร้อนในกิจกรรมต่างๆของแหล่งพุน้ำร้อนจำนวน 3 แห่ง คือ แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี(47 P 470346.00 mE , 1616846.00 mN) แหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี(47P 565076.00 mE , 1454158.00 mN) และแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก อำเภอพบพระ จ.ตาก(47 Q 463725.00 mE , 1817414 mN) โดยตรวจวัดอัตราการเกิดน้ำพุร้อนจำนวน 3 ครั้ง และเก็บข้อมูลสถิติการใช้น้ำ และจำนวนนักท่องเที่ยวอย่างต่อเนื่องทุกเดือน

2.) การศึกษาคุณภาพน้ำ

- ศึกษาคุณภาพน้ำพุร้อน โดยเก็บตัวอย่างน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง จำนวน 3 ครั้ง
- ศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี ในห้วยกุยมั่ง จำนวน 3 จุด คือ พุน้ำเย็นต้นห้วยกุยมั่ง ห้วยกุยมั่งก่อนผ่านพุน้ำร้อน และห้วยกุยมั่งหลังผ่านพุน้ำร้อน โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 3 ครั้ง(ตามช่วงฤดูกาล) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดิน

3.) การศึกษาภาวะน้ำหลาก

ศึกษาภาวะน้ำหลากโดยติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติเพื่อติดตามปริมาณน้ำในห้วยกุยมั่ง ตรงตำแหน่งสะพานข้ามห้วยในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี อย่างต่อเนื่อง

4.) การศึกษาสมบัติโคลนน้ำพุร้อน

ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก โดยเก็บตัวอย่างโคลนร้อนจากพุน้ำร้อนบ่อที่3(บ่อล่าง) จำนวน 3 ครั้ง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจเก็บตัวอย่างน้ำ

- GPS และแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ (Water sampler)
- ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ(ขวดพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนขวดแก้วสีชา)
- ถังใส่ตัวอย่างน้ำ
- สารเคมีสำหรับรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง: ใช้กรดซัลฟูริกและกรดในตริกความเข้มข้น 10 %
- น้ำ DI สำหรับล้างหัวตรวจวัด
- กล่องรักษาความเย็นสำหรับการเก็บรักษา(Preservation)ตัวอย่างน้ำ

2) วัสดุอุปกรณ์ในการวัดอัตราการเกิดน้ำพุร้อน

- อ่างพลาสติกขนาด 180 ลิตร
- ถังพลาสติก
- สายวัดความลึกของระดับน้ำ
- นาฬิกาจับเวลา

3) เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม

- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- เครื่องวัดออกซิเจนละลายในน้ำ (DO meter)
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter)
- เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า (Conductometer)
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid meter)
- เครื่องวัดค่าออกซิเดชั่น – รีดักชั่น (Oxidation – Reduction Potential meter)

4) เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer
- เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer
- ชุดอุปกรณ์ Test kit สำหรับวัดสี (Color model) ยี่ห้อ HACH
- เครื่องมือวัดความขุ่น (Turbidity meter) ยี่ห้อ HACH รุ่น2100Q
  เครื่องมือมัลติพารามิเตอร์ (Muti-parameter) ยี่ห้อ HACH รุ่น HQ30d

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.) เก็บข้อมูลสถิติการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง โดยความร่วมมือของเจ้าหน้าที่และชุมชนในท้องถิ่น

2.) เก็บข้อมูลอัตราการเกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง โดยการตรวจวัดจากปริมาณการไหลล้นต่อเวลา

3.) เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง โดยเก็บตัวอย่างและตรวจวัดในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

4.) เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในห้วยกุยมั่งบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี โดยเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์

5.) เก็บข้อมูลระดับน้ำในห้วยกุยมั่ง บริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

6.) เก็บข้อมูลสมบัติของโคลนน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก จากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.) วิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเกิดน้ำพุร้อนและสถิติการใช้น้ำพุร้อนในการให้บริการอาบแช่และกิจกรรมอื่นๆ เพื่อพิจารณาแนวโน้มการใช้ปริมาณน้ำพุร้อนในกิจกรรมต่างๆที่เพิ่มขึ้น เทียบกับอัตราการเกิดน้ำพุร้อนในแต่ละฤดูกาลว่าสามารถรองรับการใช้จากกิจกรรมต่างๆได้เพียงพอหรือไม่ และมีปริมาณเหลือใช้มากน้อยหรือไม่เพียงไร ทั้งนี้เพื่อวางแผนการจัดการใช้ประโยชน์น้ำพุร้อนในแต่ละพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

2.) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำพุร้อน เพื่อศึกษาติดตาม(จากผลการศึกษาปี 2555-56) ว่ามีคุณภาพตามมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มน้ำแร่หรือไม่

3.) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในห้วยกุยมั่งบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาดเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

4.) วิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำในห้วยกุยมั่ง แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด เพื่อประเมินความเสี่ยงจากภาวะน้ำหลาก

5.) วิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการทำสปาโคลน(Mud spa) หรือใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งพุน้ำร้อน

การประเมินสถานภาพการใช้น้ำในแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษาเพื่อการวางแผน การจัดการทรัพยากรพุน้ำร้อนอย่างเหมาะสม ดำเนินการโดยศึกษาอัตราการเกิดน้ำพุร้อน และการใช้น้ำของชุมชนพุน้ำร้อนที่ศึกษา ทำการสำรวจตำแหน่งและลักษณะการพุของน้ำร้อน ระบบท่อการนำน้ำพุร้อนไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไป จึงจำเป็นต้องประยุกต์วิธีการศึกษาตามความเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ถูกต้องมากที่สุด โดยมีรายละเอียดในการศึกษาแต่ละพื้นที่ดังต่อไปนี้

4.1.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

ที่ตั้ง: แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ต.พบพระ อ. พบพระ จ.ตาก
(ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ)

ผู้ดูแลรับผิดชอบ: หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติพาเจริญที่ 2 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (ร่วมประสานงานโดยองค์การบริหารส่วนตำบลพบพระ)

พิกัดภูมิศาสตร์ : 47Q 463725.00 mE , 1817414.00 mN

ภาพที่ 4-1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

ลักษณะโดยทั่วไปและสภาพแวดล้อมของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก เป็นบ่อน้ำพุร้อนที่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดตาก มีการปรับปรุงสถานที่เพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ภายในมีบ้านพักของเจ้าหน้าที่ป่าไม้จำนวน 3 หลัง มีอาคารประชาสัมพันธ์และห้องสุขาบริเวณทางเข้า และมีบ้านพักจำนวน และห้องอาบแช่น้ำพุร้อนจำนวน 5หลัง เป็นบ่อน้ำร้อนเกิดตามธรรมชาติ อุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียสประกอบด้วยบ่อ 3 บ่อคือ 1)บ่อบนซึ่งเป็น บ่อหลักมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เมตร ลึก 2 เมตร ขนาดปานกลาง

(ภาพที่ 4-2) 2)บ่อขนาดเล็กใกล้กับบ่อหลัก(บ่อรูปหัวใจ)ดังแสดงในภาพที่ 4-3 และ4) บ่อหลัก(บ่อช้าง)อยู่บนเขาห่างไปประมาณ 2.5 กิโลเมตร เป็นบ่อขนาดใหญ่ที่สุด มีการขอสัมปทานเพื่อผลิตเป็นน้ำดื่มน้ำแร่มองต์เฟลอ(ภาพที่ 4-4)

ภาพที่ 4-2 พุน้ำร้อนบ่อหลักที่ใช้บริการนักท่องเที่ยวและกิจกรรมต่างๆ

ภาพที่ 4-3 พุน้ำร้อนบ่อที่ 2

ภาพที่ 4-4 บ่อหลัก (บ่อช้าง) สัมปทานเพื่อผลิตเป็นน้ำดื่มน้ำแร่มองต์เฟลอ

ในการหาอัตราการ เกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักจะทำการศึกษาจากบ่อหลัก โดยทำการคำนวณอัตราการเกิดน้ำพุร้อน จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา นำเวลาที่ได้มาคำนวณตามสูตรเพื่อหาอัตราการเกิดน้ำ (ทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล) ได้ผลคำนวณอัตราการเกิดน้ำพุร้อนเท่ากับ 0.00341 m^3 /sec ซึ่งสามารถคำนวณเป็นอัตราการให้น้ำต่อหน่วยเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

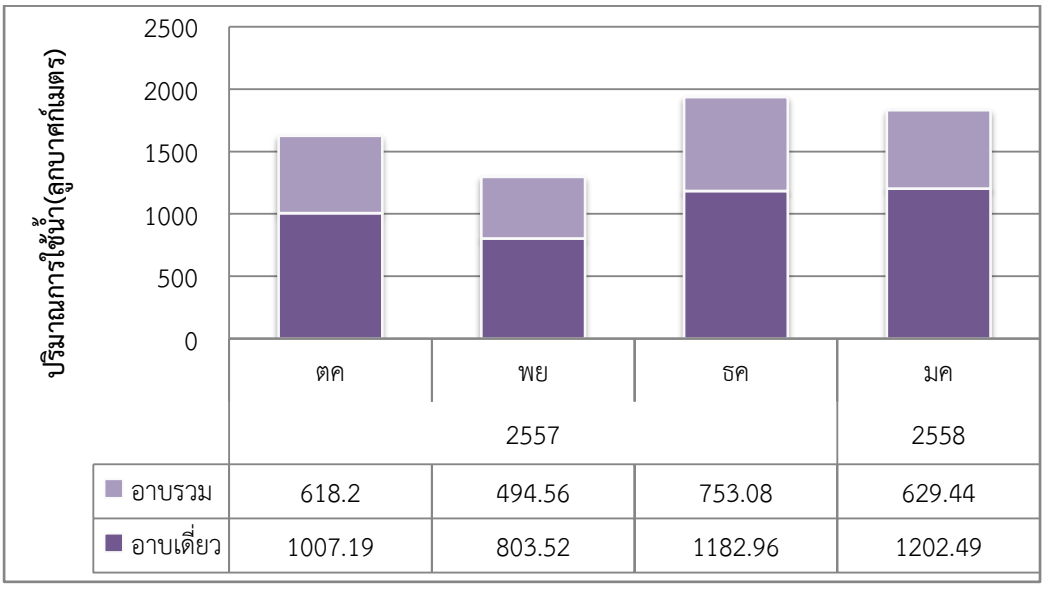
ตารางที่ 4-1 อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก ต่อหน่วยเวลาต่างๆ

อัตราการเกิดน้ำพุร้อน	หน่วยเวลา
0.00341	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
294.624	ลูกบาศก์เมตร/วัน
8838.72	ลูกบาศก์เมตร/เดือน

ภาพที่ 4-5 การหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อนบริเวณบ่อหลัก

สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ใช้เพื่อการอาบแช่สำหรับนักท่องเที่ยว การอุปโภคบริโภคในส่วนของบ้านพักเจ้าหน้าที่และน้ำที่เหลือจากกิจกรรมดังกล่าวจะถูกจัดเป็นน้ำเหลือทิ้งไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมใดๆมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

- การใช้เพื่ออาบแช่ : คำนวณจากสถิติจำนวนการเข้าใช้บริการทั้งห้องอาบเดี่ยวและรวม(ข้อมูลเฉลี่ยเดือนตุลาคมปี 2557 –มกราคม ปี2558)โดยคิดปริมาณน้ำที่ถูกใช้จากปริมาตรอ่างอาบแช่



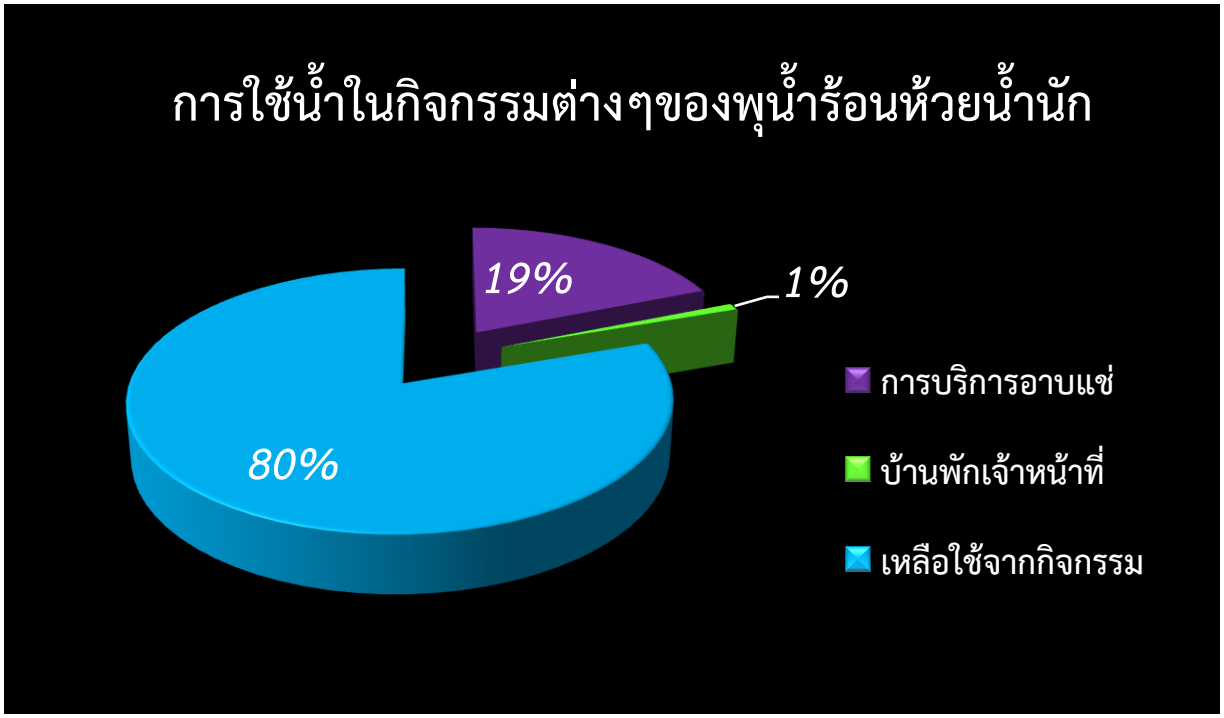
ภาพที่ 4-6 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอาบแช่เดือนตุลาคมปี 2557 –มกราคม ปี2558

- การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคสำหรับบ้านพักเจ้าหน้าที่ ประเมินจากปริมาณการใช้น้ำต่อคนต่อวันจากสถิติการใช้น้ำตาม ลักษณะประเภทชุมชน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549)ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำสำหรับเทศบาลตำบล 120 ลิตร/คน/วัน

จากข้อมูลสถิติที่ได้และอัตราการให้น้ำของน้ำพุร้อนสามารถนำมาสรุปกิจกรรมการใช้น้ำได้โดยแสดงให้เห็นเป็นร้อยละของปริมาณน้ำทั้งหมดได้ดังภาพที่ 4-7

ตารางที่ 4-2: ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของบ่อพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

กิจกรรม	ลูกบาศก์เมตร/เดือน	ร้อยละ
การบริการอาบแช่	1672.86	19
บ้านพักเจ้าหน้าที่	72	1
เหลือใช้จากกิจกรรม	7093.86	80
รวมทั้งหมด	8838.72	100



ภาพที่ 4-7 ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุร้อนห้วยน้ำนัก (บ่อบน)

<u>การจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก</u>

- การใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง (80 % หรือ 7093 ลบ.ม./เดือน) อาจนำไปเพิ่มการให้บริการอาบแช่ในห้องพักนักท่องเที่ยว หรือสร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต หรือผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน หรือจัดจำหน่ายให้ภาคเอกชน เช่น โรงแรม และรีสอร์ท ซึ่งต้องพิจารณาจากปริมาณน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้ง
- การนำน้ำพุร้อนไปใช้เสริมเป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้
- ดูแลรักษาต้นน้ำและพื้นที่ป่าไม้ให้คงสภาพตามธรรมชาติตลอดไป

4.1.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด

ที่ตั้ง: แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด ต.หินดาด อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ผู้ดูแลรับผิดชอบ: องค์การบริหารส่วนตำบลหินดาด

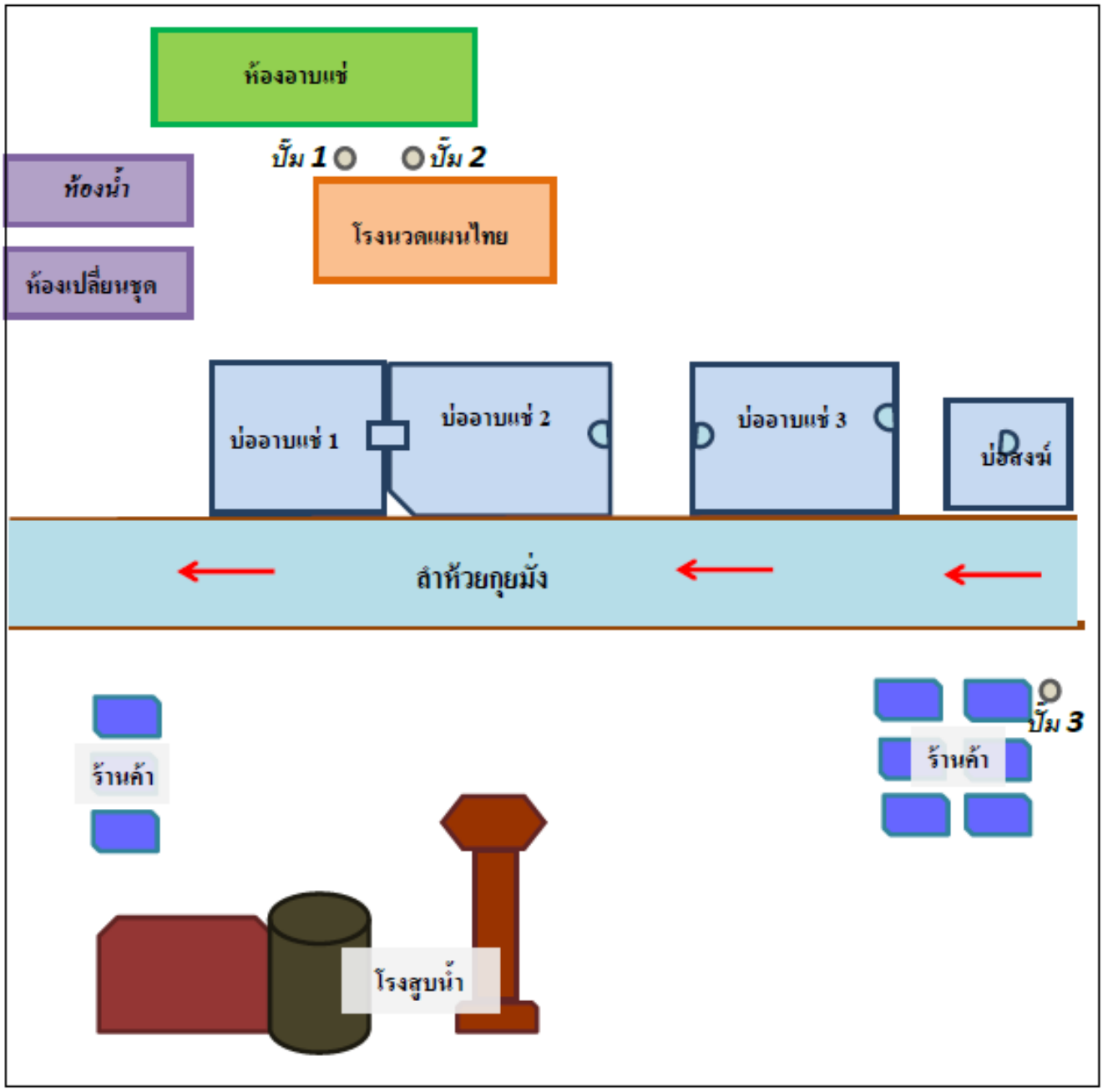
พิกัดภูมิศาสตร์: 47P 470346.00 mE , 1616846.00 mN

ภาพที่ 4-8 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนหินดาดและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

จากการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่พบว่าเกิดจากแนวรอยเลื่อนการเบียดอัดตัวของหินปูนตามแนวรอยเลื่อนห้วยกุยมั่ง และเกิดพุน้ำร้อนในบริเวณนี้มีลักษณะผุดขึ้นมาตามซอกหิน ซึ่งได้มีการสร้างบ่ออาบแช่เชื่อมต่อกัน และบางส่วนพบตามโขดหินในลำห้วยกุยมั่งใกล้กับบ่ออาบแช่ โดยพบว่าบ่อกำเนิดของพุน้ำร้อนหินดาดซึ่งอยู่ในตำแหน่งบ่อที่สอง(บ่อกลาง)ของการอาบแช่ ดังนั้นในการหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อนจึงกำหนดให้จุดกำเนิดเป็นบริเวณบ่อที่สองนี้ ซึ่งมีความเหมาะสมในการคำนวณอัตราการให้น้ำของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาดที่มีความถูกต้องมากที่สุด

ภาพที่ 4-9 สภาพแวดล้อมของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด

เนื่องจากมีการสูบน้ำร้อนจากปั๊มน้ำอัตโนมัติ ซึ่งอาจรบกวนระบบชั้นน้ำใต้ดินและส่งผลต่อการคำนวณหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อนที่แท้จริงของพุน้ำร้อน จึงได้ปิดระบบสูบน้ำทั้งหมดก่อนการวัดอัตราการให้น้ำเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง โดยการคำนวณจะวัดอัตราการเกิดจากปริมาตรน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากข้อมูลเบื้องต้นทางอุทกธรณีวิทยา ประเมินว่าการให้น้ำของน้ำพุร้อนน่าจะมีอัตราสูง จึงได้เลือกใช้ภาชนะ (อ่างพลาสติกแข็ง) ในการรองรับน้ำ ที่มีความจุ 180 ลิตร หรือ 0.18 ลูกบาศก์เมตร และใช้นาฬิกาจับเวลาดำเนินการวัดหลังจากการสูบล้างบ่อและรอให้น้ำซึมขึ้นมาใหม่จนกระทั่งล้นปากช่องที่เชื่อมต่อระหว่างบ่อและน้ำมีการไหลตกอย่างอิสระตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทั้งนี้ก่อนการวัดต้องปิดการใช้น้ำในระบบทั้งหมด แผนผังบ่อน้ำพุร้อนและอาคารสถานที่ในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด ดังแสดงในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 บ่ออาบแช่และอาคารบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด

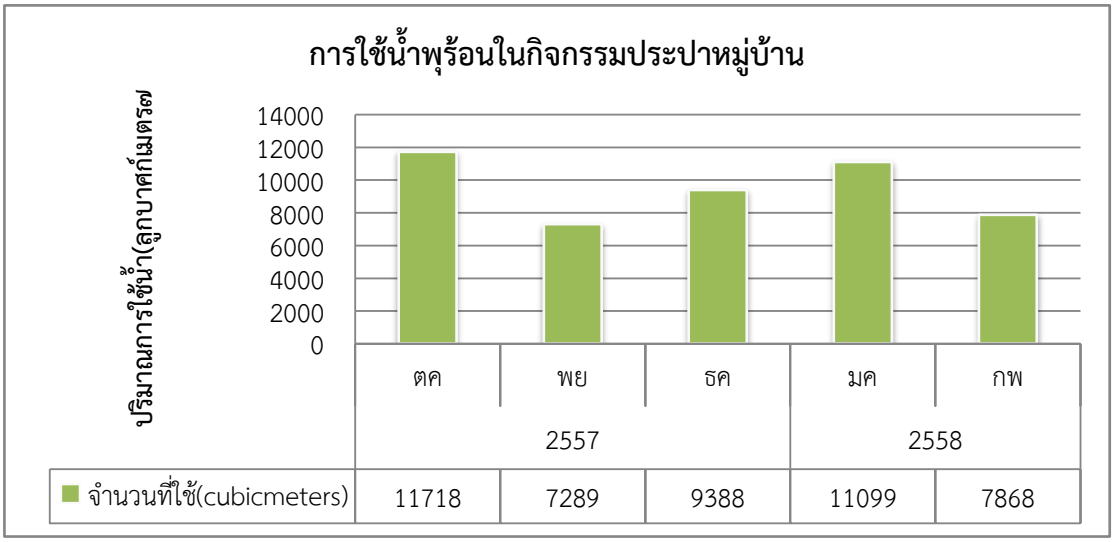
ใช้เวลาที่บันทึกได้ คำนวณตามสูตรเพื่อหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อน ทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล ได้ผลคำนวณอัตราการเกิดน้ำเท่ากับ 0.00818 m^3 /sec ซึ่งสามารถคำนวณเป็นอัตราการให้น้ำต่อหน่วยเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3: อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี ต่อหน่วยเวลาต่างๆ

อัตราการเกิดน้ำพุร้อน	หน่วยเวลา
0.00818	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
706.752	ลูกบาศก์เมตร/วัน
21,202.56	ลูกบาศก์เมตร/เดือน

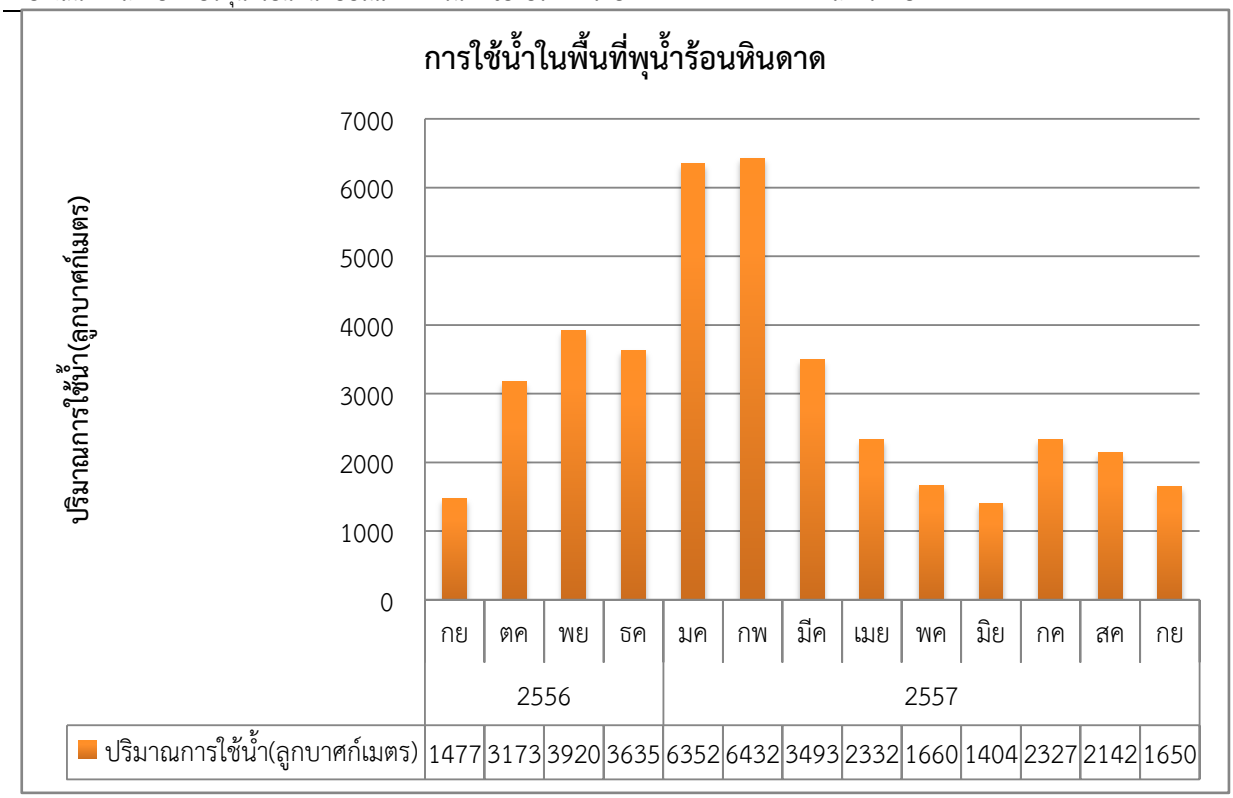
สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ใช้เพื่อเป็นประปาหมู่บ้าน อีกส่วนหนึ่งสำหรับห้องอาบน้ำ ห้องน้ำ และน้ำที่เหลือจากกิจกรรมดังกล่าวจะถูกจัดเป็นน้ำเหลือทิ้งรวมกับการอาบแช่สำหรับนักท่องเที่ยวเนื่องจากเป็นบ่อเปิดติดต่อกับห้วยกุยมั่งจึงมีน้ำไหลล้นออกตลอกเวลา มีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

ใช้เพื่อเป็นประปาหมู่บ้าน จะคิดปริมาณน้ำจากสถิติการใช้น้ำประปาเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือนจากข้อมูลเดือน ตุลาคม ปี 2557 –กุมภาพันธ์ ปี2558



ภาพที่ 4-11 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการประปาหมู่บ้านเดือนตุลาคมปี 2557 –กุมภาพันธ์ ปี 2558

การใช้สำหรับห้องอาบน้ำ ห้องน้ำซึ่งจัดเป็นกิจกรรมในพื้นที่น้ำพุร้อนคำนวณจากสถิตินักท่องเที่ยวเป็นค่าเฉลี่ยโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนกันยายน ปี 2556- กันยายน ปี 2557 แสดงในภาพที่ 4-12 และประเมินการใช้น้ำในกิจกรรมอาบน้ำ 90 ลิตรต่อครั้ง รวมกับห้องน้ำ 10 ลิตรต่อครั้ง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม,2549)

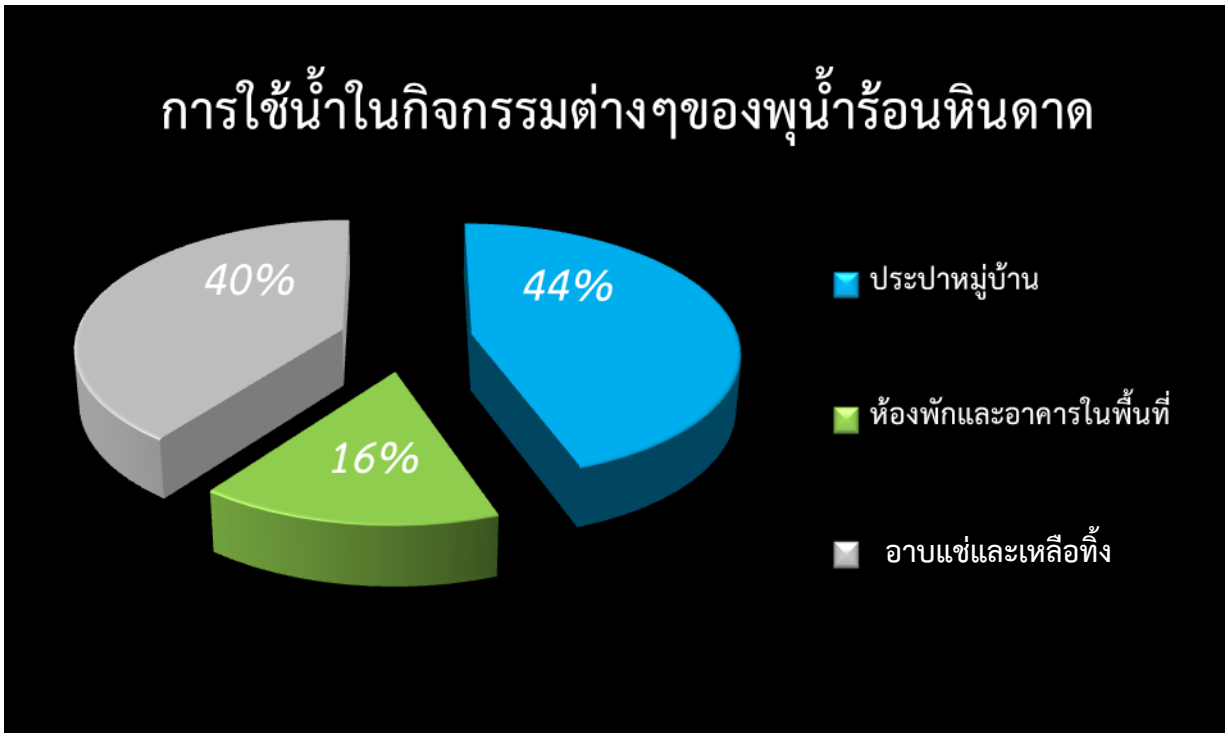


ภาพที่ 4-12 ปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่พุน้ำร้อนหินดาดเดือนกันยายน ปี 2556- กันยายน ปี 2557

จากข้อมูลสถิติที่ได้และอัตราการเกิดน้ำพุร้อนสามารถนำมาสรุปกิจกรรมการใช้น้ำได้โดยแสดงให้เห็นเป็นร้อยละของปริมาณน้ำทั้งหมดได้ดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-13

ตารางที่ 4-4: ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของบ่อพุน้ำร้อนหินดาด

กิจกรรม	ลูกบาศก์เมตร/เดือน	ร้อยละ
ประปาหมู่บ้าน	9472.4	44
ห้องพักและอาคารในพื้นที่	3333	16
อาบแช่และเหลือทิ้ง	8397.16	40
รวมทั้งหมด	21202.56	100



ภาพที่ 4-13 ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหินดาด

<u>การจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด</u>

- การใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง ควรเพิ่มการให้บริการอาบแช่ในห้องอาบแช่ด้านบน หรือสร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน ซึ่งต้องพิจารณาจากปริมาณน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้ง

- การนำน้ำพุร้อนไปใช้เสริมเป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้

- ดูแลรักษาต้นน้ำของห้วยกุยมั่งให้คงสภาพตามธรรมชาติตลอดไป

- ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้

- ควรมีการวางระบบในการ เปิด – ปิด ปั๊มสูบน้ำ เพื่อจะได้สามารถทราบข้อมูลการใช้น้ำในส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน

- ควรจัดหาแหล่งน้ำ(นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต โดยปรับปรุงคุณภาพน้ำจากห้วยกุยมั่งที่จะนำมาเป็นประปาหมู่บ้าน หรือจัดหาบ่อบาดาลเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่าต่อไป

- หน่วยงานต่างๆ เละชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนหินดาดให้ยั่งยืนต่อไป

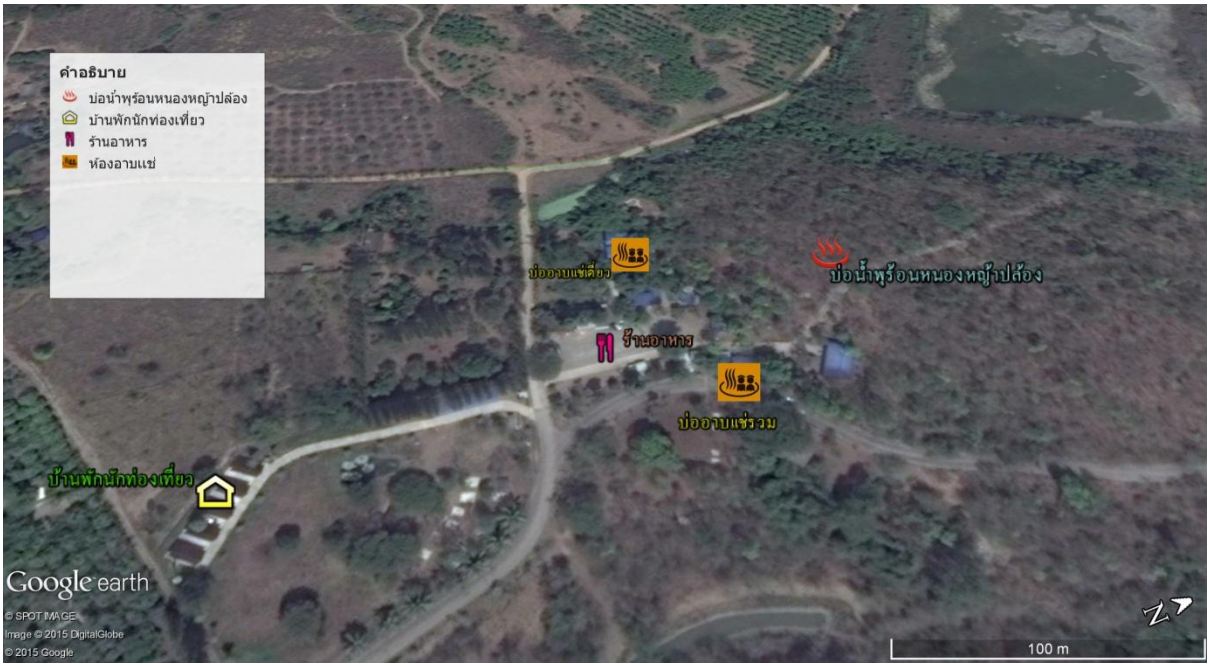
4.1.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง

ที่ตั้ง: แหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ต.ยางน้ำกลัดเหนือ อ.หนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี

ผู้ดูแลรับผิดชอบ: ผู้ใหญ่บ้าน และชาวบ้านในชุมชน

พิกัดภูมิศาสตร์: 47P 565076.00 mE , 1454158.00 mN

ในพื้นที่ของแหล่งพุ น้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง มีการจัดการน้ำเพื่อการประปาภายในหมู่บ้านและส่งไปยังส่วนอื่นๆ โดยในพื้นที่มีการจัดบริการอาบแช่เพื่อสุขภาพทั้งอาบเดี่ยวและกลุ่ม เนื่องจากอุณหภูมิน้ำที่ค่อนข้างสูงดังนั้นจึงต้องมีการผสมน้ำแร่เย็นสำหรับอาบแช่ ซึ่งมีระบบน้ำสูบกักเก็บในแท็งก์น้ำ ก่อนจะส่งไปใช้ในบริเวณใกล้เคียง



ภาพที่ 4-14 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง และสภาพแวดล้อมโดยรอบ

ภาพที่ 4-15 สภาพแวดล้อมพื้นที่ศึกษาแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี

ในการหาอัตราการเกิดของน้ำพุร้อน ศึกษาได้จากน้ำที่ซึมขึ้นมาจากพื้นดิน และมีการรวมรวมไว้ในบ่อที่ก่อโดยรอบจุดกำเนิด เมื่อน้ำที่กักเก็บมีปริมาณมากพอ ก็จะไหลไปตามท่อที่ชุมชนได้เชื่อมต่อไว้ ซึ่งมีสองส่วนคือท่อ PVC สำหรับประปาหมู่บ้าน (รวมทั้งรีสอร์ทของเอกชน) และท่อเหล็กสำหรับบริการในส่วนพื้นที่กิจกรรมการอาบแช่ และร้านค้า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากต้องการหาอัตราการให้น้ำที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดจำเป็นจะต้องปิดระบบทั้งหมดและทำการวัดอัตราการให้น้ำจากน้ำที่ล้นออกโดยตรงเมื่อน้ำมีการไหลตกอย่างอิสระตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทั้งนี้ก่อนการวัดต้องปิดการใช้น้ำในระบบทั้งหมด ในที่นี้หมายถึงขอบบ่อด้านใดด้านหนึ่ง(ภาพที่ 4-15) และทำการคำนวณอัตราการเกิดน้ำพุร้อน จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยนำภาชนะที่มีความจุมากพอมารองรับน้ำที่ไหลล้นและจับเวลาสามารถคำนวณหาอัตราการเกิดน้ำได้

ภาพที่ 4-16 ลักษณะขอบบ่อ (ซ้าย) และการหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อน (ขวา) ของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง ใช้เวลาที่บันทึกได้ คำนวณตามสูตรเพื่อหาอัตราการเกิดน้ำพุร้อน ทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

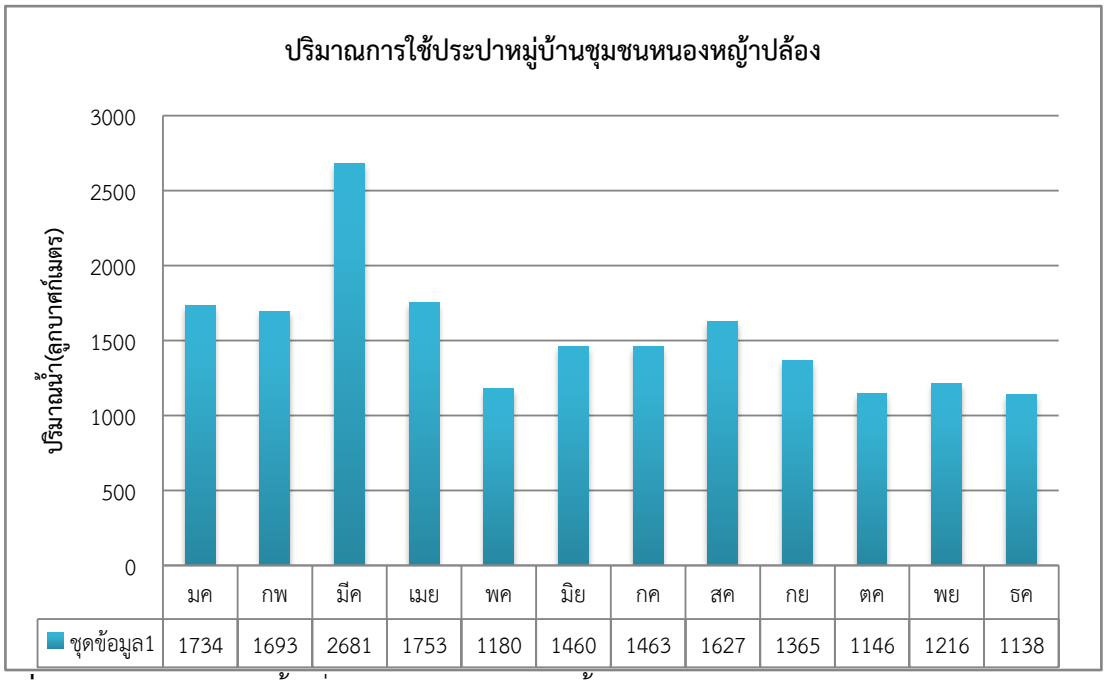
ได้ผลคำนวณอัตราการเกิดน้ำเท่ากับ 0.00180 m^3 /sec ซึ่งสามารถคำนวณเป็นอัตราการให้น้ำต่อหน่วยเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5: อัตราการเกิดน้ำพุร้อนของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี ต่อหน่วยเวลาต่างๆ

อัตราการเกิดน้ำพุร้อน	หน่วยเวลา
0.00180	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
155.52	ลูกบาศก์เมตร/วัน
4665.6	ลูกบาศก์เมตร/เดือน

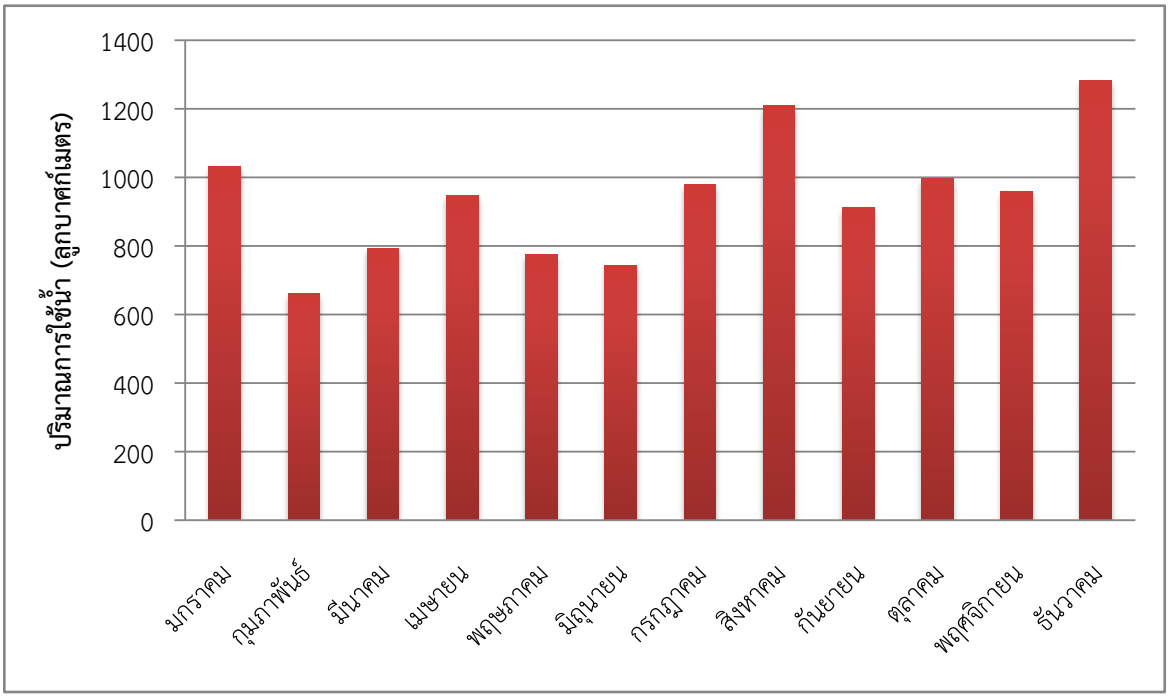
สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ใช้เพื่อเป็นประปาหมู่บ้าน สำหรับการอาบแช่ของนักท่องเที่ยว และน้ำที่เหลือจากกิจกรรมดังกล่าวจะ ไหลล้น ทิ้งไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมใดๆ นอกจากการแช่เท้า ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

ใช้เพื่อเป็นประปาหมู่บ้านสำหรับชุมชนรวมถึงไร่และรีสอร์ทในพื้นที่ จะคิดปริมาณน้ำจากสถิติการใช้น้ำประปาเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือนจากข้อมูลปี 2557 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม



ภาพที่ 4-17 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อประปาหมู่บ้านของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง เดือนมกราคม – ธันวาคมปี 2557

การใช้เพื่ออาบแช่ : คำนวณจากสถิติจำนวนเข้าใช้รวมทั้งห้องอาบเดี่ยวและรวม (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนมกราคม – ธันวาคม ปี2557) โดยคิดปริมาณน้ำที่ถูกใช้จากปริมาตรอ่างอาบแช่

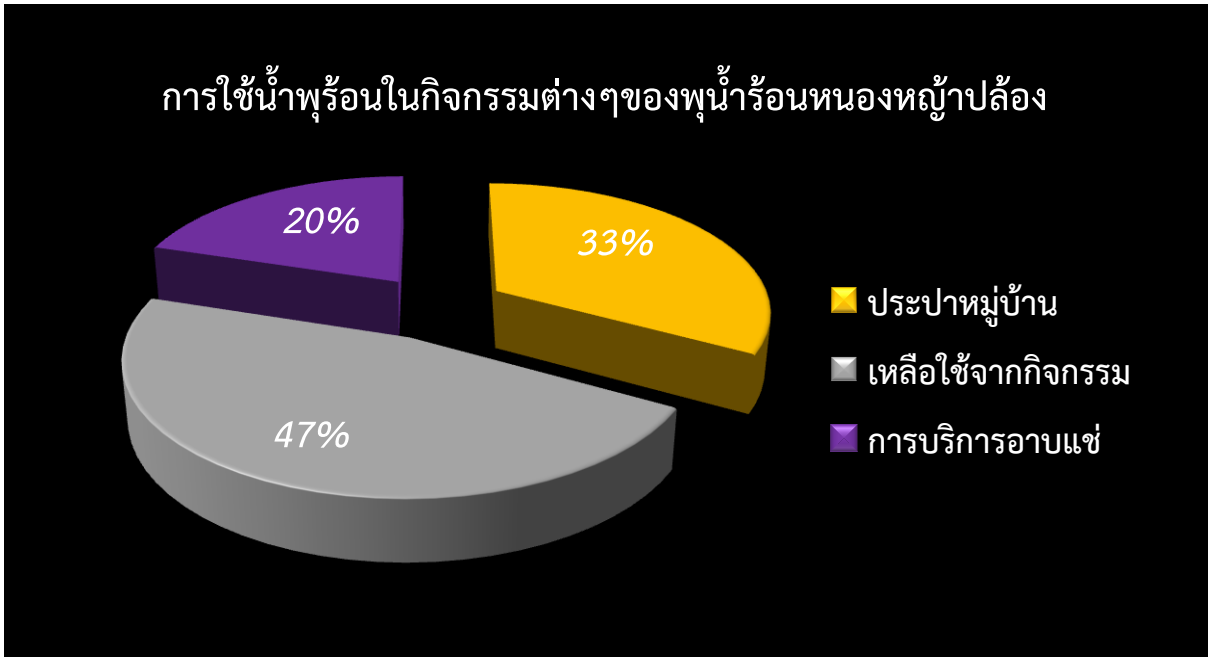


ภาพที่ 4-18 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้บริการอาบแช่ของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องในปี 2557

จากข้อมูลสถิติที่ได้และอัตราการเกิดน้ำพุร้อนสามารถนำมาสรุปกิจกรรมการใช้น้ำได้โดยแสดงให้เห็นเป็นร้อยละของปริมาณน้ำทั้งหมดได้ดังภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4-6: ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง

กิจกรรม	ลูกบาศก์เมตร/เดือน	ร้อยละ
ประปาหมู่บ้าน	1538	33
บริการอาบแช่	940.81	20
เหลือใช้จากกิจกรรม	2186.79	47
รวมทั้งหมด	4665.6	100



ภาพที่ 4-19 ร้อยละของการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมของพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง

<u>การจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง</u>

- การใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง (47% หรือ 2187 ลบ.ม./เดือน) อาจนำไปเพิ่มการให้บริการอาบแช่ โดยอาจสร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต หรือเพิ่มการจำหน่ายให้กับเอกชน ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน ซึ่งต้องพิจารณาจากปริมาณน้ำพุร้อนที่เหลือทิ้ง
- การนำน้ำพุร้อนไปใช้เป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้
- ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้
- ควรมีการบันทึกปริมาณการใช้น้ำในส่วนต่างๆ จากมาตรวัดน้ำที่ติดตั้งไว้ เพื่อให้สามารถควบคุมและวางแผนจัดสรรการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม

- ควรจัดหาแหล่งน้ำ(นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต เช่น สร้างบ่อบาดาลหรือน้ำผิวดินเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่า
- วางแผนจัดสร้างบ่อกักเก็บน้ำพุร้อนเพิ่มเติม หรือทำบ่ออาบแช่รวมและที่แช่เท้าเพื่อเพิ่มการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวในบริเวณบ่อกำเนิด
- หน่วยงานต่างๆ เละชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องให้ยั่งยืนต่อไป

4.1.4 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำพุร้อน

ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำพุร้อนจากบ่อกำเนิดและทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของตัวอย่างน้ำเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดังนี้

- มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2006)
- มาตรฐานน้ำแร่ (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549)
- มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินเพื่อการบริโภค

ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-7 – 4-9

ตารางที่ 4-7 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก

Parameters	Huai Nam Nak hot spring	Standard				
		Drinking Water (WHO,2006)	Groundwater (DMR,1992)		Mineral Water (MOPH,2000)	Mineral Water (TISI,2004)
			Appropriate Value	Maximum Value		
Temperature (°c)	55	-	-	-	-	-
pH	7.03	-	7.0-8.5	6.5-9.2	-	-
Color (Pt-Co)	0	15	5	15	Clear	-
Turbidity (NTU)	1.65	5	5	20	No sediment	-
Conductivity (µS/c	484	-	-		-	-
Odor	-	-	-		Non Objectionable	-
TDS (mg/L)	358	1000	<600	1200	-	1000
Hardness (mg/L)	240	-	<300	500	-	600
Chloride (mg/L)	0.479	250	<250	600	-	4.9
Nitrate (mg/L)	0.047	50	<45	45	-	50
Sulfate (mg/L)	14.57	250	<200	250	-	600
Phosphate (mg/L)	0	-	-		-	-
Fe (mg/L)	0	2	<0.5	1.0	-	0.08
Mn (mg/L)	0	0.1	<0.3	0.5	2	2
Cu (mg/L)	0	0.5	<1.0	1.5	1	1
Zn (mg/L)	0.33	3	<5.0	15	5	5
Pb (mg/L)	0	0.003	Not found		0.01	0.01
Cd (mg/L)	0	0.7	Not found		0.003	0.003
Cr (mg/L)	0	0.05	-		0.05	0.05
Ni (mg/L)	0	0.02	-		-	-
Coliform(MPN)	<2	-	<2.2/100cm³		<2.2/100cm³	Not found

ตารางที่ 4-8 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี

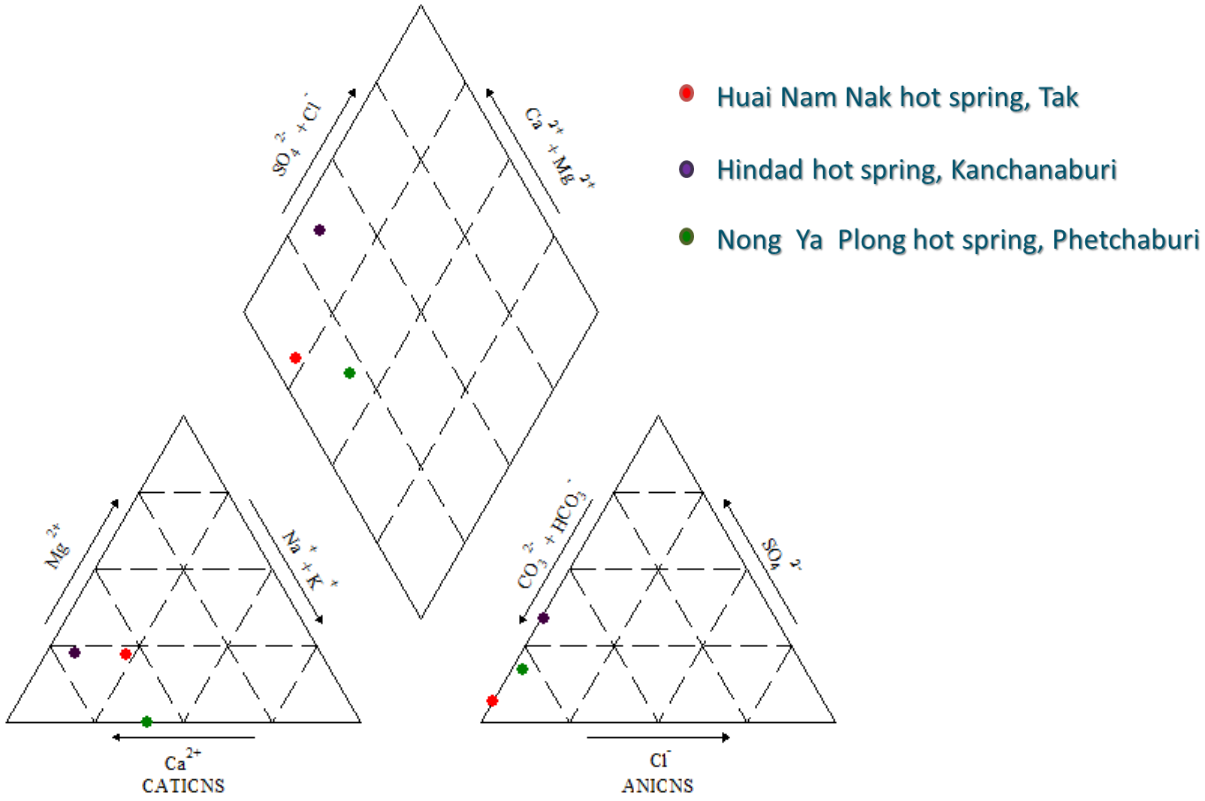
Parameters	Hindad hot spring	Standard					
		Drinking Water (WHO,2006)	Groundwater (DMR,1992)		Mineral Water (MOPH,2000)	Mineral Water (TISI,2004)	
			Appropriate Value	Maximum Value		Appropriate Value	Maximum Value
Temperature (°c)	44	-	-	-	-	-	-
pH	6.79	-	7.0-8.5	6.5-9.2	-	6.5-8.5	9.2
Color (Pt-Co)	0	15	5	15	Clear	5	15
Turbidity (NTU)	0.23	5	5	20	No sediment	5	20
Conductivity (µS/c	857	-	-		-	-	-
Odor	-	-	-		Non Objectionable	-	Non Objectionable
TDS (mg/L)	654	1000	<600	1200	-	<500	1500
Hardness (mg/L)	337	-	<300	500	-	100	-
Chloride (mg/L)	1.436	250	<250	600	-	250	600
Nitrate (mg/L)	0.068	50	<45	45	-	4	4
Sulfate (mg/L)	138.76	250	<200	250	-	200	250
Phosphate (mg/L)	0	-	-		-	-	-
Fe (mg/L)	0	2	<0.5	1.0	-	0.3	1
Mn (mg/L)	0	0.1	<0.3	0.5	2	0.05	0.5
Cu (mg/L)	0	0.5	<1.0	1.5	1	1	1.5
Zn (mg/L)	0.05	3	<5.0	15	5	3	15
Pb (mg/L)	0	0.003	Not found		0.01	0.01	0.01
Cd (mg/L)	0	0.7	Not found		0.003	0.003	0.003
Cr (mg/L)	0	0.05	-		0.05	0.05	0.05
Ni (mg/L)	0	0.02	-		-	-	-
Coliform(MPN)	-	-	<2.2/100cm³		<2.2/100cm³		-

ตารางที่ 4-9 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของน้ำพุร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี

Parameters	Nong Ya Plong hot spring	Standard					
		Drinking Water (WHO,2006)	Groundwater (DMR,1992)		Mineral Water (MOPH,2000)	Mineral Water (TISI,2004)	
			Appropriate Value	Maximum Value		Appropriate Value	Maximum Value
Temperature (°c)	46	-	-	-	-	-	-
pH	7.99	-	7.0-8.5	6.5-9.2	-	6.5-8.5	9.2
Color (Pt-Co)	3	15	5	15	Clear	5	15
Turbidity (NTU)	1.51	5	5	20	No sediment	5	20
Conductivity (µS/c	447	-	-		-	-	-
Odor	-	-	-		Non Objectionable	-	Non Objectionable
TDS (mg/L)	307.2	1000	<600	1200	-	<500	1500
Hardness (mg/L)	179	-	<300	500	-	100	-
Chloride (mg/L)	4.307	250	<250	600	-	250	600
Nitrate (mg/L)	0.190	50	<45	45	-	4	4
Sulfate (mg/L)	32.31	250	<200	250	-	200	250
Phosphate (mg/L)	0	-	-		-	-	-
Fe (mg/L)	0	2	<0.5	1.0	-	0.3	1
Mn (mg/L)	0	0.1	<0.3	0.5	2	0.05	0.5
Cu (mg/L)	0	0.5	<1.0	1.5	1	1	1.5
Zn (mg/L)	0.06	3	<5.0	15	5	3	15
Pb (mg/L)	0.0196	0.003	Not found		0.01	0.01	0.01
Cd (mg/L)	0	0.7	Not found		0.003	0.003	0.003
Cr (mg/L)	0	0.05	-		0.05	0.05	0.05
Ni (mg/L)	0	0.02	-		-	-	-
Coliform(MPN)	-	-	<2.2/100cm³		<2.2/100cm³		-

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพุร้อนทั้งสามแหล่งพบว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่หากจะนำไปผลิตเป็นน้ำดื่มน้ำแร่ ควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน

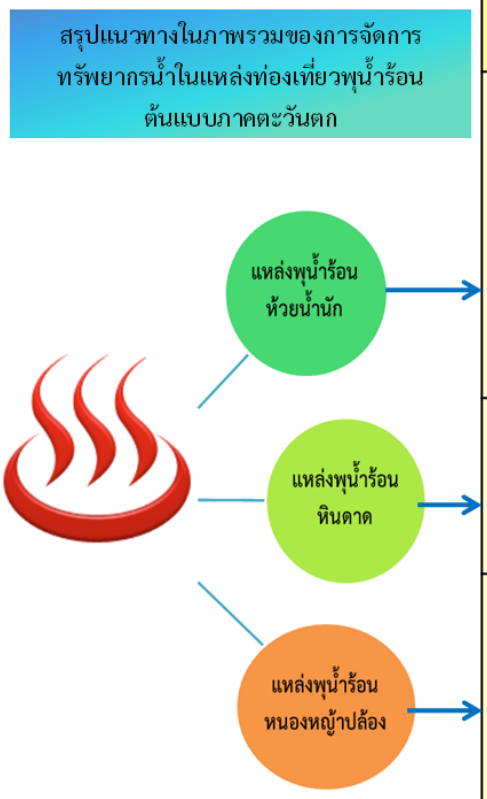
เพื่อให้เห็น ข้อมูลทางคุณภาพของน้ำบาดาล เนื่องจากว่าข้อมูลของการวิเคราะห์ของน้ำบาดาลแต่ละตัวอย่างมีจำนวนมากและเมื่อประกอบกับจำนวนตัวอย่างที่มีมากการเสนอข้อมูลโดยการแสดงเป็นตัวเลขในตารางจะทำให้ผู้ที่อ่านเข้าใจได้ยาก ดังนั้นการเสนอข้อมูลเพื่อให้การอ่านหรือเข้าใจเป็นไปได้โดยง่าย จึงจะใช้แผนภาพในการนำเสนอเรียกว่า “Piper trilinear diagram” โดยจะแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำพุร้อนทั้งสามแหล่งดังภาพที่ 4-20



ภาพที่ 4-20 การแสดงคุณภาพน้ำโดย Piper trilinear diagramของน้ำพุร้อนที่ศึกษา

ข้อมูลคุณภาพน้ำซึ่งเสนอโดย Piper trilinear diagram พบว่าน้ำพุร้อนทั้งสามแหล่งมีคุณภาพดีจัดอยู่ใน Hydrochemical facies: type Iจากองค์ประกอบเคมีของน้ำและความเข้มข้นปริมาณของแร่ธาตุที่พบ

สรุปแนวทางในภาพรวมการจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนภาคตะวันตก



การใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง	การเพิ่มเติมกิจกรรมในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อน	การดูแลและพัฒนาจากภาครัฐ
- เพิ่มการให้บริการอาบแช่ในห้องพักนักท่องเที่ยว หรือสร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในลักษณะบ่ออาบแช่สาธารณะโดยออกแบบให้เหมาะกับภูมิลักษณ์ของพื้นที่ - นำน้ำพุร้อนไปใช้เสริมเป็นประปาหมู่บ้าน	- ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน - จัดจำหน่ายน้ำพุร้อนให้แก่ภาคเอกชน เช่น โรงแรม โดยการต่อท่อส่ง หรือขนส่งโดยรถเช่นเดียวกับที่ได้หวัน ซึ่งมีการขนส่งน้ำจากแหล่งพุน้ำร้อนเจียงซีไปให้บริการในโรงแรม	- ดูแลรักษาต้นน้ำและพื้นที่ป่าไม้ให้คงสภาพตามธรรมชาติตลอดไป - ควบคุมไม่ให้มีแหล่งมลพิษที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้ ควรมีการจัดเก็บและบำบัดทิ้งจากกิจกรรมด้วยวิธีการมาตรฐาน - ควรออกข้อบังคับให้มีการศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พื้นพิภพของแหล่งพุน้ำร้อนเพื่อศึกษาศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพื้นที่ก่อนการอนุญาตให้ชุมชนหรือหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่รับผิดชอบ ดำเนินการใดๆ
- ปรับปรุง และเพิ่มการให้บริการอาบแช่ในส่วนห้องอาบแช่ด้านบน เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับนักท่องเที่ยว	- ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชนหินดาดเป็นการประชาสัมพันธ์พื้นที่แหล่งพุน้ำร้อน โดยอาจร่วมมือกับภาคเอกชน	
- สร้างบ่อ หรือขยายขนาดบ่อกำเนิดในแนวระนาบ หรือสร้างแท็งก์กักเก็บน้ำให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ - เพื่อเพิ่มทางเลือก ควรมีการสร้างที่อาบแช่สาธารณะเพิ่มเติมบริเวณใกล้เคียงกับบ่อกำเนิด	- ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน เพื่อบริโภคในชุมชนหรือจัดจำหน่ายและสร้างรายได้ให้กับชุมชน	

4.2 การศึกษาภาวะน้ำหลากห้วยกุยมั่ง

สืบเนื่องจากองค์การบริหารส่วนตำบลหินดาด (อบต.หินดาด) ผู้รับผิดชอบดูแลแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด พบว่า ในพื้นที่ดังกล่าวมีการเกิดภาวะน้ำหลากในห้วยกุยมั่ง ระดับน้ำสูงขึ้นจนกระทั่งท่วมถึงบริเวณอ่างแช่น้ำร้อนสำหรับนักท่องเที่ยวเกิดความไม่สะดวก ไม่ปลอดภัยแก่น้ำท่องเที่ยว จึงเป็นที่มาของการศึกษาภาวะน้ำหลากบริเวณห้วยกุยมั่ง ช่วงที่ผ่านแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อได้ทราบเกณฑ์เบื้องต้นของการเกิดน้ำหลาก เพื่อการเฝ้าระวัง และการจัดการแหล่งท่องเที่ยวต่อไป

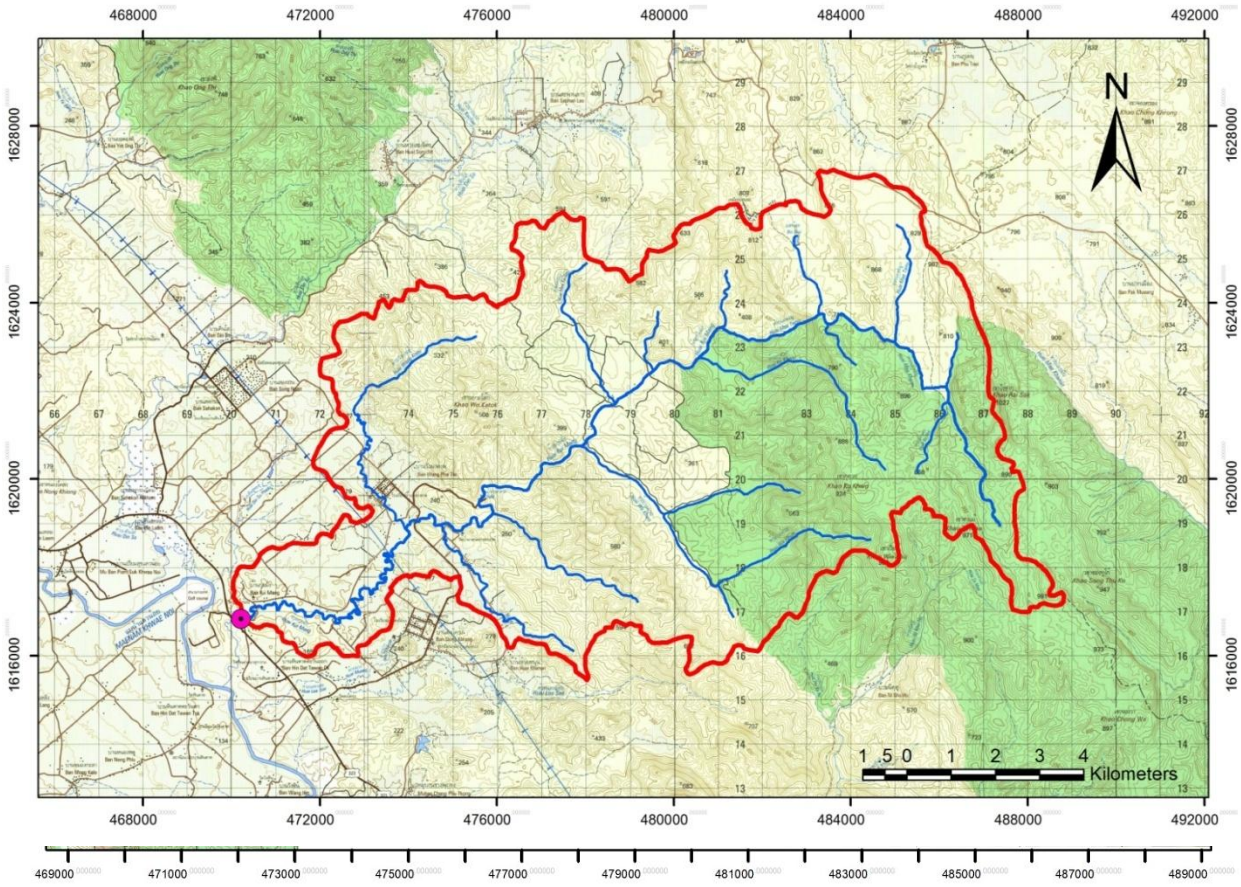
การศึกษาภาวะน้ำหลากในลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง จำเป็นต้องมีการศึกษาสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับอุทกวิทยา ดังนั้นจึงขอแบ่งหัวข้อผลการศึกษาในแต่ละส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพื้นที่ (ลักษณะภูมิประเทศ ความลาดชัน ธรณีวิทยา ลักษณะชุดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน) สภาพภูมิอากาศ การตรวจวัดระดับน้ำห้วยกุยมั่ง การสำรวจภาคสนามลำน้ำห้วยกุยมั่ง (เบื้องต้น)

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพื้นที่ศึกษา (ห้วยกุยมั่ง)

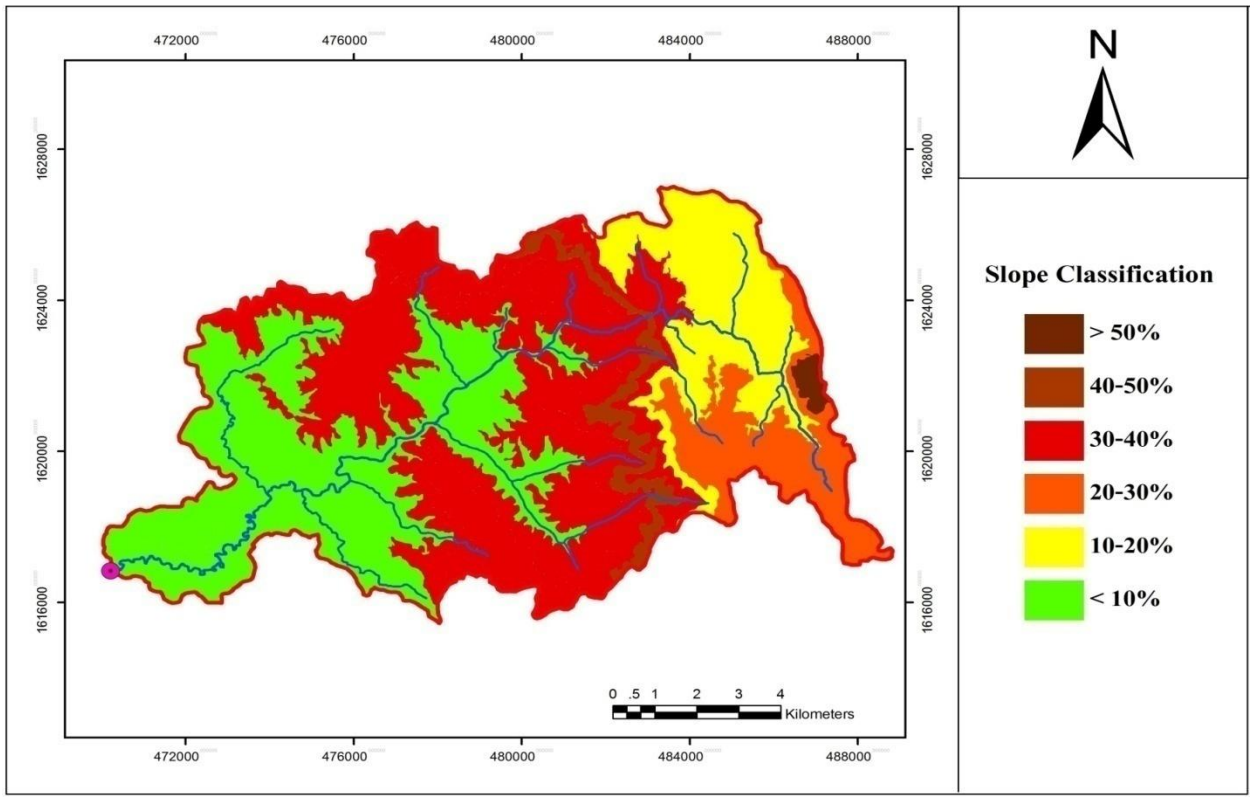
ลักษณะภูมิประเทศ และความลาดชัน

แหล่งพุน้ำร้อนตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ลอนลาดที่ติดต่อกับเนินเขา และอีกด้านติดต่อพื้นที่ราบ ซึ่งมีเขาวอกะโต๊กเป็นสันเขาปันน้ำ โดยมีทิศด้านลาดหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีความสูงของยอดเขาตามแนวสันปันน้ำประมาณ 200 ถึง 500 เมตร (MSL) ภูเขาดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลำน้ำหลายสาย เช่น ห้วยแม่ตะงู ห้วยกุยมั่ง ห้วยวะควอ และห้วยวังกระตู้ เป็นต้น ซึ่งลำน้ำทั้งหมดของบริเวณนี้ไหลลงสู่แม่น้ำแควน้อยที่เป็นลำน้ำสายใหญ่ที่ไหลลงสู่ที่ราบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4-21

ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งมีพื้นที่ประมาณ 123 กิโลเมตร ลักษณะลำน้ำวางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก โดยทางตอนบนของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยกุยมั่ง ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าชุมชนต้นแบบเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ชุมชนในช่วงปี พ.ศ. 2527 โดยบริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำ มีแนวภูเขาสูงชัน 2 แนว ที่มีความลาดชันมากกว่าบริเวณอื่นในลุ่มน้ำ วางตัวในทิศทางขนานกันจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ส่วนบริเวณอื่นๆ ของลุ่มน้ำ มีความลาดชันอยู่ในระดับน้อยจากการประมวลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์พบว่ามีระดับความสูงมากที่สุดและต่ำสุดในลุ่มน้ำคือ 968 และ 71 เมตรจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4-22



ภาพที่ 4-21 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 4-22 แผนที่ความลาดชันบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ลักษณะธรณีวิทยา

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง มีลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณลุ่มน้ำ มีหินหลากหลายชนิด (ภาพที่ 4.23) ประกอบด้วย

ตะกอนยุคควอเทอร์นารี ได้แก่ ตะกอนตะพักลำน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและศิลาแลง (Qt) และตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ คันดินแม่น้ำและแอ่งน้ำท่วมถึง (Qa)

หินตะกอนยุคออร์โดวิเชียนถึงเพอร์เมียน ได้แก่ หมวดหินเกร่งกระเวีย(O3) เนินสวรรค์ (O) และหมวดหินลิ่นถิ่น (EO) ซึ่งเป็นหินปูนเนื้อดินและหินปูนสีเทาและสีชมพู หินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินอ่อน แทรกสลับด้วยหินดินดาน เนื้อปูนผสม หินดินดานปนทราย มีซากหอยงวงช้าง หอยแบรคริโอพอด และไทร์โลไบต์ และหินอ่อนหินควอตซ์ไมกาชีสต์ ตามลำดับ หินตะกอนยุคนี้วางตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำ

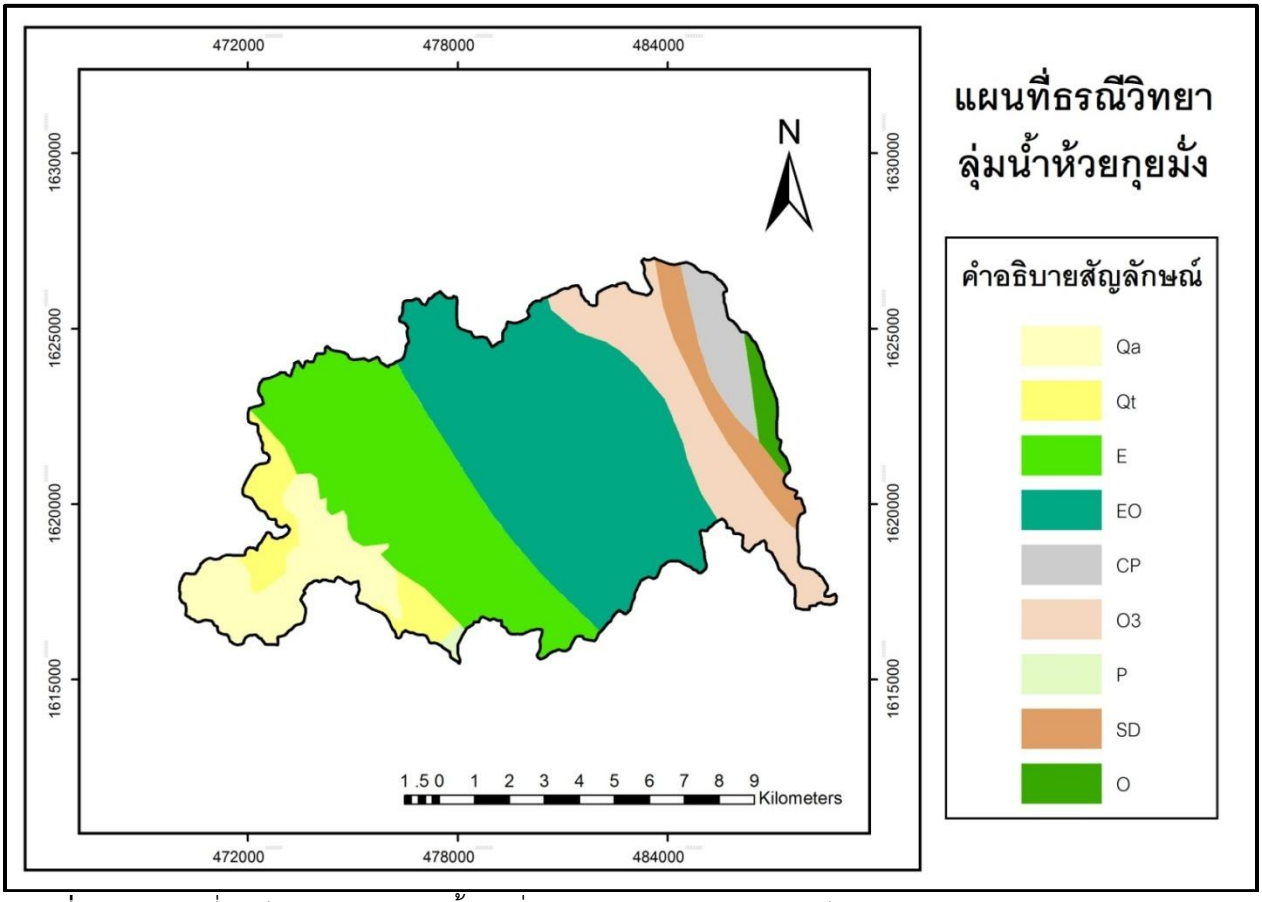
หินตะกอนยุคซีลูเรียนถึงดีโวเนียน (SD) อยู่ในหมวดหินโป่งละแว้ ซึ่งเป็นหินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอนและหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา

หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอร์รัสถึงเพอร์เมียน(Cp) อยู่ในหมวดหินแก่งกระจาน ซึ่งเป็นหินดินดานสีเทาเข้มหรือเป็นหินชนวน

หินตะกอนยุคเพอร์เมียน (P) ซึ่งอยู่ในหมวดหินไทรโยค เป็นหินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ มีหินเชิร์ตแทรกเป็นก้อนและเป็นชั้น หินโดโลไมต์มีซากฟูซูลินิด หอยแบรคริโอพอด ปะการังและไบรโอซัว

ยุคออร์โดวิเชียนหินยุคนี้ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินหินปูนสีเทาและสีชมพูหินปูนเนื้อโดโลไมต์และหินอ่อนแทรกสลับด้วยหินดินดานโดยพบหินตะกอนยุคนี้ในทิศตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ

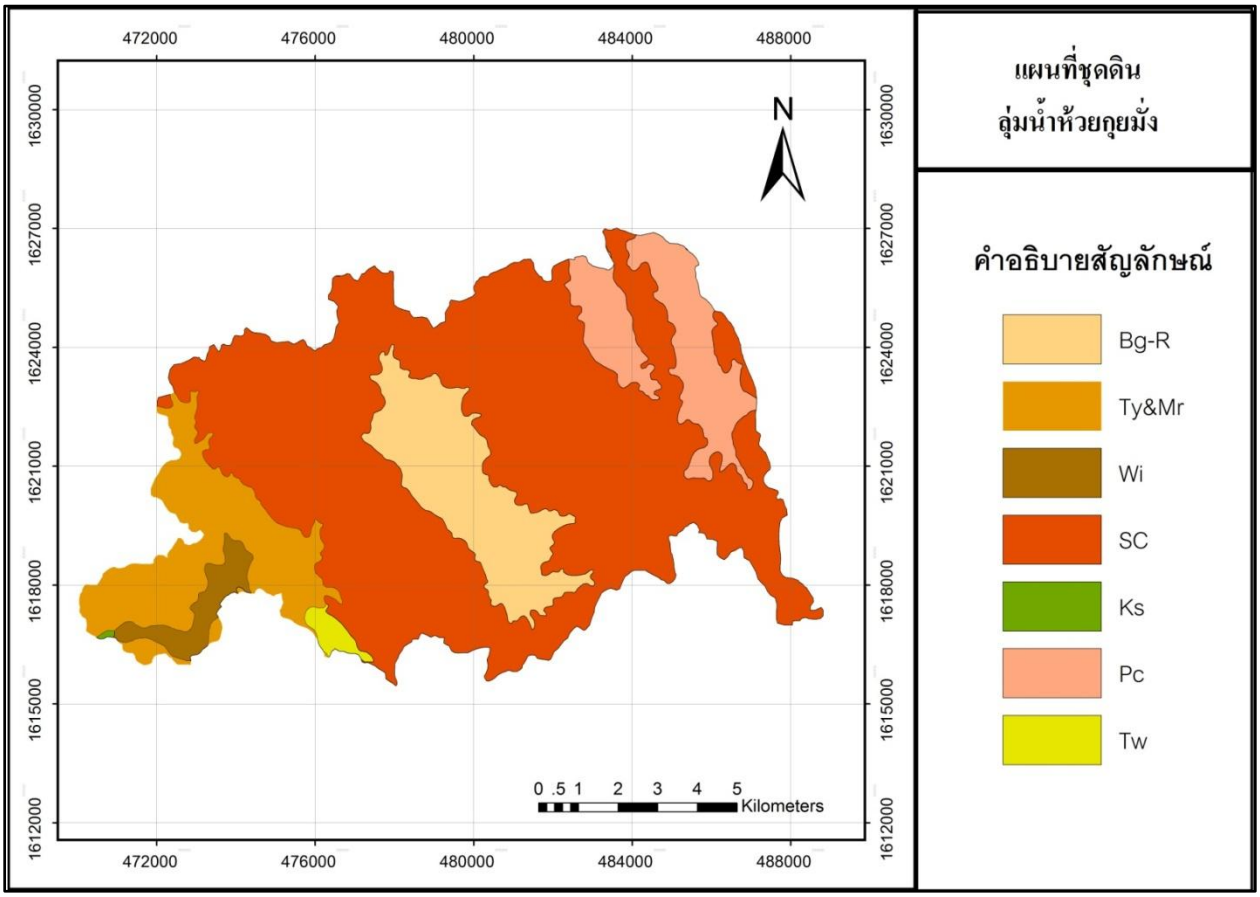
นอกจากหินตะกอนแล้ว ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ยังมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วย หินแปรจากยุคคาร์บอนิเฟอร์รัสถึงเพอร์เมียน (E) อยู่ในหมวดหินเจ้าเณร ซึ่งเป็นหินควอร์ตไซต์ หินออร์โทควอตไซต์ หินทรายและหินดินดานเนื้อปูน



ภาพที่ 4-23 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ลักษณะชุดดิน

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ประกอบไปด้วยชุดดินทั้งหมด 8 ชุด (ตามการจำแนกของกรมพัฒนาที่ดิน) (ภาพที่ 4.24) ได้แก่ ชุดดิน**พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex; SC),** ชุดดินท่ายาง (Tha Yang; Ty), ชุดดินบ้านจ้อง (Ban Chong; Bg), ชุดดินปากช่อง (Pak Chong; Pc), ชุดดินวังไห (Wang Hai; Wi), ชุดดินทับกวาง (Thap Kwang; Tw) และชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen; Ks) โดยเรียงลำดับตามขนาดพื้นที่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4-24 แผนที่ชุดดินบริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอำเภอทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี

1) ชุดดินพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex; SC)

เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษา สำรวจและจำแนกดิน เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง ซึ่งถือว่ายากต่อการจัดการดูแลรักษาสำหรับการเกษตร มีความลาดชันสูงมาก ในพื้นที่ทำการเกษตร จะเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินอย่างรุนแรง ขาดแคลนน้ำและบางพื้นที่อาจพบชั้นหินพื้นหรือเศษหินกระจัดกระจายอยู่บริเวณหน้าดิน ควรปล่อยไว้ให้เป็นไปตามธรรมชาติ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แหล่งต้นน้ำลำธาร

2) ชุดดินท่ายาง (Tha Yang; Ty)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินตื้นถึงชั้นกรวด ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน มีกรวดและเศษหินก้อนหินปนอยู่ตอนบนประมาณ 15-34 % โดยปริมาตร สีน้ำตาลปนเทาถึงสีน้ำตาลเข้ม ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายปนกรวดและเศษหินมีปริมาณมากกว่า 35 % โดยปริมาตร เพิ่มขึ้นตามความลึก จะพบชั้นดินปนกรวดปนเศษหินนี้ตื้นกว่า 50 ซม. จากผิวดินดินล่างตอนล่างเป็นชั้นเศษหินกรวดของหินทราย มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำผิวดินช้า มีสภาพการให้ซึมน้ำปานกลางถึงเร็ว

3) ชุดดินบ้านจ้อง (Ban Chong; Bg)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มถึงสีน้ำตาลดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงปนเหลือง ถึงสีแดงมีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำผิวดินช้าถึงเร็ว มีสภาพการให้ซึมน้ำปานกลาง

4) ชุดดินปากช่อง (Pak Chong; Pc)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานีสสะสมในดินล่างมีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลางมีสภาพการให้ซึมน้ำปานกลาง

5) ชุดดินวังไห (Wang Hai; Wi)

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลเข้มถึงสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีแดงปนเหลืองถึงสีแดง ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีแดง มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาล มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงเร็ว มีสภาพการซึมน้ำปานกลาง

6) ชุดดินทับกวาง (Thap Kwang; Tw)

ลักษณะเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว สีดินเป็นสีน้ำตาลหรือแดง ในดินชั้นล่างระดับความลึกต่ำ 50 เซนติเมตรลงไปจะพบหินผุ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อละเอียด บางแห่งมีก้อนปูนปน มีการระบายน้ำดีถึงปานกลาง การไหลบ่าของน้ำผิวดินช้าถึงปานกลาง มีสภาพการให้ซึมน้ำปานกลาง

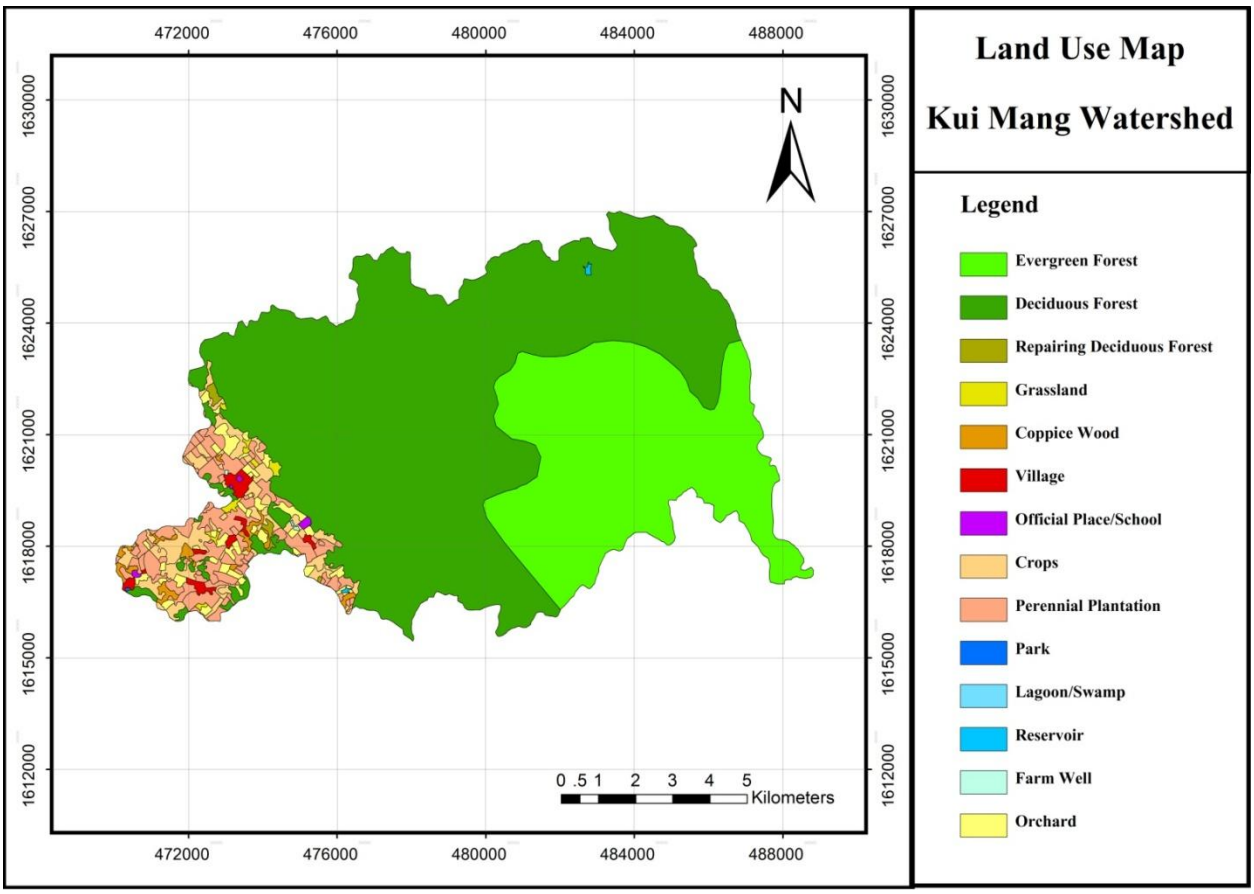
7) ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen; Ks)

ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม พบเกล็ดแร่ไมกาตลอดหน้าตัดของดินและมวลสารพวกปูนสะสมปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงช้า และมีสภาพการให้ซึมน้ำปานกลาง

ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดินคือพื้นที่ภูเขาลาดชันมากกว่า 35% มีการกัดกร่อนของดินได้ง่ายโดยกลุ่มชุดดินนี้มีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 52.01 ของพื้นที่ลุ่มน้ำกุยมั่ง

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำกุยมั่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตปกครองของหน่วยอุทยานแห่งชาติศรีนครินทร์จึงทำให้บริเวณพื้นที่ป่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ค่อนข้างมากโดยมีพื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์และแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่บริเวณทิศตะวันออกของลุ่มน้ำมีพื้นที่คิดเป็น 3 ใน 4 ส่วนของพื้นที่ส่วนทางบริเวณทิศตะวันตกของลุ่มน้ำประกอบด้วยพื้นที่ไร่นาพื้นที่สวนไม้ผลผสมพื้นที่ทุ่งหญ้าและป่าไม้เสื่อมโทรมชุมชนและพื้นที่เปิดโล่งซึ่งสภาพพื้นที่ดังกล่าวมีขนาดพื้นที่น้อยมากคิดเป็นพื้นที่ 1 ใน 4 ของลุ่มน้ำ (ภาพที่ 4-25) จากสภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในลักษณะนี้ถือว่ามีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างมาก



ภาพที่ 4-25 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำกุยมั่งอำเภอทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี

สภาพภูมิอากาศบริเวณอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

การวิเคราะห์สภาพอากาศเบื้องต้นบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2525-2554) ที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา จากสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (รหัสสถานี 48421) ตั้งอยู่ละติจูดที่ 14 องศา 44.32 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 98 องศา 38.11 ลิปดาตะวันออก ซึ่งสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิเป็นสถานีที่ได้พัฒนาจากสถานีประจำอำเภอมาเป็นสถานีที่มีการเก็บข้อมูลสภาพอากาศตามมาตรฐานอุตุนิยมวิทยาโลก โดยได้เพิ่มพารามิเตอร์ในการเก็บข้อมูลทำให้พารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ฝน อุณหภูมิ อัตราการระเหยน้ำ มีข้อมูลครบ 30 ปี ส่วนพารามิเตอร์อื่น เช่น ความกดอากาศ ลม ความชื้นสัมพัทธ์ ยังมีข้อมูลไม่ครบ 30 ปี ดังตารางที่ 4-10 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีทองผาภูมิสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นตัวแทนของสภาพอากาศบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีรายละเอียดด้านสภาพอากาศดังนี้

สภาพภูมิอากาศอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savana Climate, Aw) ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของ Koppen กล่าวคือ มีอากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว ส่วนฤดูร้อนมีลักษณะอากาศแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สามารถแบ่ง สภาพภูมิอากาศได้เป็น 3 ฤดูกาลเช่นเดียวกับสภาพอากาศจังหวัดกาญจนบุรีดังนี้

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม และไปสิ้นสุดลงประมาณกลางเดือนกันยายน หรือต้นเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาฤดูฝนประมาณ 4-5 เดือน เป็นผลจากการได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามัน ทำให้ช่วงระยะเวลานี้มีฝนตกและความชื้นสูง การแผ่กระจายของฝนในจังหวัดกาญจนบุรีแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในบริเวณพื้นที่ตอนบนในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอไทรโยค มีฝนตกค่อนข้างชุกและมีช่วงการกระจายของฝนมากกว่าตอนล่าง

ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคม ไปสิ้นสุดประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ รวมระยะเวลาของฤดูหนาวประมาณ 3-4 เดือนอากาศจะหนาวจัดในเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาอากาศเย็นจากประเทศจีน สภาพอากาศทั่วไปจะเย็นและแห้งแล้ง

ฤดูร้อน เริ่มต้นเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลง ซึ่งเป็นช่วง เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ในระยะนี้เป็นช่วงของลมฝ่ายใต้พัดมาปกคลุมทำให้อากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนของทุกปี

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายคาบ 30 ปี (CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 1982-2011) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

Station	**THONG PHAPHUM**	**Elevation of station above MSL**	**97.36**	**Meters**
Index Station	**48421**	**Height of barometer above MSL**	**99.29**	**Meters**
Latitude	**14.44.32 N**	**Height of Thermometer above ground**	**1.25**	**Meters**
Longitude	**98.38.11 E**	**Height of wind vane above ground**	**12.3**	**Meters**
		Height of raingauge	**1**	**Meters**

Elements		N-Years	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Annual
Pressure (hPa)	Mean	24	1012.64	1011.61	1009.99	1008.83	1007.75	1007.5	1007.58	1007.95	1008.79	1010.32	1012.08	1013.38	1009.87
	Mean Daily Range	24	5.92	6.08	6.12	5.89	4.55	3.6	3.5	3.71	4.51	5.03	5.12	5.53	4.96
	Ext.Max.	23	1022.93	1021.38	1023.77	1017.32	1013.85	1013.31	1013.88	1014.54	1016.01	1017.95	1020.53	1023.4	1023.77
	Ext.Min.	23	1000.82	1004.12	1000.97	1000.21	1001.17	1000.64	1000.85	1000.34	999.26	999.89	999.89	1002.48	999.26
Temperature (Celcius)	Mean Max.	30	33.3	35.3	36.8	37.3	34.1	31.7	30.9	30.7	31.9	32.4	32.2	31.9	33.2
	Ext.Max.	30	37.3	39.2	41.3	43	41.5	38	36.5	36.2	35.7	36	37.3	39.2	43
	Mean Min.	30	16.9	18.5	20.7	22.8	23.5	23.4	23	22.9	22.9	22.1	19.5	16.5	21.1
	Ext.Min.	30	7.4	8.1	11.5	15	17	19.5	20	19.5	19.2	13.9	9.9	5.2	5.2
	Mean	24	24.8	26.8	28.7	29.7	28.1	27.1	26.5	26.3	26.7	26.6	25.4	23.9	26.7
Dew Point Temp. (Celcius)	Mean	24	18.6	18.8	20.5	22.7	24.1	24.2	24	23.9	24	23.5	20.9	18.6	22
Relative Humidity (%)	Mean	27	72	65	65	69	81	85	87	88	86	84	79	75	78
	Mean Max.	24	92	89	87	90	94	95	96	96	96	96	95	94	93.2
	Mean Min.	24	42	37	38	44	60	68	71	72	68	63	53	46	55.2
	Ext.Min.	24	22	15	16	17	28	41	29	47	50	29	32	24	15
Visibility (Km.)	Mean	24	7.2	6.8	6.7	8.3	8.4	7.8	7.4	7	7.6	7.4	7.6	7.5	7.5
	07.00LST	24	5.9	5.9	5.8	7	7.1	6.4	6.1	5.6	5.6	4.5	4.8	5.2	5.8
Cloud Amount (1-10)	Mean	24	1.8	1.9	2.7	3.5	6.9	8.4	8.9	9.1	8.6	6.6	3.5	1.9	5.3
Wind (Knots)	Prev.Wind	24	SE	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	SE	SE	SE	-
	Mean	24	0.5	0.7	0.9	0.8	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.6	0.6	0.5
	Max.	30	20	22	65	52	60	42	22	20	25	22	25	40	65
Pan Evaporation (mm.)	Total	30	118.5	137.2	173.5	179	133	95.7	90.5	85.6	101.2	106.7	104.7	107.5	1433.1
Rainfall (mm)	Total	30	6.7	15.8	53.5	100	223.8	267.9	324.8	338.3	241.9	172	24.6	5.5	1774.7
	Num. of Days	30	0.7	1.6	4.9	8.3	18.9	25.2	26.4	27.2	23.5	16.2	3.4	0.9	157
	Daily Max.	30	42.1	57.7	84	80.4	108.3	81.4	131.4	128.9	100.3	104.6	118.9	25.6	131.4
Phenomena (Days)	Fog	24	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.8	5.3	7	5.3	20.8
	Haze	24	25.4	25.5	26.7	13.7	2.9	1.4	0.2	0.5	0.6	5.5	14.6	18.3	135.1
	Hail	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.3
	Thunderstorm	30	0.2	0.5	2.6	4.8	5	1.6	1	1.3	2.8	2.6	0.6	0	22.8
	Squall	24	0	0	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	1

สภาพภูมิอากาศในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2525-2554) จากสถานีตรวจวัดทองผาภูมิ สามารถสรุปในแต่ละพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดได้ดังนี้

ความกดอากาศ : ความกดอากาศเฉลี่ยในรอบ 30 ปี มีค่า 1,009.87 มิลลิบาร์ความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่า 1 ,023.77 มิลลิบาร์ ในเดือนมีนาคม และความกดอากาศต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่า 999.26 มิลลิบาร์ ในเดือนกันยายน ซึ่งค่าความกดอากาศเป็นค่าแสดงความหนาแน่นของอากาศซึ่งนอกจากเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางแล้วยังผันแปรตามสภาวะอากาศ คือ จะมีความกดอากาศภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมีความกดอากาศต่ำภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ลมตะวันตกหรือภาวะอากาศที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่าน

อุณหภูมิ : อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26.7 องศาเซลเซียสค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 37.3 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 16.5 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม ส่วนค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ 43 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ มีค่า 5.2 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม (ข้อมูลบางเดือนขาดหายไป)

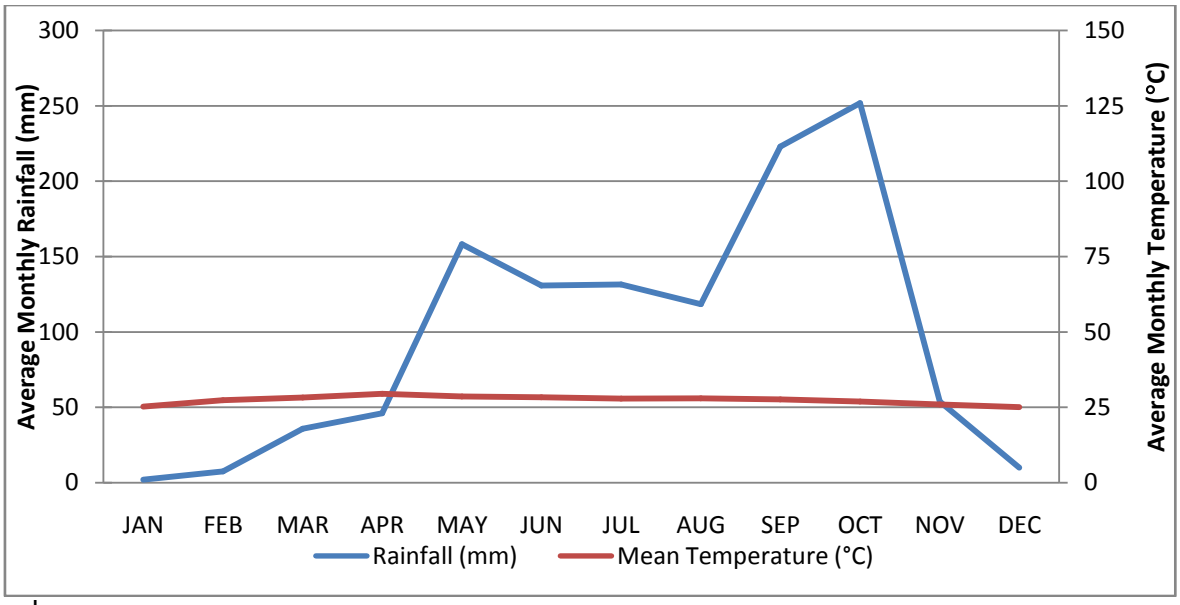
ความชื้นสัมพัทธ์ : ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีมีค่าร้อยละ 78 โดยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดมีค่าร้อยละ 96 ในเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม และเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าร้อยละ 37 ในเดือนกุมภาพันธ์

ฝน : ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่า 1774.7 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี คือ เดือนสิงหาคม มีปริมาณ 338.3 มิลลิเมตร และเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดในรอบปีมีค่าเฉลี่ย 5.5 มิลลิเมตร คือ เดือนธันวาคม ปริมาณฝนตกต่อวันมีค่าสูงสุดรายวัน ที่เคยตรวจวัดได้ 131.4 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคมจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่อปี 157 วัน เดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกมากเฉลี่ย 27.2 วันในขณะที่เดือนมกราคมมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่ำสุด 0.7 วัน

ลม : มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี มีค่า 0.5 นอต โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ในเดือนมีนาคม มีค่า 0.9 นอต ความเร็วลมสูงสุดมีค่า 65 นอต ในเดือนมีนาคมเช่นกัน ส่วนทิศทางลมจะเปลี่ยนแปลงตามลมมรสุมหลักที่พัดผ่านพื้นที่นี้ คือ ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคมจะมีทิศลมหลัก คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายนทิศลมหลักจะเปลี่ยนไปเป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

การระเหยของน้ำ: อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1433.1 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยการระเหยรายเดือนสูงสุดวัดได้เท่ากับ 179 มิลลิเมตรในเดือนเมษายนและมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดในเดือนสิงหาคม วัดได้เท่ากับ 85.6 มิลลิเมตร

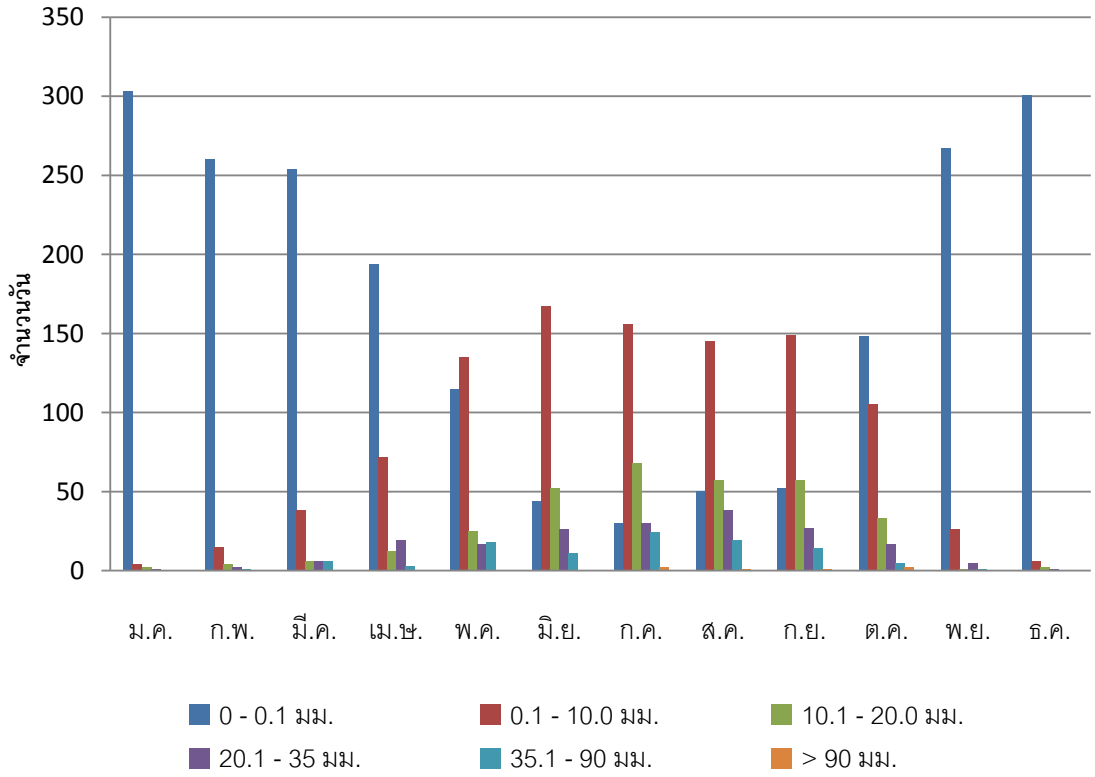
จากข้อมูลรายคาบ 30 ปี ของสถานีทองผาภูมิ กาญจนบุรี สามารถนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามวิธีการของ Walter's Diagram ดังภาพที่ 4-26 พบว่าช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม เป็นช่วงหน้าแล้ง (dry period) และช่วงเมษายน ถึงเดือนตุลาคม เป็นช่วงน้ำมาก (wet period)



ภาพที่ 4-26 การวิเคราะห์สภาพอากาศรายคาบ 30 ปี (2525-2554) ตามหลักการ Walter's diagram ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง โดยการจำแนกปริมาณฝนรายวัน ตามเกณฑ์ปริมาณฝนรายวัน ของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2557 พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง มีจำนวนวันที่ฝนไม่ตกเลยหรือตกน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตรทั้งหมด 2,018 วัน คิดเป็นร้อยละ 55.26 ของวันทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตกเล็กน้อย (0.1 – 10 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 1,018 วัน คิดเป็นร้อยละ 27.28 ของวันทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตกค่อนข้างน้อย (10.1 – 20 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 319 วัน คิดเป็นร้อยละ 8.73 ของวันทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตกปานกลาง (20.1 – 35 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 189 วัน คิดเป็น ร้อยละ 5.18 ของวันทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตกค่อนข้างหนัก (35.1 – 90 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 102 วัน คิดเป็นร้อยละ 2.79 ของวันทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตกหนักมาก (มากกว่า 90 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 6 วัน คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของวันทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 4-27

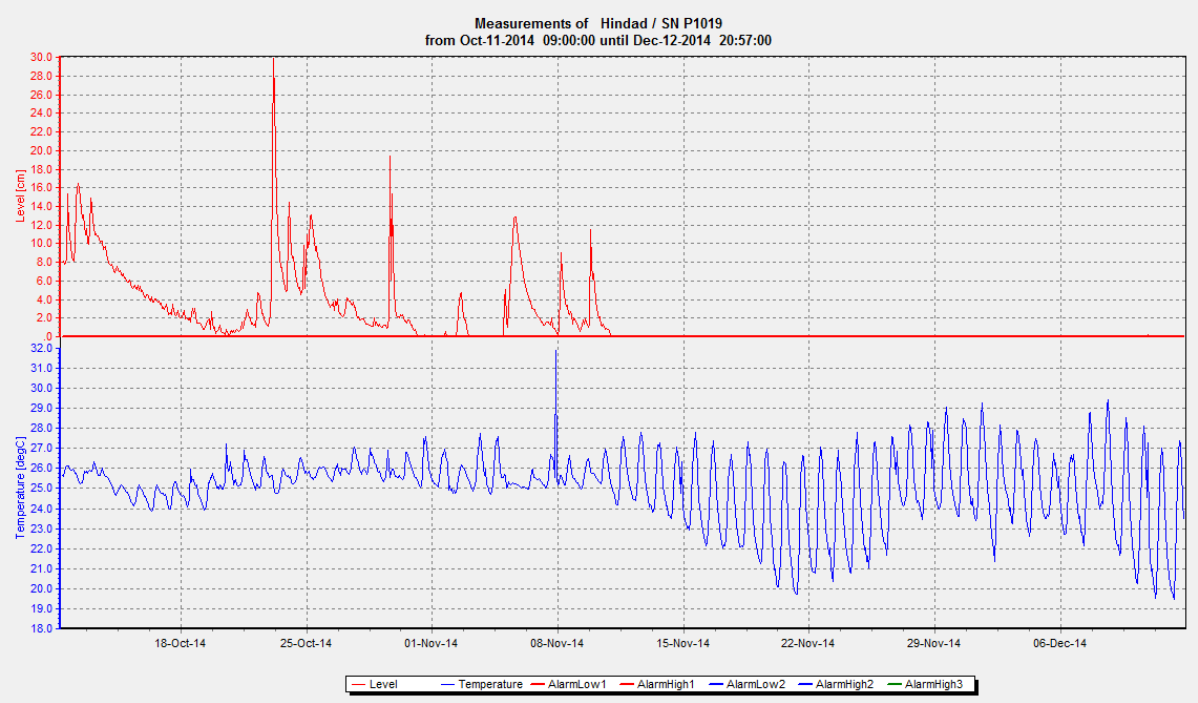


ภาพที่ 4-27 การจำแนกปริมาณน้ำฝนรายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2548 – 2557) ตามเกณฑ์ปริมาณฝนรายวัน ที่กรมอุตุนิยมวิทยาเสนอไว้

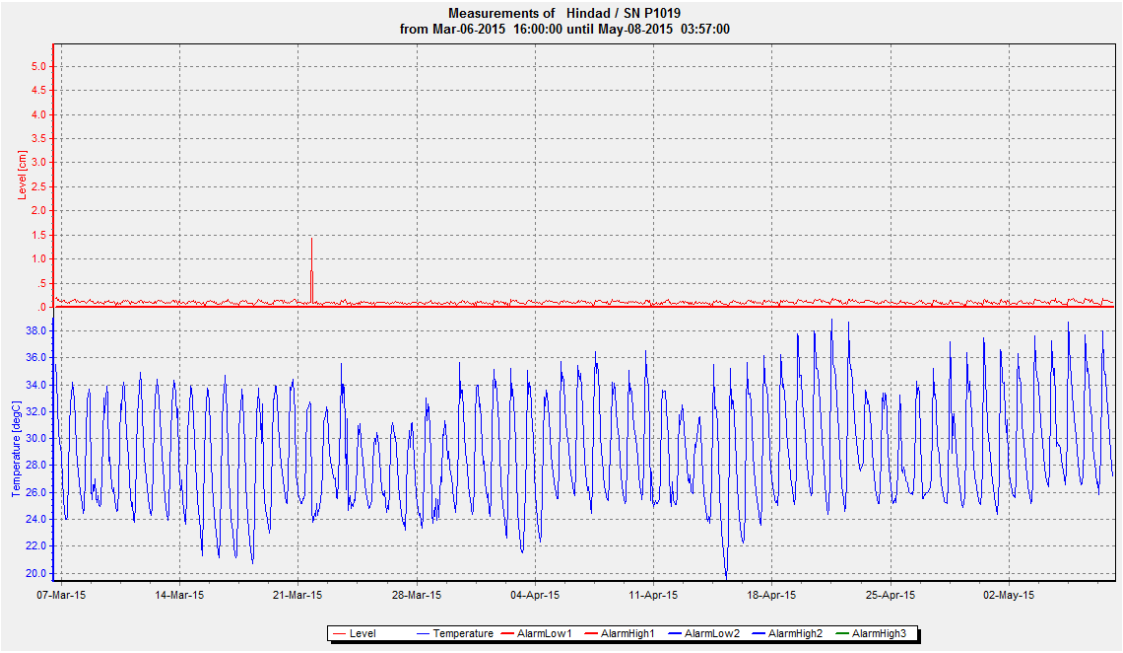
โดยวันที่มีปริมาณฝนตกหนักมาก (มากกว่า 90 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นปริมาณฝนที่อาจทำให้เกิดอุทกภัยในพื้นที่ศึกษา อยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนตุลาคม ช่วงเดือนดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ที่ได้ศึกษาตามหลักการ Walter's diagram ว่าในช่วงเดือนนี้อยู่ในช่วงฤดูน้ำมากหรือช่วงฤดูฝน โดยปริมาณฝนตกหนักมาก ที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนนี้ มีสาเหตุมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดผ่านพื้นที่ และจากจำนวนวันที่ฝนตกหนักมาก (มากกว่า 90 มิลลิเมตร) ทั้งหมด 6 วันนี้ พบว่า วันที่มีฝนตกหนักที่สุด ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง คือวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งมีปริมาณฝนรายวันเท่ากับ 135.9 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณฝนที่เกิดขึ้นนี้ ส่งผลให้เกิดอุทกภัยขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง โดยสาเหตุของการเกิดฝนนั้นเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง ที่พัดผ่านพื้นที่ลุ่มน้ำในช่วงวันดังกล่าว

ผลการตรวจวัดระดับน้ำห้วยกุยมั่ง

จากการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติบริเวณห้วยกุยมั่งที่ไหลผ่านแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด ตั้งแต่วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง ปัจจุบันสามารถสรุปผลดำเนินการตรวจวัดระดับน้ำได้ โดยเลือกช่วงเวลาตัวแทนในช่วงปลายฝนต้นหนาว (ภาพที่ 4-28) และช่วงหน้าแล้ง (ไม่มีฝน) (ภาพที่ 4-29) ทำให้ระดับน้ำลดระดับต่ำลงกว่าระดับต่ำสุดที่เครื่องมือตรวจวัดได้ (< 10 เซนติเมตร)



ภาพที่ 4-28 ระดับน้ำและอุณหภูมิในช่วงวันที่ 11 ตุลาคม 2557 ถึง วันที่ 12 ธันวาคม 2557 เป็นตัวแทนช่วงปลายฤดูฝน (ช่วงที่มีฝนตก-หมดฝนในปีนั้น) ซึ่งระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่เครื่องวัดได้



ภาพที่ 4-29 ระดับน้ำและอุณหภูมิในช่วงวันที่ 6 มีนาคม 2558 ถึง วันที่ 6 พฤษภาคม 2558 เป็นตัวแทนช่วงฤดูร้อน หรือช่วงหน้าแล้ง ซึ่งระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่เครื่องวัดได้ มีฝนตกเล็กน้อยในบางวัน แต่ไม่ส่งผลต่อระดับน้ำ

จากผลการตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณฝน (ตั้งแต่วันที่ 10 ตุลาคม ถึง 26 ธันวาคม 2557) พบว่า เมื่อมีฝนตกในพื้นที่จะทำให้ระดับน้ำในลำธารมีระดับสูงขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง (ตั้งแต่ระดับไม่กี่ชั่วโมง ถึง 1 วัน) และจะค่อยๆ ลดระดับลงกลับสู่สภาพปกติ แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่ตรวจวัดเป็นช่วงฤดูหนาว มีฝนตกน้อยมาก ทำให้ระดับน้ำในลำธารค่อยลดลงอย่างต่อเนื่อง

การสำรวจลำน้ำกุยมั่ง (ภาคสนาม)

ผลการสำรวจภาคสนาม พบว่าบริเวณลำน้ำห้วยกุยมั่ง พบหินขนาดใหญ่ปรากฏ คละขนาดกระจายอยู่เกือบตลอดลำน้ำ ริมตลิ่งมีความชันมาก ท้องน้ำค่อนข้างลึก (เมื่อเทียบกับตลิ่ง) และตอนกลางของลุ่มน้ำกุยมั่ง บริเวณหน้าอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ มีการทำเส้นทางระบายน้ำ (Flood way) แสดงว่า ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งมีเหตุการณ์น้ำหลากเกิดขึ้นหลายครั้ง หรืออาจเกิดขึ้นเป็นประจำต่อเนื่อง นอกจากนี้ในพื้นที่ชุมชนบางแห่ง ยังมีการขาดแคลนน้ำ เช่น พื้นที่หมู่ 9 เป็นต้น จึงมีการสร้างฝายชะลอน้ำ เพื่อกักเก็บน้ำจากพุน้ำเย็น หรือน้ำผุด (ตามคำบอกของคนในพื้นที่) ซึ่งมีให้น้ำอย่างต่อเนื่องทั้งฤดูร้อนและฤดูฝน

จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของอำเภอทองผาภูมิและข้อมูลสถานีวัดน้ำห้วยกุยมั่ง พบว่ามีช่วงฤดูฝน คือ ช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม จะเป็นช่วงที่มีโอกาสสูงที่จะเกิดน้ำหลากมายังพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อน นอกจากนี้บริเวณลำน้ำห้วยกุยมั่งช่วงพุน้ำร้อนหินดาด ทาง อบต. ได้ดำเนินการสร้างฝายคอนกรีตขวางลำน้ำจำนวน 3 ตัว เพื่อชะลอน้ำ และให้มีการยกระดับน้ำในลำธารสูงขึ้นสำหรับนักท่องเที่ยวได้ลงไปแช่น้ำ (น้ำเย็น) แต่ในทางกลับกันเมื่อเกิดน้ำหลากจะทำให้ความเร็วน้ำชะลอตัวเป็นเวลานานขึ้น หากมีระดับน้ำในลำธารยกตัวสูงขึ้นเกินขอบบ่อแช่น้ำร้อนของแหล่งพุ น้ำร้อนหินดาด ซึ่งอาจเกิดน้ำหลากเป็นระยะเวลานานขึ้น (นานกว่ากรณีที่ไม่มีฝายชะลอน้ำ) นอกจากนี้จากการสำรวจภาคสนามยังพบว่า ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมีการชะลอตัวในบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งท่องเที่ยวอยู่ในช่วงที่ลำธารมีความกว้างลำธารลดลง

2) ลักษณะทางอุทกวิทยาพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง

2.1) ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง

จากการศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง มีขนาดพื้นที่ 127.62 ตารางกิโลเมตร มีรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นลักษณะผอมสูง ระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ที่ 436.13 เมตร มีความยาวของเส้นรอบวงลุ่มน้ำ 74.62 กิโลเมตร มีความยาวเส้นน้ำสายหลัก ซึ่งได้แก่ลำธารห้วยกุยมั่ง เท่ากับ 30.62 กิโลเมตร สัมประสิทธิ์ความกระชับลุ่มน้ำ 1.84 ความหนาแน่นของการระบายน้ำ 0.65 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร ค่าความหนาแน่นของลำธาร 0.024 สาย/ตารางกิโลเมตรและ รูปร่างของเส้นน้ำ เป็นแบบ Dendrite (ตารางที่ 4-11)

ตารางที่ 4-11 ผลการศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง

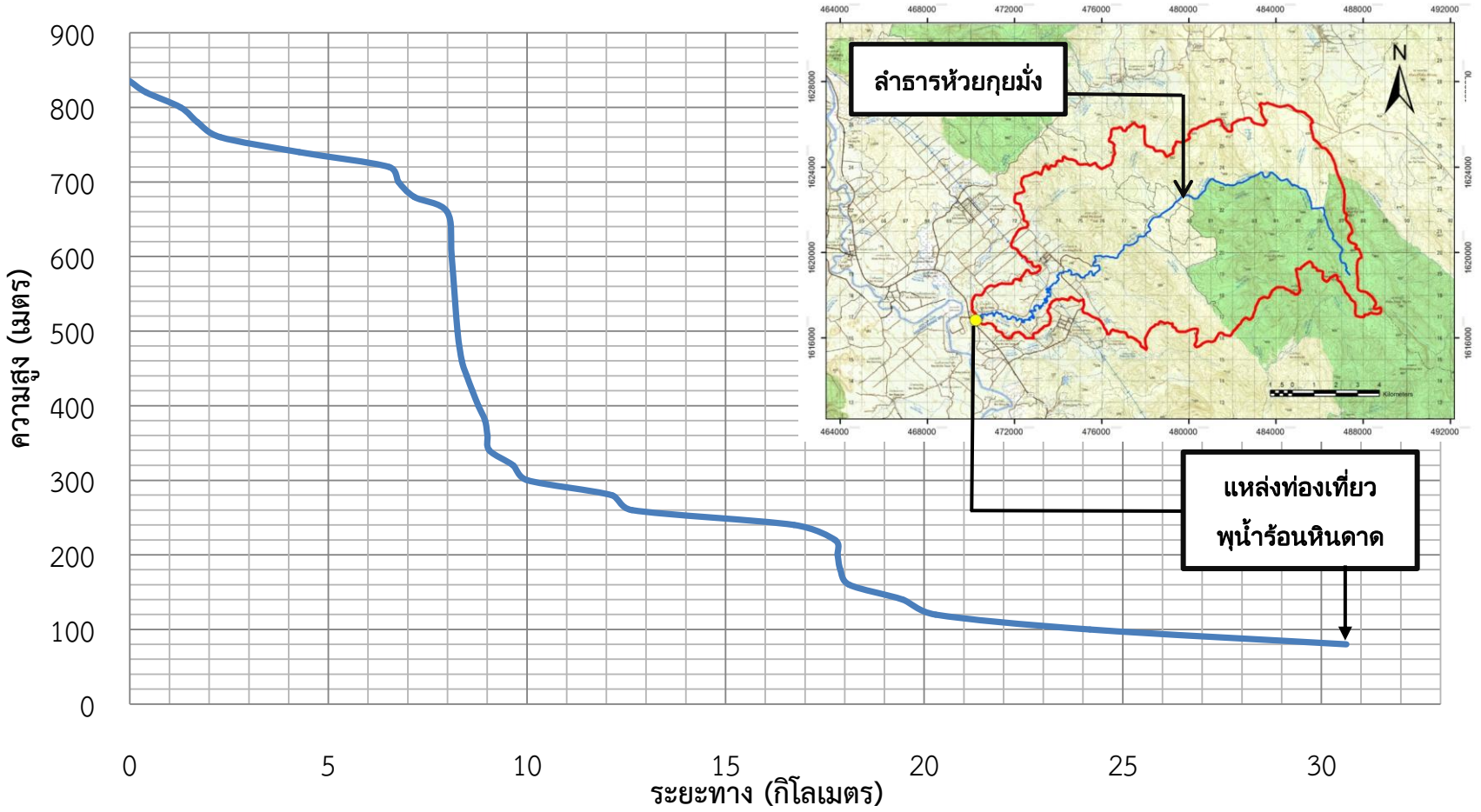
ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่าที่ได้
พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)	127.62
ความยาวเส้นน้ำสายหลัก (กิโลเมตร)	30.628
เส้นรอบวงลุ่มน้ำ (กิโลเมตร)	74.629
สัมประสิทธิ์ความกระชับ (K_C)	1.850
Form factor (FF)	0.406
Relief ratio (RR)	53.443
ความลาดชันเฉลี่ย (%)	23.295
ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำ (เมตร)	436.136
ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (กม./ตร.กม.)	0.657
ความหนาแน่นของลำธาร (สาย/ตร.กม.)	0.024
รูปแบบของลำน้ำ	Dendrite
ความลาดชันของลำธารสายหลัก (ม./กม.)	24.55

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4-11สามารถแปลความหมายได้ว่า ค่าความหนาแน่นการระบายน้ำ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 1 และค่าความหนาแน่นของลำธาร มีค่าเท่ากับ 0.024 สาย/ตารางกิโลเมตร จัดว่ามีค่าน้อย และเมื่อพิจารณาค่าทั้งสองร่วมกัน พบว่าได้ผลที่สอดคล้องกัน แสดงว่า พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง เป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ค่อยดีมากนัก เนื่องจากเส้นน้ำสายย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำมีจำนวนน้อย ส่งผลให้มีการระบายน้ำในพื้นที่น้อยไปด้วย และเมื่อพิจารณารูปร่างของเส้นน้ำ เป็นแบบ Dendrite ซึ่งเป็นทางน้ำที่มีเส้นน้ำสายหลักสั้น ส่งผลให้เมื่อมีปริมาณน้ำมาก อาจทำให้เกิดน้ำท่วมได้ง่าย ซึ่งปัจจัยค่าความหนาแน่นการระบายน้ำ ค่าความหนาแน่นของลำธาร และรูปร่างลำน้ำ ให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน

ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น พบว่าลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง มีความลาดชันของพื้นที่ต่ำสุดอยู่ที่ ร้อยละ 2.14 และความลาดชันของพื้นที่มากที่สุด คือ ร้อยละ 52.28 (ภาพที่ 4-22) ส่วนความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ ร้อยละ 23.29 โดยความลาดชันสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่จะอยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ การวิเคราะห์การเปลี่ยนความสูงของลำธารสายหลักตามระยะทาง (ภาพที่ 4-30) พบว่าลำน้ำห้วยกุยมั่ง มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันของลำน้ำทั้งหมด 5 ช่วง ได้แก่ 1) ช่วงความสูง 835 – 740 เมตรมีความลาดชันเฉลี่ย 22.55 เมตร/กิโลเมตร 2) ช่วงความสูง 720 – 300 เมตรมีความลาดชันเฉลี่ย 73.17 เมตร/กิโลเมตร 3) ช่วงความสูง 280 – 260 มีความลาดชันเฉลี่ย 7.60 เมตร/กิโลเมตร 4) ช่วงความสูง 240 – 160 เมตร มีความลาดชันเฉลี่ย 14.62 เมตร/กิโลเมตร และ 5) ช่วงความสูง 140 –80 เมตร มีความลาดชันเฉลี่ย 4.79 เมตร/กิโลเมตร โดยมีความลาดชันของลำธารสายหลักเฉลี่ยเท่ากับ 24.55 เมตร/กิโลเมตร

ความลาดชันของลำธารสายหลักนี้ เป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศ สอดคล้องกับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันมากที่สุด คือ ช่วงความสูง 720 – 300 เมตรนั้น อาจทำให้ช่วงพื้นที่ดังกล่าวและพื้นที่ตอนล่าง เสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์น้ำหลาก แต่เมื่อพิจารณาควบคู่กับแผนที่การใช้

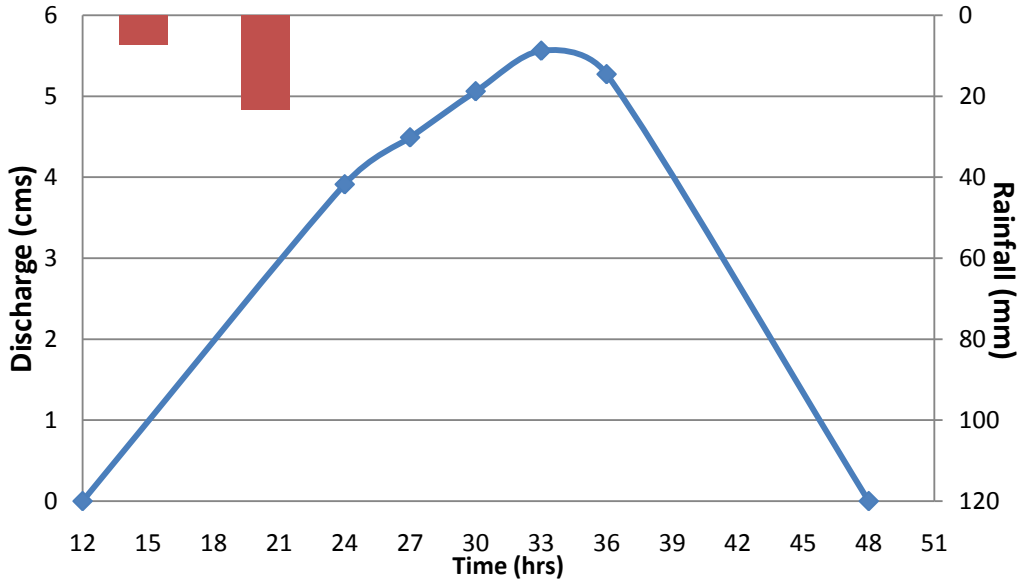
ประโยชน์ที่ดิน พบว่าพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในเขตป่าอนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ห้ามสำหรับประชาชนเข้าอยู่อาศัยหรือทำเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าว อาจจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำหลากในระดับปานกลาง แต่พื้นที่ซึ่งคาดว่าจะมีความเสี่ยงต่อเหตุการณ์น้ำหลากมากที่สุด ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง ได้แก่พื้นที่ใต้ช่วงความสูง 240 – 160 เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก Main Stream profile จะเห็นได้ว่าในช่วงความสูงดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันสูง ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำหลาก อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ใต้ช่วงความสูง 240 – 160 เมตร มากกว่า เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้นอกจากจะเป็นพื้นที่ราบแล้ว พื้นที่ดังกล่าวยังเป็นพื้นที่ชุมชน มีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่นและเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำหลาก พื้นที่บริเวณดังกล่าว มีโอกาสเกิดความเสียหายทางทรัพย์สินและเป็นอันตรายต่อประชาชนที่อยู่อาศัย ได้มากกว่าในพื้นที่ซึ่งอยู่ในเขตป่าอนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ห้ามสำหรับประชาชนเข้าอาศัยและทำกิจกรรมทางการเกษตร



ภาพที่ 4-30 Stream profile ของลำธารห้วยกุยมั่ง

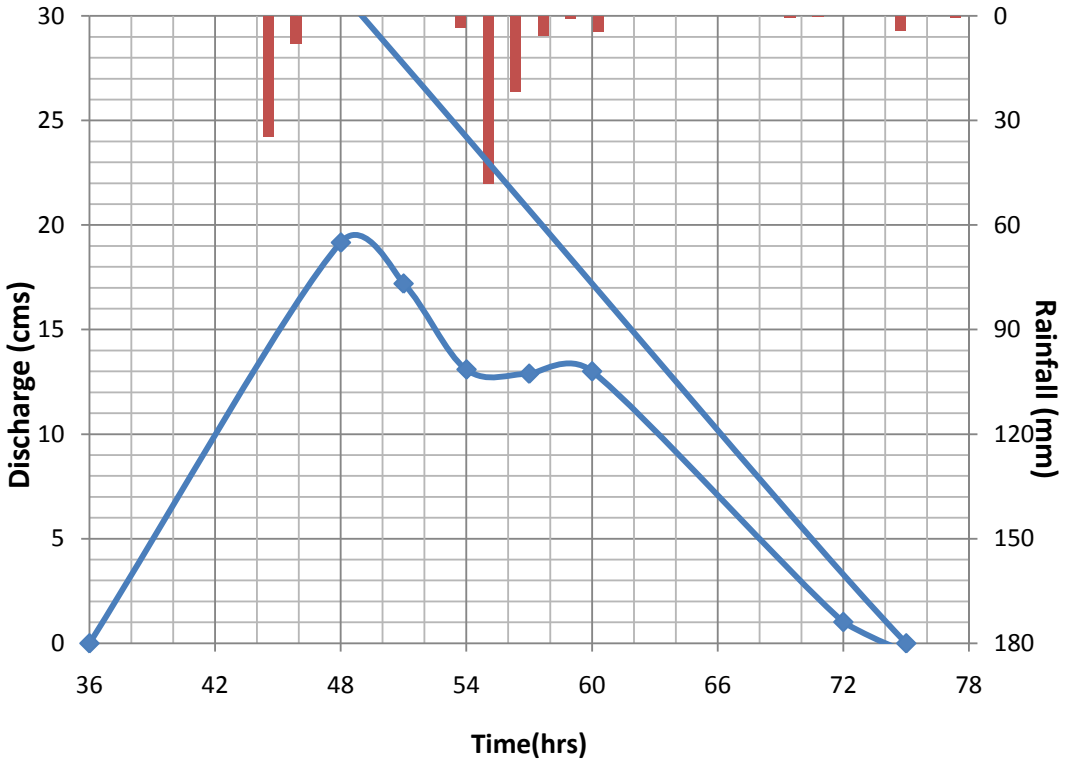
2.2) กราฟน้ำท่า

2.2.1) กราฟน้ำท่าที่ได้จากพายุฝนหนึ่งฝน ซึ่งมีปริมาณฝนเท่ากับ 30.6 มิลลิเมตร ให้อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 5.06 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ระยะเวลาจากจุดศูนย์กลางพายุฝนจนถึงจุดสูงสุดของการไหลของน้ำท่า (Lag time) พบว่ามีระยะเวลาเท่ากับ 15ชั่วโมง และระยะเวลาจากจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด จนกระทั่งอัตราการไหลของน้ำท่าลดลงต่ำสุด (Recession Time) มีค่าเท่ากับ 15 ชั่วโมง (ภาพที่ 4-31)



ภาพที่ 4-31 กราฟน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน

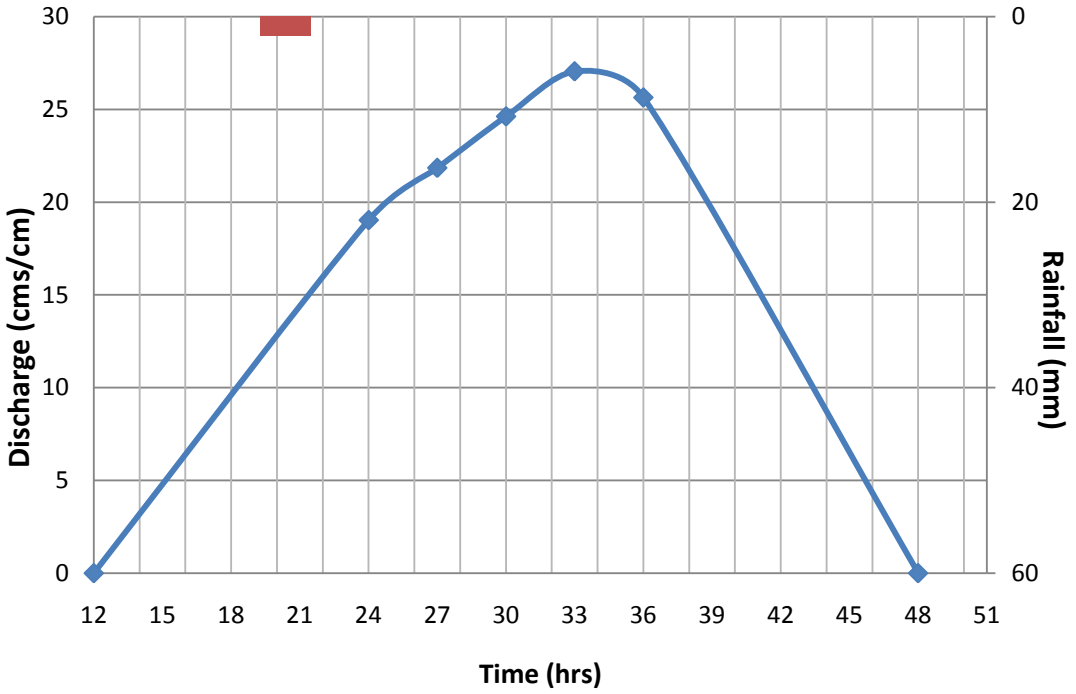
2.2.2) กราฟน้ำท่าที่ได้จากพายุฝนหลายพายุฝนซึ่งมีปริมาณฝนเท่ากับ 131.6 มิลลิเมตร ให้อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 19.17 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ระยะเวลาจากจุดศูนย์กลางพายุฝนจนถึงจุดสูงสุดของการไหลของน้ำท่า (Lag time) พบว่ามีระยะเวลาเท่ากับ 5 ชั่วโมง และระยะเวลาจากจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด จนกระทั่งอัตราการไหลของน้ำท่าลดลงต่ำสุด (Recession Time) มีค่าเท่ากับ 27 ชั่วโมง (ภาพที่ 4-32)



ภาพที่ 4-32 กราฟน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน

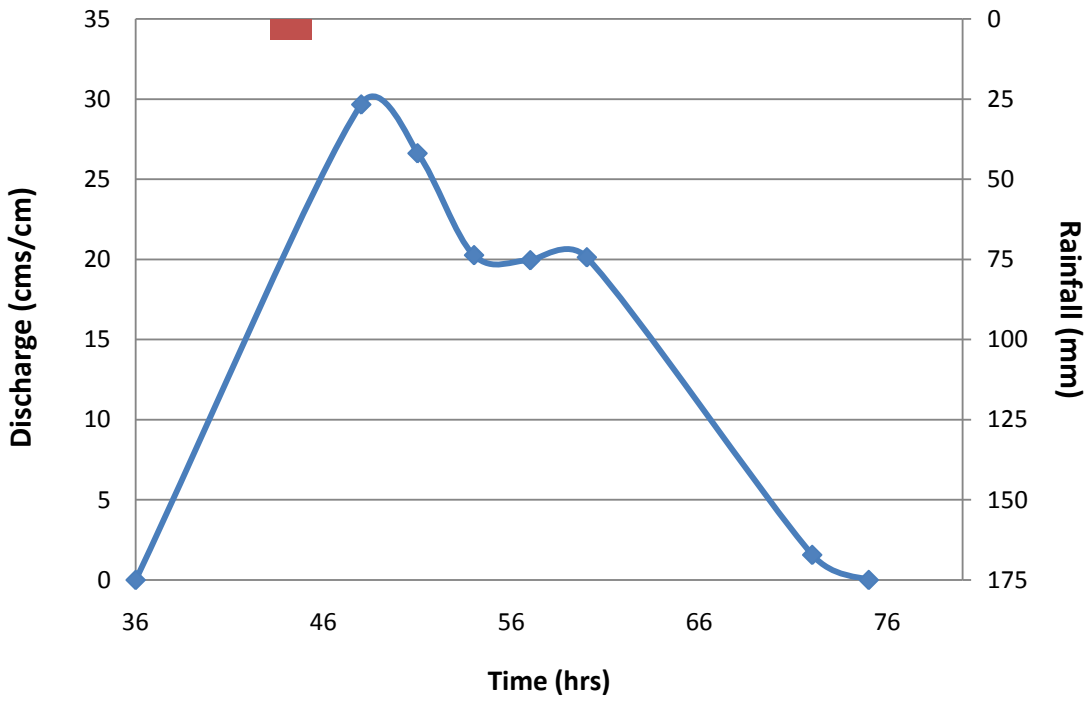
2.3) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

2.3.1) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน ซึ่งมีปริมาณฝนสุทธิเท่ากับ 2.056 มิลลิเมตร ให้อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 27.048 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เซนติเมตร (ภาพที่ 4-33)



ภาพที่ 4-33 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน

2.3.2) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน ซึ่งมีปริมาณฝนสุทธิเท่ากับ 6.46 มิลลิเมตร ให้อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 29.66 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เซนติเมตร (ภาพที่ 4-34)



ภาพที่ 4-34 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง เปรียบเทียบกันระหว่างกราฟน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน และกราฟน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน พบว่ากราฟน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน มีระยะเวลาจากจุดศูนย์กลางพายุฝนจนถึงจุดสูงสุดของการไหลของน้ำท่า (Lag time) ยาวนานกว่ากราฟน้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน 10 ชั่วโมง ซึ่งตรงข้ามกับระยะเวลาจากจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด จนกระทั่งอัตราการไหลของน้ำท่าลดลงต่ำสุด (Recession Time) โดยกราฟน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน จะมีช่วงเวลาดังกล่าวสั้นกว่า 12 ชั่วโมงและเมื่อพิจารณาอัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่เกิดขึ้นพบว่า อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) จากฝนหลายพายุฝนสูงกว่าอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากฝนหนึ่งฝน เท่ากับ 14.11 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

ผลการศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า พบว่าปริมาณฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่าและอัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) จากฝนหลายพายุฝนสูงกว่าอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากฝนหนึ่งฝน เช่นเดียวกันโดยสูงกว่าเท่ากับ 4.40 มิลลิเมตรและ 2.61 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เซนติเมตร ตามลำดับ

2.4) การศึกษาภาพตัดขวางลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด เพื่อคำนวณเปรียบเทียบความสูงระดับน้ำ ความเร็วและปริมาณน้ำของสถานี K60 และบริเวณพุน้ำร้อนหินดาด

ลักษณะทางกายภาพบริเวณตลิ่งทั้งสองข้างของลำธารห้วยกุยมั่ง ประกอบไปด้วย ตลิ่งฝั่งขวาเป็นฝั่งที่ตั้งของบ่ออาบแช่น้ำพุร้อน ส่วนบริเวณตลิ่งฝั่งซ้าย มีการก่อสร้างบริเวณตลิ่งให้เป็นพื้นมีลักษณะลาดเอียงลงมายังลำธาร ในลำธารมีหินตะกอนขนาดใหญ่ตั้งอยู่ชิดกับบริเวณตลิ่งฝั่งซ้าย พื้นท้องน้ำของลำธารนั้น มีลักษณะเป็นพื้นหินขรุขระ

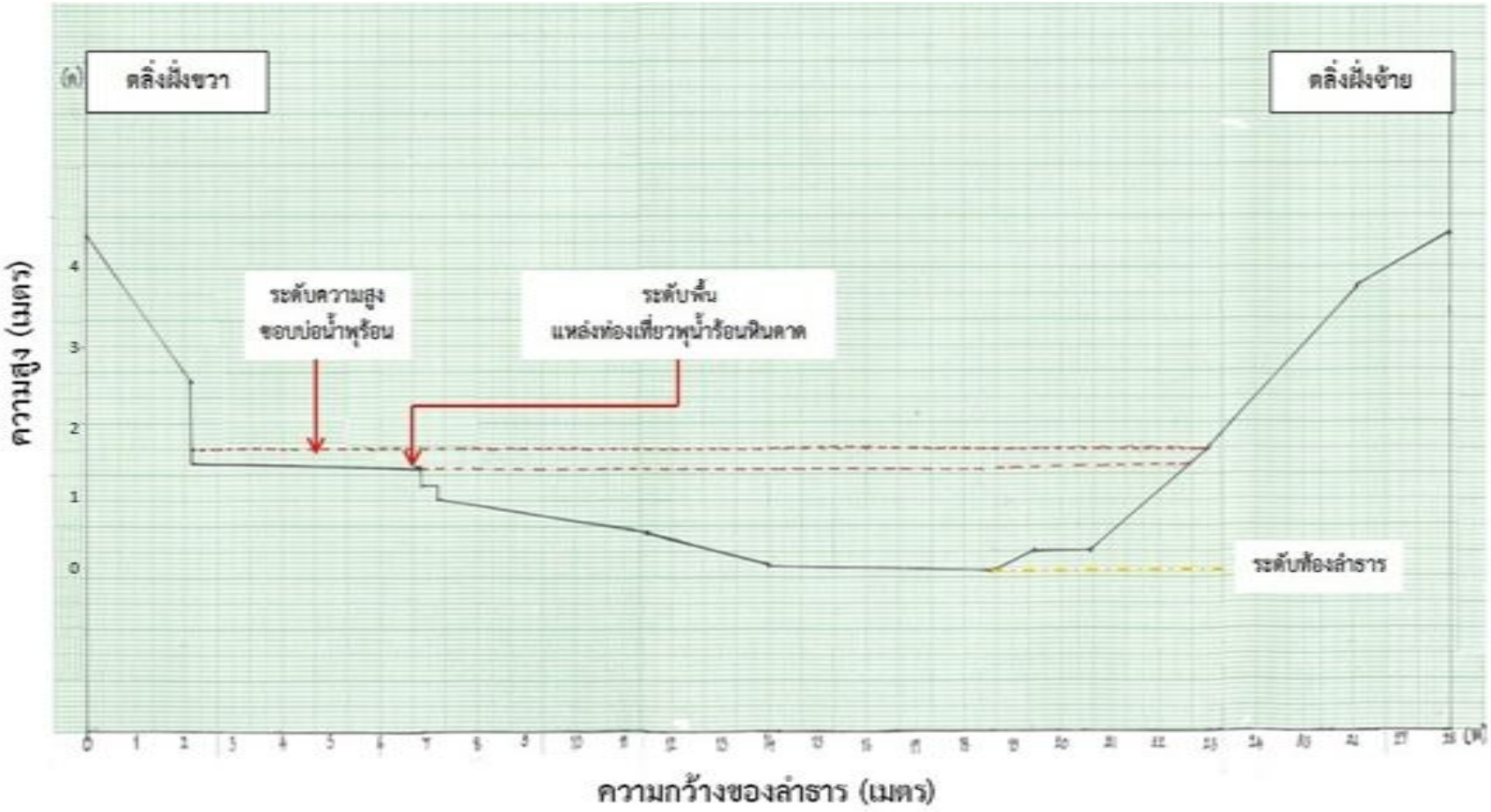
ส่วนภาพตัดขวางลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด ดังแสดงในภาพที่ 4-35 นั้น ทำการตรวจวัดบริเวณใต้สะพานทางเข้าของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด โดยทำการวัด 2 จุด ได้แก่ ตั้งแต่จุดต่ำจุดของลำธารจนถึงระดับน้ำเทียบเท่าความสูงพื้นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาดและตั้งแต่ระดับท้องลำธารจนถึงระดับน้ำเทียบเท่าความสูงของขอบบ่อน้ำพุร้อน จากการวัดพบว่า ความสูงตั้งแต่จุดต่ำสุดของลำธารจนถึงระดับน้ำเทียบเท่าความสูงพื้นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด มีความสูงเท่ากับ 1.27 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณพื้นที่หน้าตัด ได้เท่ากับ 13.29 ตารางเมตร และความสูงตั้งแต่ระดับท้องลำธารจนถึงระดับน้ำเทียบเท่าความสูงของขอบบ่อน้ำพุร้อน มีความสูงเท่ากับ 1.40 เมตร และสามารถคำนวณพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 16.70 ตารางเมตร

เมื่อนำความสูงของระดับน้ำและพื้นที่หน้าตัด ไปทำการคำนวณย้อนกลับ เพื่อให้ได้อัตราการไหลของน้ำ และจัดทำ Rating curve ลำธารห้วยกุยมั่ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4-36 ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล ดังนี้

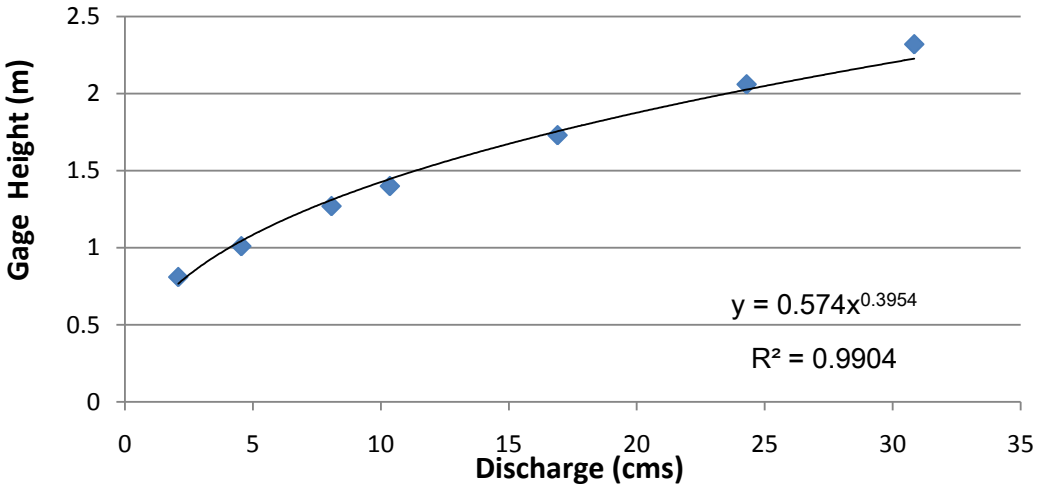
$$Y = 0.574X^{0.3954}$$

โดยที่ Y = ระดับน้ำ (เมตร)

X = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)



ภาพที่ 4-35 ภาพตัดขวางลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด



ภาพที่ 4-36 Rating curve ของลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด

จาก Rating curve พบว่าอัตราการไหลที่พื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 13.29 ตารางเมตร มีความสูงของระดับน้ำเท่ากับ 1.27 เมตร (ความสูงน้ำจากลำธารถึงระดับพื้นแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด) มีค่าเท่ากับ 8.07 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และอัตราการไหลที่พื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 16.70 ตารางเมตร มีความสูงของระดับน้ำเท่ากับ 1.40 เมตร (ความสูงน้ำจากลำธารถึงระดับขอบบ่อน้ำพุร้อน) มีค่าเท่ากับ 10.35 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

เมื่อนำอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากกราฟน้ำท่า ในข้อที่ 2.2) มาคำนวณระดับน้ำของลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด พบว่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า ที่เกิดจากฝนหนึ่งพายุฝน (5.06 ลูกบาศก์เมตร/วินาที) ทำให้น้ำในลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด มีระดับน้ำสูงเท่ากับ 1.09 เมตร ส่วนอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า ที่เกิดจากฝนหลายพายุฝน (19.17 ลูกบาศก์เมตร/วินาที) ทำให้น้ำในลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด มีระดับน้ำสูงเท่ากับ 1.85 เมตร

จากภาพตัดขวางและ Rating curve ของลำธารห้วยกุยมั่ง บริเวณด้านข้างพุน้ำร้อนหินดาด สามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลสูงสุดที่จะทำให้น้ำจากลำธารห้วยกุยมั่งเริ่มท่วมเข้าสู่บ่ออาบแช่มีค่าเท่ากับ 10.35 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ซึ่งทำให้ระดับน้ำของลำธารห้วยกุยมั่งสูงเท่ากับ 1.40 เมตร และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ที่ได้จากกราฟน้ำท่าพบว่า อัตราการไหลสูงสุดสูงสุด (Peak flow) จากฝนหลายพายุฝน ส่งผลทำให้น้ำในลำธารห้วยกุยมั่ง ท่วมเข้าบ่ออาบแช่ได้ โดยมีระดับน้ำสูงกว่าระดับขอบบ่อเท่ากับ 45 เซนติเมตร แต่เมื่อพิจารณาเทียบกับอัตราการไหลสูงสุดสูงสุด (Peak flow) จากฝนหนึ่งพายุฝน พบว่าอัตราการไหลดังกล่าว ไม่ส่งผลให้น้ำจากลำธารห้วยกุยมั่ง ไหลเข้าท่วมบ่อน้ำพุร้อน

ผลกระทบจากการเกิดอุทกภัย (น้ำหลาก) ต่อแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด

1. นักท่องเที่ยวอาจเกิดอันตรายจากน้ำหลาก เนื่องจากแหล่งท่องเที่ยวหินดาด มีชั่วโมงให้บริการตั้งแต่ 6.00-22.00 น. แต่อย่างไรก็ตามในช่วงที่มีการเปิดบริการ จะมีเจ้าหน้าที่ดูแลอยู่ตลอดเวลา

2. หากน้ำหลากทำให้ระดับน้ำในลำธารสูงกว่าขอบบ่อ จะทำให้ตะกอนที่มากับน้ำ เข้าสู่บ่อแช่น้ำร้อน ทำให้ต้องมีการล้างบ่อภายหลังจากที่ระดับน้ำลดลงแล้ว

3. ในช่วงที่มีน้ำหลาก (ช่วงเฝ้าระวัง, เกิดเหตุ และล้างบ่อ/ตรวจสอบระบบต่างๆ) ทำให้ต้องมีการปิดให้บริการแหล่งท่องเที่ยว ทำให้ อบต. สูญเสียรายได้ (รายได้จากการให้บริการแหล่งพุน้ำร้อนหินดาด จัดเป็นรายได้หลักอย่างหนึ่งของ อบต.) นอกจากนี้ร้านค้าที่อยู่ในแหล่งท่องเที่ยวมีรายได้ลดลงในช่วงเวลาดังกล่าว

4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำพุร้อนและโคลนพุน้ำร้อนของแหล่งห้วยน้ำนัก

4.3.1 ลักษณะธรณีวิทยาของแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก

จากการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม (รูปที่4 -37 และ 4-38) พบว่า พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย หินปูน (Limestone) หินทราย (Sandstone) หินโคลน (Mudstone) ซึ่งเป็นหินดั้งเดิมของพื้นที่ (Country rock) พบซากดึกดำบรรพ์ คดข้าวสาร (Fusulinids) ในหินปูน ซึ่งเป็นดัชนีซากดึกดำบรรพ์ (Index Fossil) ที่บ่งบอกว่าเป็นหินปูนอยู่ในยุคเพอร์เมียน (Permian) ด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา (ดอยเกี๊ยะ) เป็นภูเขาของหินแกรนิต (รูปที่ 4-39) คาดว่าเกิดการแทรกดันขึ้นมาในยุคไทรแอสซิก (Triassic) ความร้อนของการแทรกดันขึ้นมาของหินแกรนิต (Granite intrusion) ทำให้เกิดการแปรสภาพแบบสัมผัสกับหินท้องที่ (Contact metamorphism) หินท้องที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะคดโค้ง (Folding) แต่ไม่ชัดเจน หินในท้องที่เกิดการแปรสภาพไม่สมบูรณ์ เช่น หินทรายแปรสภาพเป็น Slightly metamorphose sandstone หินโคลนแปรสภาพเป็น Slightly shale และหินปูนมีแมกนีเซียมเข้าไปแทนที่แคลเซียมบางส่วนแบบ Solid solution ทำให้เกิดเป็นหินปูนเนื้อโดโลไมต์(Dolomitic limestone) น้ำบาดาลได้ละลายเอาแร่ธาตุจากหินปูนบริเวณพื้นที่รับน้ำ (Recharge area) ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ซึมผ่านรอยแตก รอยแยกของหินแกรนิต เกิดการตกตะกอนแบบทุติยภูมิ (Secondary deposition) เป็นหินทราเวอร์ทีน(Travertine) ซึ่งพบให้เห็นอยู่ที่ปากบ่อน้ำพุร้อนทั้ง 3 บ่อมีความหนาประมาณ 3 เมตรเป็นตะกอนจำพวกคาร์บอเนต แสดงให้เห็นว่า น้ำแร่ร้อนเมื่ออยู่ใต้ดินได้ชะละลายเอาแร่ธาตุของชั้นหินปูนที่อยู่ด้านล่างขึ้นมาตกตะกอนใหม่อีกครั้งบนผิวดิน (รูปที่4-40)

แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก คาดว่ามีแหล่งกำเนิดความร้อนเฉพาะแห่ง เนื่องจากพบภูเขาหินแกรนิตอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งพุ น้ำร้อนตามปกติหินแกรนิตจะมีปริมาณความเข้มของธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญ คือ Potassium , Thorium และ Uranium มากกว่าหินชนิดอื่นๆ แหล่งพลังความร้อนที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดน้ำพุร้อน (Possible heat source) มาจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในหินแกรนิต (Radioactive decay) เพราะว่าไม่พบโครงสร้างรอยเลื่อน (Fault) ที่จะให้กำเนิดความร้อนปรากฏในพื้นที่ศึกษา

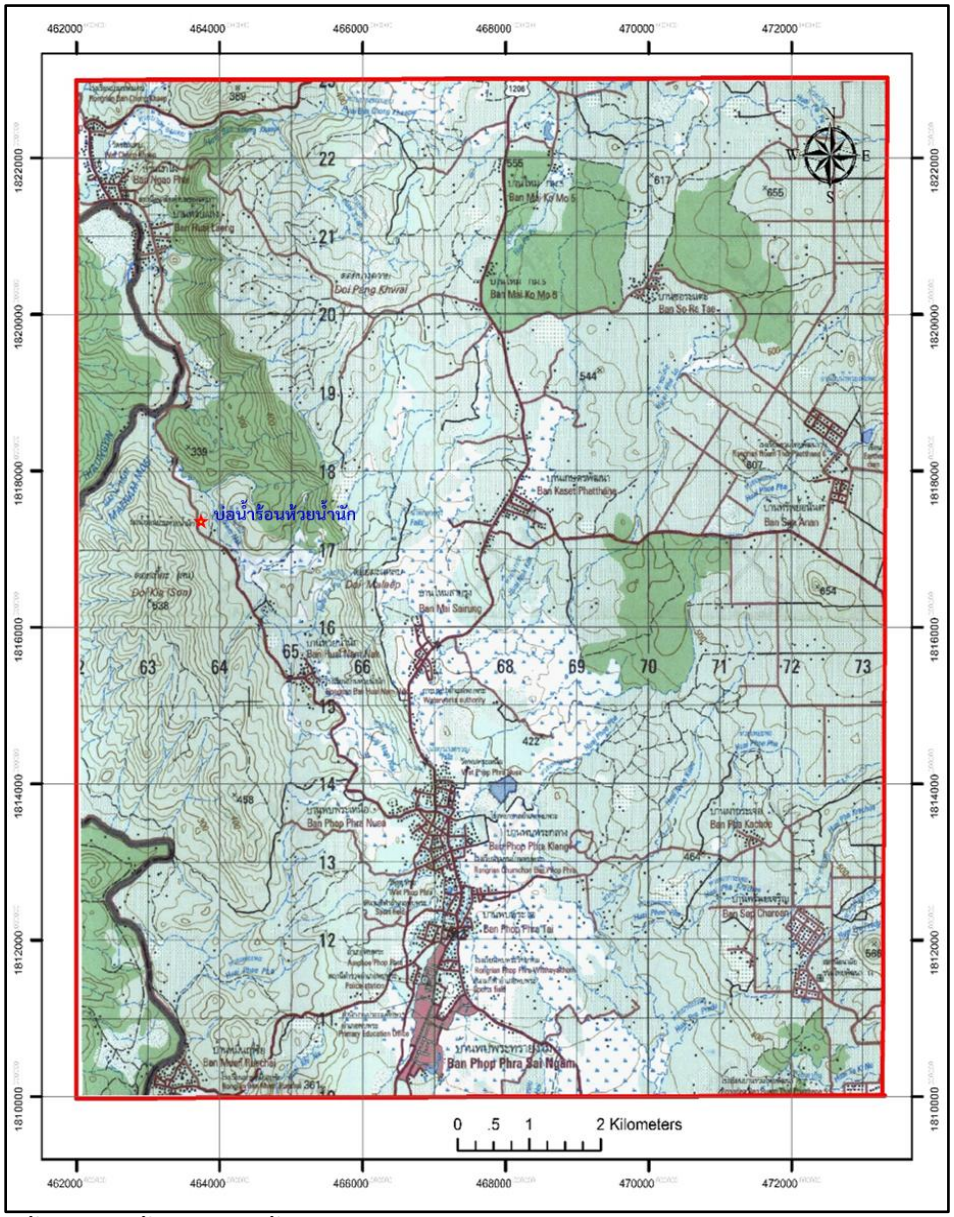
4.3.2 ลักษณะอุทกธรณีวิทยาของแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก

แหล่งกักเก็บน้ำบาดาลหรือชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะและสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยาเป็นสำคัญ การจัดแบ่งหินชุดต่างๆออกเป็นหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

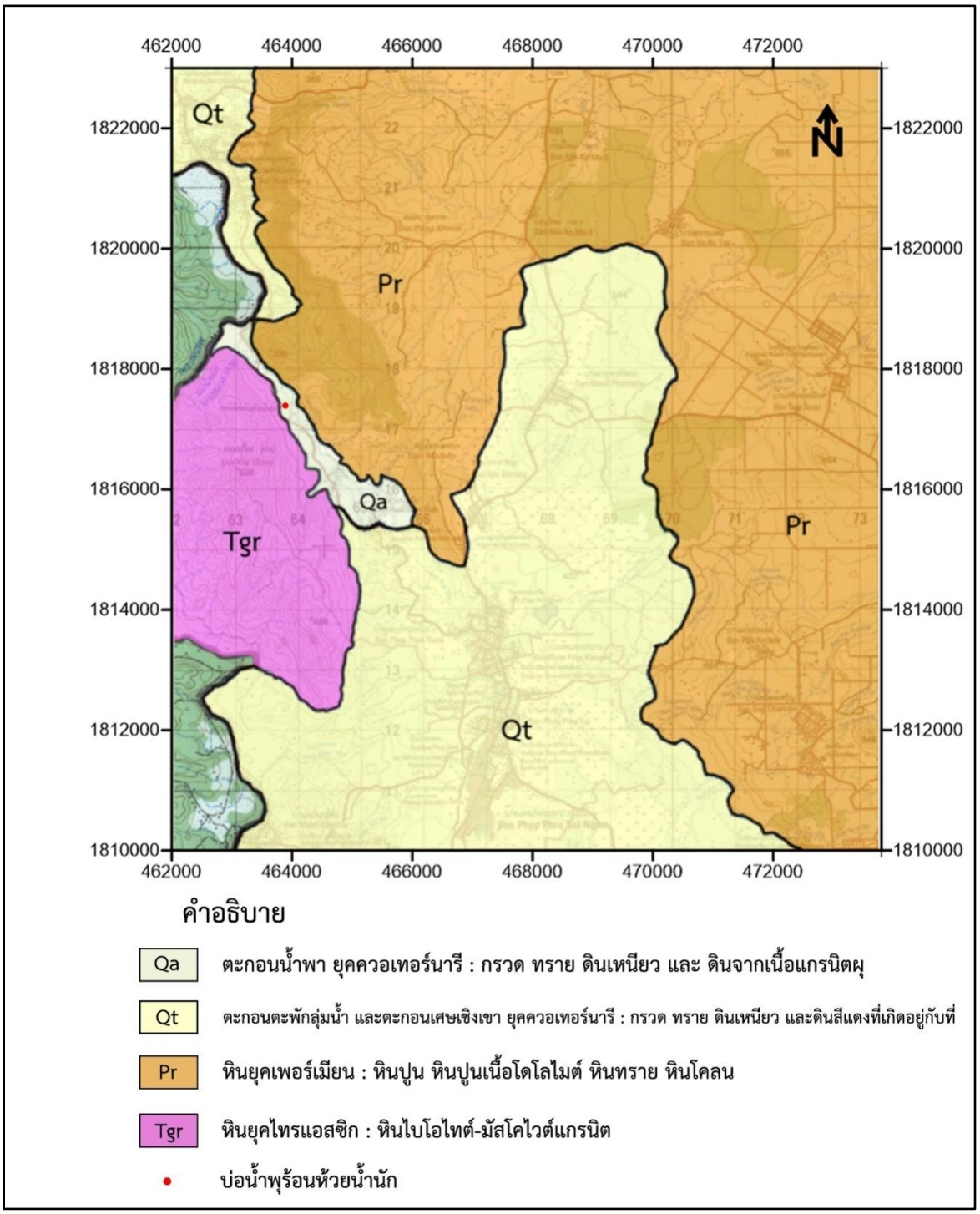
(Hydrogeological units) เพื่อให้ทราบถึงสภาพของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่แหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก โดยอาศัยการรวบรวมข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล สามารถแบ่งชั้นน้ำบาดาลได้เป็น 2 ประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนและแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง

1) แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers)

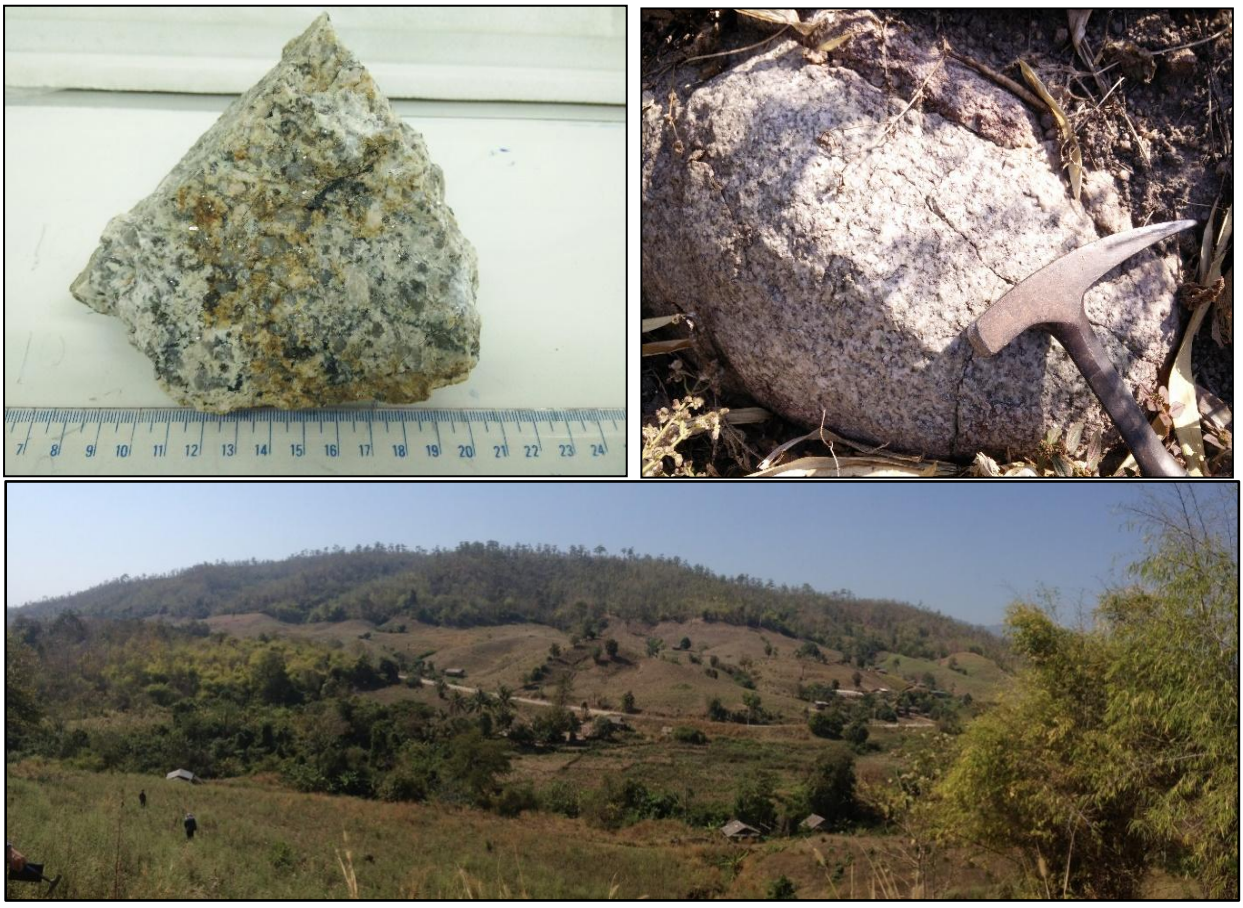
- **ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา (Flood-plain aquifer : Qfd)**เป็นชั้นหินให้น้ำบาดาลที่มีอายุอ่อนสุด อยู่ในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) และวางตัวปิดทับอยู่ด้านบนสุดของบรรดาชั้นหินให้น้ำบาดาลในหินร่วนทั้งหมด ประกอบด้วย ชั้นตะกอนกรวดทรายท้องน้ำที่ค่อนข้างหนา ความลึกของชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-15 เมตร ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 5-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4-37 ที่ตั้งแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก



ภาพที่4-38 แผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2541)



ภาพที่ 4-39 หินแกรนิตผุ (Weathered granite) พบบริเวณภูเขาโค้งมนด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา (ดอยเกี๊ยะ)

ภาพที่ 4-40 หินทราเวอร์ทีน(Travertine) ลักษณะเนื้อหินสีเทาดำ มีรูพรุน พบบริเวณปากบ่อน้ำพุร้อน

- **ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเชิงเขา (Colluvial deposit aquifer : Qcl)** เป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่ประกอบด้วยตะกอนเศษหินที่คัดขนาดไม่ดีสะสมตัวอยู่ในบริเวณลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแบบรอยคลื่น (Rolling hill) ความลึกของชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-15 เมตร ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 5-7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2) แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง(Consolidated Aquifers)

- **ชั้นหินอุ้มน้ำหินคาร์บอเนตยุคเพอร์เมียน(Permian Carbonate aquifer : Pc)**ประกอบด้วยหินปูน หินปูนเนื้อผสมโดโลไมต์ สีเทาเข้ม น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บไว้ภายในรอยแตก รอยแยก หรือในโพรงใต้ดิน คุณภาพน้ำค่อนข้างดีแต่มีความกระด้างสูง ความลึกของชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20-30 เมตร ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 4-8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- **ชั้นหินอุ้มน้ำหินแกรนิต (Granitic Aquifer : Gr)**ประกอบด้วยหินแกรนิต ซึ่งเป็นหินแข็งเนื้อแน่น มีศักยภาพในการให้น้ำบาดาลต่ำ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บไว้ในรอยแตก รอยแยกของหิน และบางส่วนกักเก็บไว้ในบริเวณหินแกรนิตผุ ความลึกของชั้นน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20-40 เมตร ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงแต่ถ้ามีรอยแตกมาก อาจให้น้ำสูงถึง 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.3. 3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

ทีมวิจัยได้เข้าสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม พร้อมเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในแหล่งพุน้ำร้อน2 ช่วงเวลา (ภาพที่ 4-41) คือ ครั้งที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ และ ครั้งที่ 2 เดือนพฤษภาคม 2558 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4-12 ถึง 4-13

ภาพที่ 4-41 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก

4.3.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนครั้งที่ 1 (กุมภาพันธ์ 2558)

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำพุร้อนครั้งที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ 2558 (ตารางที่ 4.1) จำนวน 4 ตัวอย่าง (HN-1 , HN-2, HN-3 และ HN-4) HN-1 คือ บ่อน้ำพุร้อนใหญ่ของแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก HN-2 คือ บ่อน้ำพุร้อนรูปหัวใจ HN-3 คือ บ่อน้ำพุโคลนร้อน และ HN-4 คือบ่อน้ำพุร้อนที่อนุญาตให้เอกชนผลิตน้ำดื่มเครื่องหมายการค้ามองต์เฟลอ โดยพบว่า น้ำบาดาลมีสีใส มีค่าสี (Color) เท่ากับ 0 แพลทินัม-โคบอลต์ ส่วนค่าความขุ่น (Turbidity) อยู่ในช่วง 0.59 ถึง 2.72 เอ็นทียู ส่วนผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเป็นดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบอยู่ในช่วง 7.02 ถึง 7.5 บ่งชี้ถึงน้ำบาดาลมีสมบัติเป็นกลางค่อนไปทางด่าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) พบอยู่ในช่วง 482 ถึง 512 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ส่วนค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids : TDS) อยู่ในช่วง 364 ถึง 368 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับการอุปโภคบริโภค ส่วนค่าความกระด้าง (Hardness) อยู่ในช่วง 349 ถึง 494 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ค่าสภาพด่าง (Alkalinity) มีค่าอยู่ในช่วง 245.43 ถึง 274.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต อยู่ในช่วง 12.18 ถึง 50.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ส่วนค่าไนเตรต พบมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.06 ถึง 16.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ค่าความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต อยู่ในช่วง 265.96 ถึง 315.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเข้มข้นของคลอไรด์พบอยู่ในช่วง 5.64 ถึง 7.52 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันไม่พบปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตสะสมอยู่ในน้ำพุร้อน

ผลการวิเคราะห์โลหะและโลหะหนักจำนวน 10 ธาตุ พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค ส่วนปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคเช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วพบสะสมตัวในบ่อน้ำพุร้อน HN-2 หรือบ่อน้ำพุร้อนรูปหัวใจในปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงบ่อเดียวเท่านั้น ในขณะเดียวกันผลการวิเคราะห์ไม่ปรากฏปริมาณความเข้มข้นของ ทองแดง แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล ปรอท และสารหนู สะสมตัวอยู่ในบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก

4.3.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนครั้งที่ 2 (พฤษภาคม 2558)

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำพุร้อนจากพื้นที่ศึกษาในครั้งที่ 2 เดือนพฤษภาคม 2558 แสดงในตารางที่ 4-12 ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำพุร้อนจำนวน 3 บ่อ ได้แก่ HN-1 HN-2 และ HN-3 โดยพบว่า น้ำบาดาลใสไม่มีสี โดยมีค่าสีเท่ากับ 0 แพลทินัม-โคบอลต์ ส่วนค่าความขุ่นมีค่าอยู่ในช่วง 1.32ถึง 3.05 เอ็นทียู ส่วนผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเป็นดังนี้ ค่าความเป็นกรด -ด่าง พบอยู่ในช่วง 7.17 ถึง 7.70 บ่งชี้ถึงน้ำบาดาลมีสมบัติเป็นกลางค่อนไปทางด่าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ส่วนค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าอยู่ในช่วง 348 ถึง 356 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับการอุปโภคบริโภค ส่วนค่าความกระด้างมีค่าอยู่ในช่วง 243 ถึง 262 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ค่าสภาพด่างมีค่าอยู่ในช่วง 255 ถึง 259 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต อยู่ในช่วง 27.89 ถึง 30.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ส่วนค่าไนเตรต พบมีปริมาณความเข้มข้น 0.04มิลลิกรัมต่อ

ลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ค่าความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต อยู่ในช่วง 301.95 ถึง 312.93 มิลลิกรัมต่อลิตรส่วนความเข้มข้นของคลอไรด์พบอยู่ในช่วง 0.66 ถึง 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม พบปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.59 ถึง 0.61 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม ส่วนผลวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตไม่พบสะสมตัวอยู่ในน้ำพุร้อน

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่1 (กุมภาพันธ์ 2558)

รายการทดสอบ	**ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1**				***เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม**	**เกณฑ์อนุโลมสูงสุด**
	HN1	**HN2**	**HN3**	**HN 4**		
ความเป็นกรดด่าง	7.2	7.01	7.06	7.5	7.0-8.5	6.5 - 9.2
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	52	54.7	55.1	54.2	-	-
สี (แพลทินัม-โคบอลต์)	0	0	0	0	5	15
ความขุ่น (เอ็นทียู)	2.72	2.5	1.58	0.59	5	20
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้(มิลลิกรัมต่อลิตร)	368	364	364	364	ไม่เกิน 600	1,200
ความกระด้าง(มิลลิกรัมต่อลิตร หินปูน)	494	362	348.58	415	ไม่เกิน 300	500
สภาพด่าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	247	245	255	275	-	-
การนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	486	482	486	512	-	-
โซเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	11.62	11.37	11.12	7.58	-	-
โปแตสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.1	4.0	3.8	1.4	-	-
แคลเซียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	30.61	30.61	31.72	30.29	-	-
แมกนีเซียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.665	7.906	7.907	16.76	-	-
ซัลเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	12.67	12.18	12.51	50.97	ไม่เกิน 200	250
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	-	-
ไนเตรต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.13	0.16	16.28	0.06	ไม่เกิน 45	45
คาร์บอเนต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	16.2	14.4	10.8	7.8	-	-
ไบคาร์บอเนต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	266	267	286	316	-	-
คลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.05	5.64	6.58	7.52	ไม่เกิน 250	600
เหล็ก(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.05	0.03	ND	ND	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
แมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
ทองแดง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
สังกะสี(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.04	0.03	0.03	0.05	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
แคดเมียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.01
ตะกั่ว(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	0.01	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.05
โครเมียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	-	-
นิเกิล(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	-	-
ปรอท(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.001
สารหนู(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.05

หมายเหตุ :

1. * คือค่ามาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับผู้บริโภคกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)
2. ND คือ Not Detected
3. HN-1คือบ่อน้ำพุร้อนใหญ่
4. HN-2 คือ บ่อน้ำพุร้อนรูปหัวใจ
5. HN-3 คือ บ่อน้ำพุโคลนร้อน
6. HN-4 คือ บ่อน้ำพุร้อนที่อนุญาตให้เอกชนดำเนินธุรกิจน้ำดื่มมองต์เฟลอ

ตารางที่4-13 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก ครั้งที่ 2 (พฤษภาคม 2558)

รายการทดสอบ	**ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2**			***เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม**	**เกณฑ์อนุโลมสูงสุด**
	HN1	**HN2**	**HN3**		
ความเป็นกรดด่าง	7.70	7.18	7.17	7.0-8.5	6.5 - 9.2
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	51	53.5	54.7	-	-
สี (แพลทินัม-โคบอลต์)	0	0	0	5	15
ความขุ่น (เอ็นทียู)	3.05	3.55	1.32	5	20
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้(มิลลิกรัมต่อลิตร)	354	356	348	ไม่เกิน 600	1,200
ความกระด้าง(มิลลิกรัมต่อลิตร หินปูน)	249.29	261.9	243.47	ไม่เกิน 300	500
สภาพด่าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	255.03	257.05	259.07	-	-
การนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	-	-	-	-	-
โซเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	9.69	13.4	13.07	-	-
โปแตสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.7	5.2	5.1	-	-
แคลเซียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	29.65	30.44	31.6	-	-
แมกนีเซียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	15.4	7.79	7.72	-	-
ซัลเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	30.17	28.73	27.89	ไม่เกิน 200	250
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	-	-
ไนเตรต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.04	ND	ND	ไม่เกิน 45	45
คาร์บอเนต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.00	0	0	-	-
ไบคาร์บอเนต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	301.95	310.49	312.93	-	-
ฟลูออไรด์(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.61	0.6	0.59	0.7	1.0
คลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.1	0.66	1.98	ไม่เกิน 250	600
เหล็ก(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.03	ND	ND	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
แมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
ทองแดง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
สังกะสี(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.328	0.414	0.395	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
แคดเมียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.01
ตะกั่ว(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	0.01	ND	ต้องไม่มีเลย	0.05
โครเมียม(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	-	-
นิเกิล(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	-	-
ปรอท(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	ND	ต้องไม่มีเลย	0.001
สารหนู(มิลลิกรัมต่อลิตร)	ND	ND	0.0001	ต้องไม่มีเลย	0.05

หมายเหตุ :

1. * คือค่ามาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับผู้บริโภคกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)
2. ND คือ Not Detected

ผลการวิเคราะห์โลหะและโลหะหนักจำนวน 10 ธาตุ พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กประมาณ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค ส่วนปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคเช่นเดียวกัน สำหรับปริมาณความเข้มข้นของสารหนู ตรวจพบสะสมตัวในบ่อน้ำพุโคลนร้อน HN-3 ในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร เพียงบ่อเดียวเท่านั้น อย่างไรก็ตามปริมาณสารหนูที่พบไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค และผลการวิเคราะห์ไม่ปรากฏปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี ทองแดง แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และปรอท สะสมตัวอยู่ในบ่อน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก

4.3.3.3 ลักษณะปรากฏทางเคมีของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก

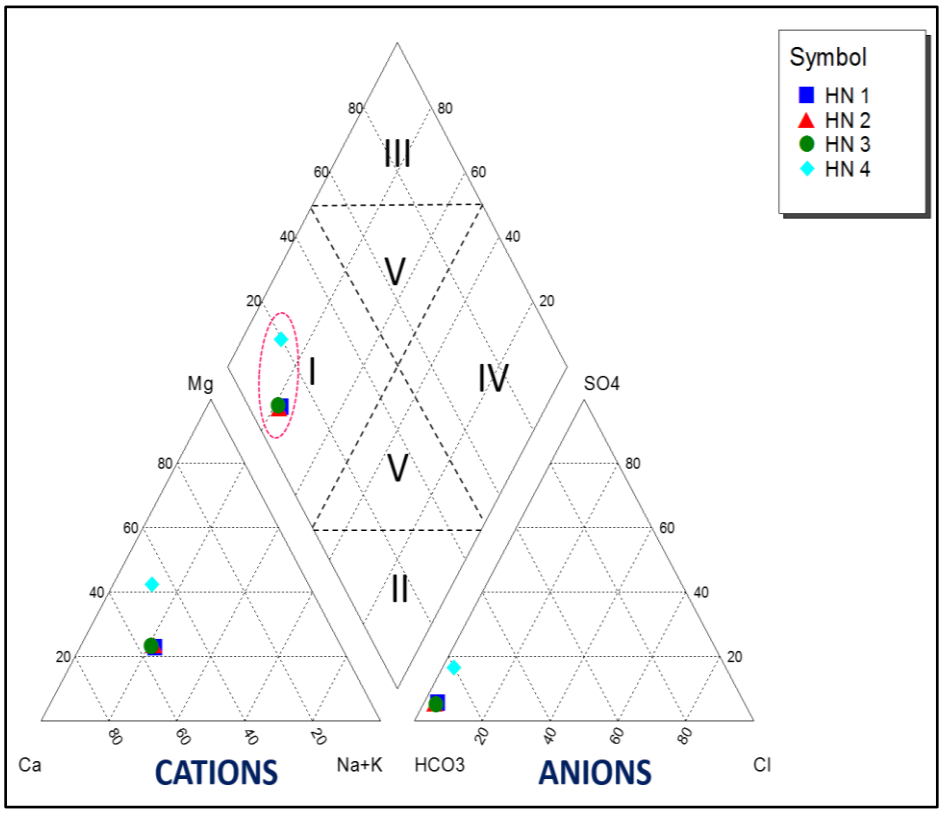
ผลการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏทางเคมีของน้ำพุร้อน (Hydrogeological facies) ซึ่งเก็บในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยอาศัยปริมาณความเข้มข้นของไอออนประจุบวก ได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และ ปริมาณความเข้มข้นของไอออนประจุลบ ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรต คาร์บอเนต และ ไบคาร์บอเนต ในพื้นที่ศึกษา ด้วย Piper trilinear diagram โดยใช้โปรแกรม Aquachem Version 2014 ดังแสดงในตารางที่ 4-14 และภาพที่ 4-39 ถึง 4-40 พบว่า ลักษณะ Water type ของน้ำพุร้อนทั้งหมด คือ Ca-HCO_3 และแสดงลักษณะปรากฏชนิดที่ 1 “Carbonate Hardness Facies” หรือ Hydrochemcial Facies type I (Ca + Mg, HCO_3 + CO_3> 50 %) ซึ่งหมายถึง คุณภาพน้ำใต้ดินของบ่อน้ำพุร้อนทุกบ่อ มีค่าแคลเซียม แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนต และ คาร์บอเนต มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ บ่งชี้ลักษณะของน้ำกระด้างชั่วคราว

ข้อมูลจากจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพุร้อน Water type ชนิด Ca-HCO_3 และลักษณะปรากฏชนิดที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าน้ำพุร้อนมีลักษณะกระด้างชั่วคราว สามารถบ่งชี้ได้ว่า น้ำพุร้อนห้วยน้ำนักเป็นน้ำพุร้อนชนิดคาร์บอเนต การนำน้ำพุร้อนไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคจะต้องผ่านกระบวนการบำบัดเพื่อลดความกระด้างลงก่อน แล้วค่อยนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์

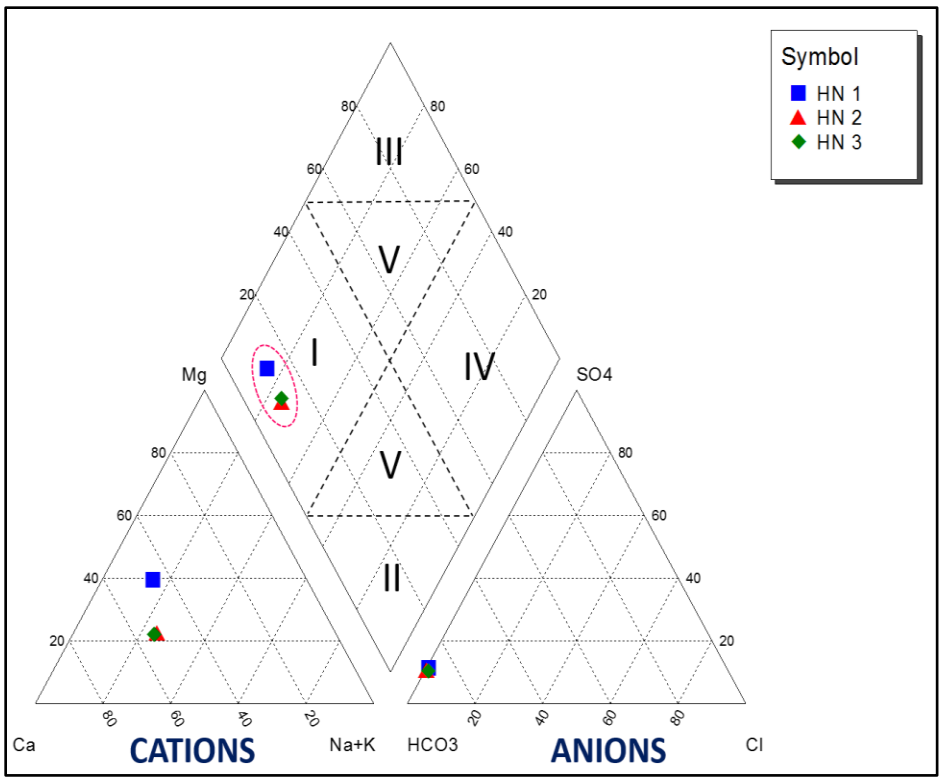
จากการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำพุร้อน พบว่ามีการปนเปื้อนของตะกั่ว แต่มีปริมาณน้อยไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตามควรมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำพุร้อนในแต่ละช่วงฤดูกาล เพื่อติดตาม และเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำพุร้อน ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ต่อไป

ตารางที่ 4-14: Water type ของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

บ่อน้ำพุร้อน	Water Type	
	ครั้งที่ 1 (กุมภาพันธ์ 2558)	ครั้งที่ 2 (พฤษภาคม 2558)
HN-1	Ca-HCO_3	Ca-Mg-HCO_3
HN-2	Ca-HCO_3	Ca-HCO_3
HN-3	Ca-HCO_3	Ca-HCO_3
HN-4	Ca-Mg-HCO_3-SO_4	-



ภาพที่ 4-42 ลักษณะปรากฏทางเคมีของของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักเดือนกุมภาพันธ์ 2558



ภาพที่ 4-43 ลักษณะปรากฏทางเคมีของของน้ำพุร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักเดือนพฤษภาคม 2558

4.3.4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุ น้ำร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

ทีมวิจัยได้เข้าสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม พร้อมเก็บตัวอย่างโคลนพุ น้ำร้อน 2 ช่วงเวลา (ภาพที่ 4-44 ถึง 4-45) คือ ครั้งที่ 1 เดือนกันยายน 2557 และ ครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2558 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อน ห้วยน้ำนัก ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4-15 ถึง 4-16

4.3.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อน ครั้งที่ 1 (กันยายน 2557)

ทีมวิจัยสำรวจภาคสนามในเดือนกันยายน 2557 เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของแหล่งพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก พร้อมเก็บตัวอย่างโคลนพุน้ำร้อนมาวิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

ผลการสำรวจลักษณะภูมิประเทศพบว่า พื้นที่บริเวณโคลนพุ น้ำร้อน อยู่บริเวณเนินเขา มีบ่อน้ำพุร้อ น ขนาดเล็กอุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส ไหลล้นลงมาทางเนินลำธารโคลนพุ น้ำร้อน ต่อเนื่องตลอดเวลา มีตะกอนโคลนตกสะสมตัวหนาอยู่ด้านล่างลำธารที่มีน้ำขังอยู่ลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร ลักษณะของตะกอนโคลน เป็นตะกอนดินละเอียดสีเหลืองอมน้ำตาล มีลักษณะคล้ายโคลนร้อน และ มีคราบสีเหลืองขุ่นเกาะตัวกันเป็นฟิ้นหนาบริเวณผิวน้ำของลำธารที่น้ำพุร้อนไหลผ่าน เมื่อทำการหยดกรด ซัลฟูริก ความเข้ม 10 % ลงบนคราบตะกอนสีเหลืองพบว่าทำปฏิกิริยาฟู่กรดมาก แสดงถึงมีแร่แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก และดินที่สะสมตัวบริเวณนี้ค่อนข้างยวบอ่อน

ภาพที่ 4-44 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างโคลนพุน้ำร้อน จากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 1 (กันยายน 2557)

ผลการวิเคราะห์ดินบริเวณริมลำธารโคลนพุ น้ำร้อน (ตารางที่ 4-15) พบว่า เป็นดินทรายแป้งปนดินทรายและดินเหนียว (Sandy Silt with clay : ML) มีสีเหลืองอมน้ำตาล มีเศษหิน รากไม้ และอินทรียวัตถุปะปนอยู่มาก มีค่าปริมาณความชื้นประมาณ 110 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 7.98 ดินแสดงลักษณะเป็นด่างปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ประมาณ 1.10 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งจัดว่าไม่เค็มไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช มีค่าอินทรียวัตถุประมาณ 4.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชสูง และ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก อยู่ประมาณ 4.73 เซ็นติโมลต่อกิโลกรัม และมีค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างประมาณ 529 เปอร์เซ็นต์ โดย ดินมีร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสสูงจะทำให้เบสิกแคตไอออน (Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}) ถูกแทนที่โดยแคตไอออนอื่นๆได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่ามีค่าประมาณ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดและปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดพบมีค่าประมาณ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไม่พบปริมาณของฟอสฟอรัสในดิน

เมื่อทำการประเมินความอุดสมบูรณ์ของดินจากผลการวิเคราะห์ดิน โดยพิจารณาสมบัติทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความอิ่มตัวด้วยเบสหรือปริมาณธาตุที่เป็นด่างที่ดินดูดยึดไว้ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ผลการประเมินพบว่า ดินโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักมีระดับความสมบูรณ์อยู่ในช่วงปานกลาง

ตารางที่ 4-15 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบริเวณน้ำพุร้อนครั้งที่ 1 เดือน กันยายน 2557

รายการทดสอบ		**ผลการวิเคราะห์โคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก**
คุณสมบัติทางกายภาพ		
ขนาดคละของเม็ดดิน	Gravel (%)	1.09
	Sand (%)	30.04
	Silt (%)	48.68
	Clay (%)	20.19
ปริมาณความชื้นในดิน ((%))		
คุณสมบัติทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง		7.98
อินทรียวัตถุในดิน (%)		4.13
การนำไฟฟ้า(มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)		1.10
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)		4.73
ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		52.5
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		55.0
ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		4713
ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		129.8
ปริมาณโซเดียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		27.0
ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		7.25
ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		82.2
ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		20.3
ร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%)		529.4
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)		0.10
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)		0.00
ปริมาณโปแตสเซียมทั้งหมด (%)		0.01
ปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมด (%)		0.01

4.3.4.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อน ครั้งที่ 2 (กุมภาพันธ์ 2558)

ทีมวิจัยทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด รอบๆ โคลนพุ น้ำร้อน (ภาพที่ 4-45) ในครั้งที่ 2 เดือน กุมภาพันธ์ 2558 โดยจุดที่ 1 เก็บบริเวณกลางธารโคลนพุน้ำร้อน (S-1) จุดที่ 2 เก็บบริเวณริมธารโคลนพุน้ำร้อน เป็นจุดที่ไหลลงไปสู่บริเวณพื้นที่ต่ำตามร่องน้ำลำธาร (S-2) และ จุดที่ 3 เก็บบริเวณริมธารโคลนพุ น้ำร้อน เป็นจุดที่ดินยวบ มีความหนาแน่นต่ำ มีเศษต้นไม้ใบหญ้าทับถมอยู่ ลักษณะดินมีสีคล้ำ (S-3)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินแสดงในตารางที่ 4-16 พบว่า ขนาดคละของเม็ดดิน มีปริมาณกรวดอยู่ในช่วง 2.03 ถึง 3.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณทรายอยู่ในช่วง 27.11 ถึง 38.96 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณทรายแป้งอยู่ในช่วง 36.88 ถึง 48.95 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณดินเหนียวอยู่ในช่วง 18.68 ถึง 21.90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาการกระจายตัวของเม็ดดินและจำแนกชนิดดินตามระบบ USCS พบว่าเป็น เป็นดินทรายแป้งปนดินทรายและดินเหนียว (Sandy Silt with clay : ML) มีสีเหลืองอมน้ำตาล ส่วนค่าปริมาณความชื้นในดินมีค่าอยู่ในช่วง 90.17 ถึง 239.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินมีค่าอยู่ในช่วง 2.39 ถึง 2.70 กรัมต่อลบ.ซม. ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าอยู่ในช่วง 0.66 ถึง 1.58 กรัมต่อลบ.ซม. และค่าความพรุนของดินมีค่าอยู่ในช่วง 33.0 ถึง 72.5 และแร่องค์ประกอบหลักในดิน คือ แร่แคลไซต์(Calcite) ดังแสดงในภาพที่ 4-45 ถึง 4-47

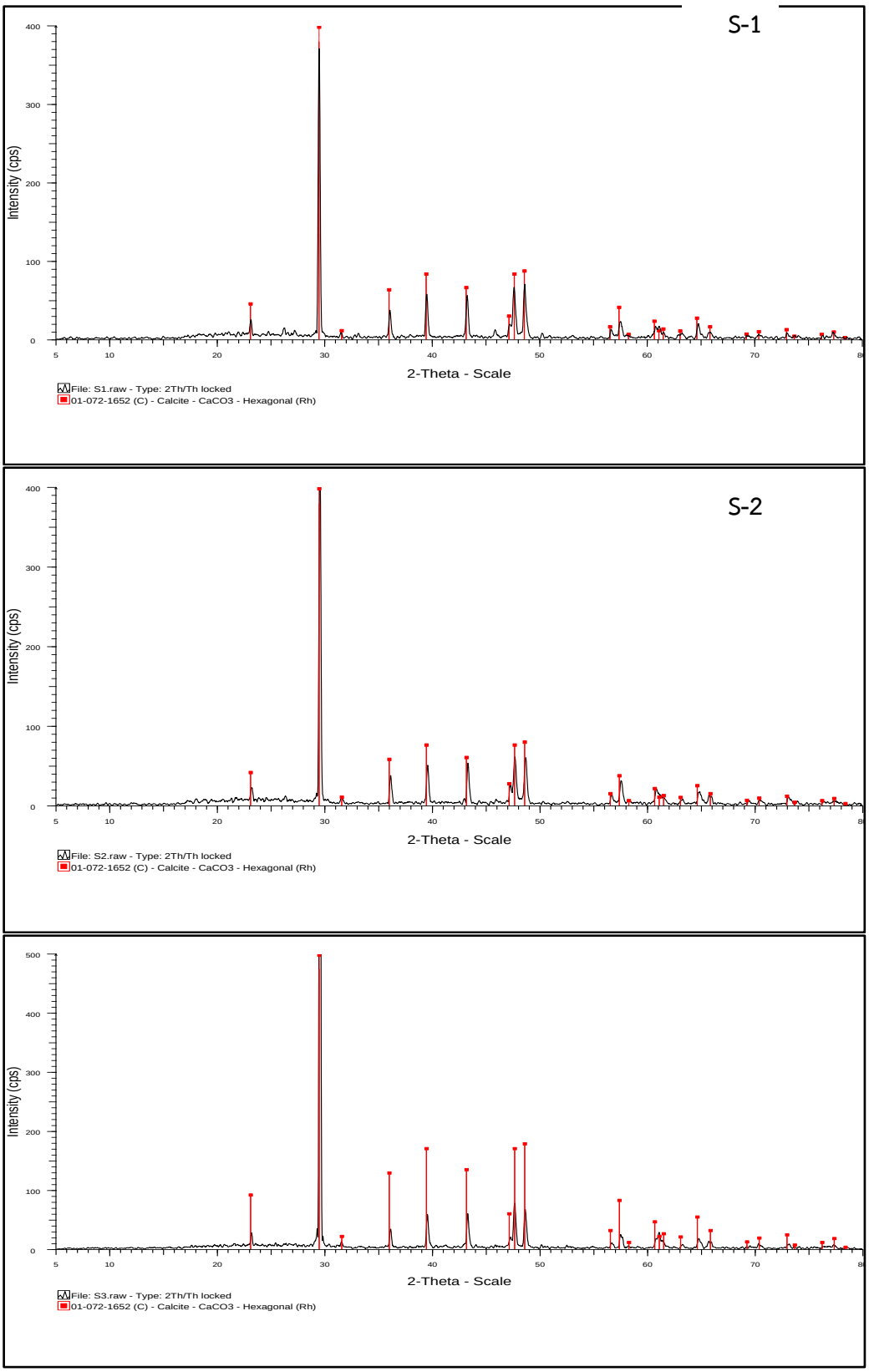
ภาพที่ 4-45 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างโคลนพุน้ำร้อน จากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 2 (กุมภาพันธ์ 2558)

ตารางที่ 4-16ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อน ห้วยน้ำนักครั้งที่ 2

รายการทดสอบ		**ผลการวิเคราะห์ดิน**			**เกณฑ์มาตรฐาน***
		S 1	**S 2**	**S3**	
คุณสมบัติทางกายภาพ					
ขนาดคละของเม็ดดิน	Gravel (%)	2.03	2.87	3.74	-
	Sand (%)	27.11	33.04	38.96	-
	Silt (%)	48.95	45.42	36.88	-
	Clay (%)	21.90	18.68	20.42	-
ปริมาณความชื้นในดิน (%)		137.25	90.17	239.71	-
ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		1.58	1.31	0.66	-
ความหนาแน่นอนุภาค		2.67	2.70	2.39	-
ความพรุนของดิน (%)		40.7	33	72.5	-
แร่องค์ประกอบในดิน		Calcite	Calcite	Calcite	-
คุณสมบัติทางเคมี					
ความเป็นกรด-ด่าง		7.8	8.1	8.4	-
อินทรียวัตถุในดิน (%)		1.56	2.65	9.76	-
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)		1.67	3.15	17.03	-
เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		1,663.14	4,669.96	697.81	-
แมงกานีส(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		110.14	79.44	36.92	< 1,800
ทองแดง(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		14.17	1.23	1.21	-
สังกะสี(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		45.89	4.73	6.73	-
ตะกั่ว(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		2.99	1.34	5.13	< 400
โครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ND	5.65	3.38	< 300
แคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ND	ND	ND	< 37
นิกเกิล(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		0.17	0.61	1.02	< 1,600
สารหนู(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		4.56	18.53	14.24	< 3.9
ปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		4.7	11.58	2.99	< 23

หมายเหตุ ND = Not detected

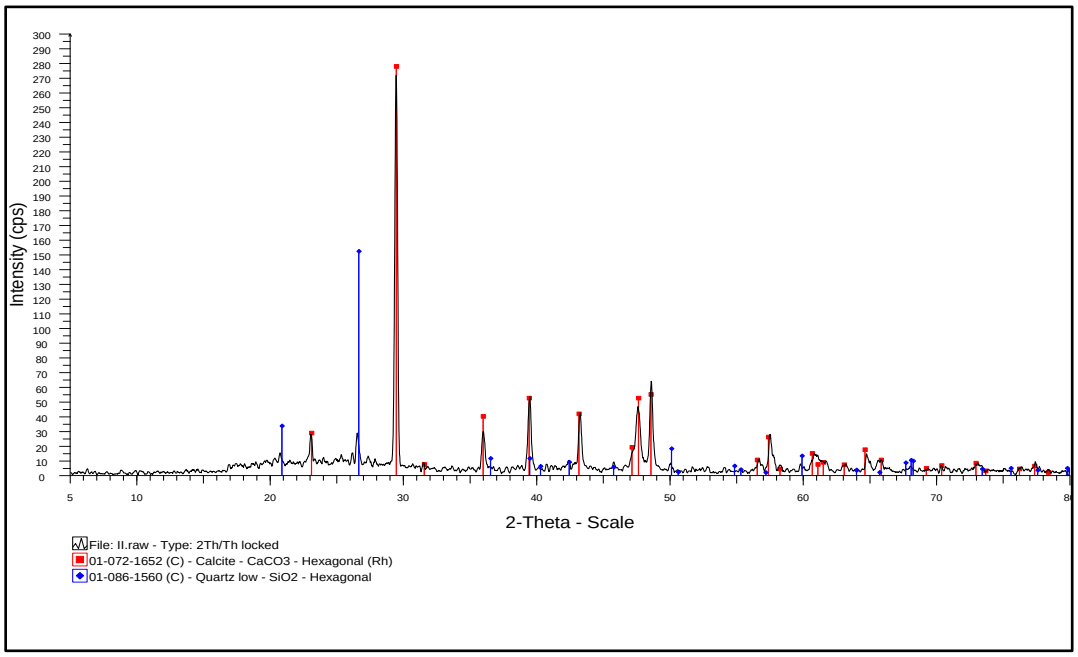
*****มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (พฤศจิกายน, 2547)



ภาพที่ 4-46 ผลการวิเคราะห์แร่ประกอบดินของตัวอย่างดิน S-1 S-2 และ S-3ด้วยเทคนิค XRD

นอกจากนี้ ทีมวิจัยได้ทำการเก็บตะกอนสีน้ำตาลอมเหลืองซึ่งเกาะตัวกันหนาเป็นปื้น ลอยอยู่ที่ผิวน้ำปิดทับธารโคลนพุน้ำร้อน เป็นบริเวณกว้าง (ภาพที่ 4-47) ไปวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิค XRD ผลการวิเคราะห์พบว่า ตะกอนที่ลอยปิดทับผิวน้ำเป็นปื้นนี้ มีแร่แคลไซต์เป็นองค์ประกอบหลัก ดังแสดงใน ภาพที่ 4-48

ภาพที่ 4-47 ตะกอนที่ลอยปิดทับธารโคลนพุน้ำร้อน



ภาพที่ 4-48 ผลการวิเคราะห์ตะกอนที่ลอยปิดทับธารโคลนพุน้ำร้อน ด้วยเทคนิค XRD

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของโคลนพุ น้ำร้อน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน มีค่าอยู่ในช่วง 7.8 ถึง 8.4 แสดงลักษณะด่างปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 1.56 ถึง 9.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบมีค่าสูงมากในดิน S-3 และมีปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินอยู่ในช่วง 1.67 ถึง 17.03 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากในดิน S-1 และ S-2 ส่วนดิน S-3 จัดว่ามีค่าระดับความจะแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะและโลหะหนัก พบว่า เหล็กมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 697 ถึง 4,669 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีสมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 36 ถึง 110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนทองแดงมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.21 ถึง 14.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับสังกะสีมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 4.73 ถึง 45.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่พบปริมาณตะกั่วมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.34 ถึง 5.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณโครเมียมทั้งหมดมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 3.38 ถึง 5.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะเดียวกันไม่พบปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสะสมอยู่ในโคลนพุ น้ำร้อน สำหรับปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิลมีค่าอยู่ในช่วง 0.17 ถึง 1.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสารหนูพบมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 4.56 ถึง 18.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณปรอทมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2.99 ถึง 11.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมตัวของโลหะและโลหะหนักเหล่านี้ที่พบสะสมตัวในพื้นที่ศึกษา กับมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรมของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2547) พบว่าโลหะและโลหะหนักเกือบทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นค่าของสารหนูที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 3.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

อย่างไรก็ตาม ควรมีการตรวจ ติดตามและ เฝ้าระวังสารปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่พุน้ำร้อนห้วยน้ำนักต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์และคุณภาพน้ำแหล่งพุน้ำร้อน

1) ผลการศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำของพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง คือ พุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก และพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี มีอัตราการเกิดน้ำพุร้อนของเท่ากับ 706.75, 294.62 และ 155.52 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งยังพอเพียงสำหรับการให้บริการอาบแช่ และใช้ในการอุปโภคบริโภคในชุมชน

2) การศึกษาติดตามสถานภาพการใช้น้ำ ในพื้นที่ศึกษาจะพิจารณาจากกิจกรรมการใช้น้ำ เมื่อจะคิดเป็นร้อยละของการใช้น้ำพบว่า แหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักมีปริมาณน้ำเหลือใช้จากกิจกรรมสูงสุดถึงร้อยละ 80 ลำดับต่อมาเป็นแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องร้อยละ 47 และแหล่งพุน้ำร้อนหินดาดมีปริมาณน้ำเหลือใช้จากกิจกรรมรวมกับกิจกรรมอาบแช่ร้อยละ 40 ซึ่งกิจกรรมการใช้น้ำอื่นๆประกอบด้วยประปาหมู่บ้าน การอาบแช่ และการใช้น้ำในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนซึ่งศักยภาพด้านปริมาณของน้ำพุร้อนสามารถที่จะนำไป ใช้ประโยชน์ในอนาคตอย่างเหมาะสมต่อไป

3) คุณภาพน้ำพุร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเหมาะสำหรับการนำไปใช้เพื่อการอาบแช่เพื่อสุขภาพและนำไปใช้เพื่อการอุปโภค สำหรับการนำไปใช้เพื่อบริโภค หรือผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ควรมีการปรับปรุงคุณภาพ บางพารามิเตอร์ให้เหมาะสมและตรวจสอบคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มน้ำแร่

4) การนำเสนอผลคุณภาพน้ำโดยใช้พบว่าน้ำพุร้อนทั้งสามแหล่งมีคุณภาพดีจัดอยู่ใน Hydrochemical facies: type I: บ่งบอกลักษณะน้ำเป็นน้ำสะอาดและกระด้างชั่วคราว (temporary hardness and fresh water)

5.1.2 การศึกษาภาวะน้ำหลากห้วยกุยมั่ง

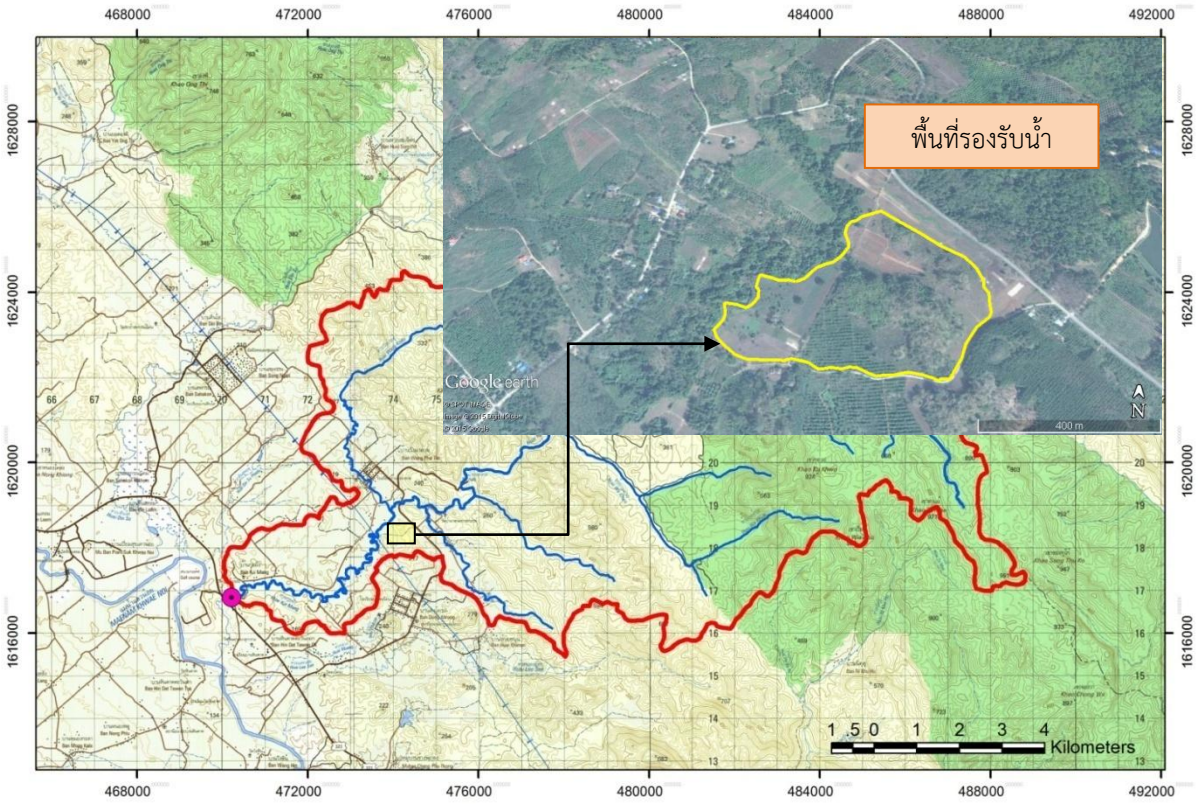
1) ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง มีช่วงฤดูน้ำมาก (Wet period) ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤศจิกายน และช่วงฤดูน้ำน้อย (Dry period) ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์และช่วงวันที่มีฝนตกหนักมาก (>90 มิลลิเมตร) ของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีสาเหตุหลักจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

2) ความเสี่ยงของการเกิดน้ำหลากของแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด พบว่า ช่วงฤดูกาลที่อาจเกิดสภาวะน้ำหลาก คือ ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีลักษณะของพายุฝนที่ตกติดต่อกันหลายวันจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นช่วงเดือนที่มีฝนรายวัน เป็นฝนหนักมากเป็นจำนวนมากที่สุด ทั้งนี้น้ำจะขึ้นสูงจนท่วมหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตก อาจมีความเป็นไปได้ที่ฝนหนึ่งพายุฝน ทำให้เกิดน้ำหลาก ถ้ามีปริมาณฝนมากพอ โดยระยะเวลาตั้งแต่ฝนหยุดตกจนกระทั่ง ปริมาณน้ำขึ้นสูงสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกุยมั่งนั้น ถ้าเป็นน้ำท่าจากฝนหนึ่งพายุฝน มีระยะเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ส่วนน้ำท่าที่เกิดจากฝนเพียงฝนเดียวนั้น มีระยะเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง และเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดแล้ว น้ำท่าจะใช้เวลา

ระบายออกจากพื้นที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งน้ำท่าจากฝนหนึ่งฝน อาจใช้เวลาอย่างน้อย 15 ชั่วโมง แต่น้ำท่าจากฝนหลายพายุฝน อาจใช้เวลาอย่างน้อย 27 ชั่วโมง

5) แนวทางในการลดผลกระทบอันเกิดจากสภาวะน้ำหลาก องค์กรบริหารส่วนตำบลหินดาด รวมถึงประชาชนในพื้นที่ ควรติดตามข่าวสภาพอากาศในช่วงฤดูน้ำมาก โดยเฉพาะช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง ตุลาคม อย่างใกล้ชิดและควรมีการพิจารณาสร้างฝายต้นน้ำ ในบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำห้วยกุยมั่ง เพื่อชะลอความเร็วของน้ำ เพิ่มอัตราการซึมน้ำลงสู่ดิน ก่อนที่จะไหลลงสู่พื้นที่ชุมชนด้านล่างอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปริมาณตะกอนได้อีกด้วย

6) องค์กรบริหารส่วนตำบลหินดาด ควรประสานงานกับ เจ้าของที่ดิน/พื้นที่รกร้าง (พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์) เพื่อจัดหาพื้นที่รับน้ำชั่วคราว ในช่วงเกิดน้ำหลาก ดังตัวอย่างการเลือกพื้นที่รองรับน้ำหลากบริเวณที่ราบก่อนถึงแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด หรือ อบต. อาจ ประสานงานกับกรมอุทยานแห่งชาติ เพื่อขออนุญาตใช้พื้นที่ ภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ ในการรองรับน้ำหลาก



7) องค์กรบริหารส่วนตำบลหินดาด ควรพิจารณาติดตั้งเครื่องสูบน้ำในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวหรือทำประตูระบายน้ำเพิ่มเติม เมื่อเห็นว่าระดับน้ำสูงใกล้ถึงพื้นแหล่งท่องเที่ยว จะสามารถสูบน้ำออกหรือระบายน้ำออกไปนอกพื้นที่ได้เร็วขึ้น

8) เสนอให้อบต.หินดาดและหน่วยงานดูแลด้านภัยพิบัติของจังหวัด ควรมีการวางแผนอพยพนักท่องเที่ยวในห้วยกุยมั่ง (แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนหินดาด) เมื่อมีภัยน้ำหลาก

5.1.3การใช้ประโยชน์จากโคลนพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก

1) ในเชิงปฐพีวิทยา โคลนพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก จัดว่าเป็นดินปกติ ไม่เค็ม มีฤทธิ์เป็นด่าง มีสารอาหารน้อย มีธาตุแคลเซียมสูง จัดว่ามีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในช่วงปานกลางใช้สำหรับเพาะปลูกพืชไร่ทั่วไป

2) ในเชิงธรณีวิทยา ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักที่ประกอบไปด้วยหินตะกอนจำพวกคาร์บอเนตเป็นหลัก (หินปูน หินปูนเนื้อผสมโดโลไมต์ และ หินทราเวอร์ทีน) นั้น เป็นตัวกำหนดคุณภาพของน้ำพุร้อนให้มีคุณสมบัติเป็นน้ำพุร้อนคาร์บอเนต มีแร่แคลไซต์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อแร่แคลไซต์ซึ่งประกอบด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่ละลายในน้ำอิ่มตัว และ ตกตะกอนสะสมตัวในตะกอนดินที่น้ำพุร้อนไหลผ่าน กลายเป็นโคลนพุน้ำร้อนในแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก โคลนร้อนของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักที่มีแร่แคลไซต์เป็นองค์ประกอบหลักในดินตะกอนนี้เอง ที่มีคุณสมบัติช่วยในการเปิดรูขุมขน และช่วยปรับสภาพความสมดุลของผิวไม่ให้เกิดความแห้งกร้าน และลดการระคายเคืองของผิวหนังได้ แต่จากการศึกษาสภาพแวดล้อม คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโคลนพุน้ำร้อนและปริมาณการสะสมตัวของโคลนพุ น้ำร้อน พบว่า มีปริมาณการสะสมตัวน้อย ไม่เพียงพอที่จะนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้ ประกอบกับพบมีสารหนูสะสมตัวอยู่ในดินตะกอนเกินเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้โคลนสปาของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักไม่มีศักยภาพที่จะพัฒนาเพื่อใช้ในเชิงเศรษฐกิจ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

1) แหล่งพุน้ำร้อนต้นแบบภาคตะวันตกของไทยที่ทำการศึกษาทั้ง 3 แหล่ง ควรมีการพัฒนาพื้นที่และวางแผนกิจกรรมการใช้น้ำในพื้นที่ โดยสามารถใช้ผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพต่อไปได้

2) ในส่วนของการวิจัย ควรจัดทำข้อมูล วัน เวลา ระดับน้ำในอดีต ที่เคยเกิดน้ำหลากในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนเพื่อสามารถนำข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลน้ำท่าในวันเวลาดังกล่าว มาศึกษาเพิ่มเติม จัดทำกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและกราฟน้ำท่วม จากข้อมูลดังกล่าว เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นจากเหตุการณ์จริงๆ ว่าอัตราการไหลและปริมาณน้ำฝน ที่ทำให้เกิดน้ำหลากในพื้นที่ มีลักษณะอย่างไร

3) ควรติดตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยาอัตโนมัติเพิ่มเติมในพื้นที่ เพื่อวัดปริมาณฝน โดยอาจจะเก็บข้อมูลฝนเป็นรายชั่วโมง เพื่อที่จะได้ข้อมูลฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่าจริงๆบริเวณนั้น มาศึกษาควบคู่กับข้อมูลน้ำที่ได้จากเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติต่อไป

4) จากลักษณะทางธรณีวิทยาโคลนพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนักกลับมีศักยภาพเพียงพอ สำหรับพัฒนา เป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านธรณีนิเวศน์ในการเกิดโคลนพุ น้ำร้อนที่เกิดจากตะกอนคาร์บอเนต ซึ่งพุ น้ำร้อนในแต่ละแหล่งจะมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน บ้างแหล่งกำเนิดความร้อน เกิดจากหินอัคนีพุ เช่น หินภูเขาไฟ

บ้างก็เกิดจากหินอัคนีแทรกซอน เช่น หินแกรนิต ที่แทรกดันตัวขึ้นมาสัมผัสกับหินท้องถิ่น ซึ่งหินท้องถิ่นที่แตกต่างกันนี้เอง จะทำให้จะทำให้น้ำพุร้อนมีองค์ประกอบทางกายภาพและเคมี แตกต่างกันไป และหินท้องถิ่นในบริเวณนี้ก็คือหินตะกอนคาร์บอเนต จึงทำให้พื้นที่ห้วยน้ำนักเกิดโคลนพุน้ำร้อนคาร์บอเนต ซึ่งไม่ได้พบทั่วไปในแหล่งพุ น้ำร้อนดังนั้นแหล่งเรียนรู้ทางธรณีนิเวศน์ของพุ น้ำร้อนห้วยน้ำนัก ก็เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่น่าสนับสนุนให้เกิดเป็นรูปธรรม เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ให้แก่ โรงเรียน ชุมชน และ ผู้มาเยี่ยมชม โดยจัดทำเป็นเส้นทางการเรียนรู้ธรรมชาติเชื่อมโยงเส้นทางต่างๆในบ่อน้ำพุร้อน 4 บ่อ เข้าด้วยกัน เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การเกิดพุน้ำร้อนและโคลนพุน้ำร้อนในพื้นที่บ้านห้วยน้ำนัก พร้อมกันนี้จัดอบรมยุวมัคคุเทศน์ด้านธรณีนิเวศน์ให้มีความรู้ความรู้ความเข้าใจและสามารถถอดรหัสธรรมชาติโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพที่ไม่ซับซ้อน ตลอดจนจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างให้เกิดจิตอนุรักษ์ในท้องถิ่นที่อาศัยและได้พึ่งพาประโยชน์จากธรรมชาติอย่างยั่งยืนตราบชั่วลูกชั่วหลานสืบไป

5.2.2ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการบริหารจัดการ

1) แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ

ประเด็นหลักที่ อบต. และชุมชนที่มีหน้าที่บริหารจัดการแหล่งพุน้ำร้อนทั้ง 3 แห่ง ที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบในภาคตะวันตก คือ พุน้ำร้อนหินดาด จ.กาญจนบุรี พุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก และพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี ควรดำเนินการ มีดังนี้

1.1) บริหารจัดการเพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนที่ล้นทิ้ง

- เพิ่มการให้บริการอาบแช่แก่นักท่องเที่ยว โดยวางแผน สร้างที่อาบแช่เพิ่มเติมในอนาคต อย่างเหมาะสมกับปริมาณน้ำพุร้อนที่มีและสภาพพื้นที่ เช่น กรณีพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักและพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้อง(ซึ่งมีการให้บริการอาบแช่เฉพาะในห้องอาบแช่) ควร สร้างบ่ออาบแช่แบบสาธารณะ ในที่โล่งโดยต่อท่อลำเลียงน้ำพุร้อนที่เหลือใช้มาให้บริการแก่นักท่องเที่ยว โดยออกแบบให้เหมาะกับภูมิลักษณ์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการใช้น้ำพุร้อนที่เหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังจะช่วยรองรับนักท่องเที่ยวในช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย
- นำน้ำพุร้อนที่เหลือมา ผลิตน้ำดื่มน้ำแร่ในชุมชน เพื่อบริโภคในชุมชนหรือจัดจำหน่าย โดยอาจร่วมมือกับภาคเอกชน
- กรณีที่มีน้ำพุร้อนเหลือทิ้งมาก (เช่นห้วยน้ำนัก เหลือทิ้งถึงประมาณร้อยละ 80) อาจจัดจำหน่ายให้แก่ภาคเอกชน เช่น โรงแรมเพื่อใช้ให้บริการอาบแช่ในห้องพักโดยการต่อท่อส่ง หรือขนส่งโดยรถ เช่นเดียวกับไต้หวัน ที่โรงแรมในไทเป ขนส่งน้ำแร่จากพุน้ำร้อนเจียวซีไปใช้ให้บริการในโรงแรม
- สร้างที่กักเก็บน้ำพุที่เหลือทิ้ง เพื่อเก็บไว้ใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยอาจสร้างบ่อหรือขยายบ่อกำเนิดน้ำพุร้อนในแนวระนาบ หรือสร้างแท็งก์เก็บน้ำ ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

1.2) การนำน้ำพุร้อนไปใช้เป็นประปาหมู่บ้าน ต้องพิจารณาให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับการใช้ในกิจกรรมอื่นๆที่วางแผนไว้

1.3) ควรจัดหาแหล่งน้ำ (นอกเหนือจากน้ำพุร้อน) เพื่อทำประปาหมู่บ้านในอนาคต อาจเป็นแหล่งน้ำผิวดินโดยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสม หรือจัดหาบ่อบาดาลเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนให้คุ้มค่าต่อไป

1.4) ควบคุมดูแลไม่ให้มีแหล่งมลพิษ ที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำพุร้อนได้ และบำบัดน้ำเสีย ขยะ และสิ่งปฏิกูลต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนด้วยวิธีการมาตรฐาน

1.5) ดูแลรักษาคุณภาพน้ำพุร้อน โดยทำ ความสะอาดบ่อกำเนิดน้ำพุร้อนอย่างสม่ำเสมอ (เช่นกรณีแหล่งพุน้ำร้อนหนองหญ้าปล้องควรต้องมีการทำความสะอาดบ่ออย่างน้อย 2 ครั้ง/สัปดาห์) ควบคุมให้ผู้ที่มาใช้บริการอาบแช่น้ำพุร้อนปฏิบัติตามกฎระเบียบ และอบรมเจ้าหน้าที่ให้ทำความสะอาดบ่อกำเนิด บ่ออาบแช่น้ำพุร้อน ห้องอาบแช่ ให้ได้ตามมาตรฐาน

1.6) บำบัดน้ำเสีย ขยะ และสิ่งปฏิกูลต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมในบริเวณแหล่งพุน้ำร้อน ด้วยวิธีการมาตรฐาน

1.7) ควรมีการวางระบบในการ เปิด–ปิด ปั๊มสูบน้ำ และบันทึกข้อมูลการใช้น้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อทราบสถานภาพการใช้น้ำในส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน

1.8) กรณีที่แหล่งพุน้ำร้อนมีลำธารหรือห้วยไหลผ่าน เช่น พุน้ำร้อนหินดาด ควรควบคุมดูแลให้น้ำมีปริมาณและคุณภาพเหมาะสม เพื่อสามารถส่งเสริมการกิจกรรมการท่องเที่ยวได้ดีขึ้น

1.9) หน่วยงานต่างๆและชุมชนควรมีความเข้าใจที่ตรงกันในการใช้ประโยชน์จากน้ำพุร้อนและช่วยกันรักษาทรัพยากรพุน้ำร้อนให้ยั่งยืนต่อไป

2) ภาครัฐควรออกข้อบังคับให้มีการศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ เช่น การสำรวจระบบน้ำพุร้อนใต้พื้นดิน ปริมาณการเกิดน้ำพุร้อน คุณภาพน้ำพุร้อน และสภาพแวดล้อม ของแหล่งพุน้ำร้อนทุกแห่งในประเทศไทย ว่ามีศักยภาพเหมาะสมที่ควรจะพัฒนาหรือไม่ ก่อนที่จะอนุญาตให้หน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบหรือชุมชนดำเนินการใดๆต่อไป

3) ควรปรับนโยบาย/กฎระเบียบของ แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนที่ ดำเนินการโดยอุทยานแห่งชาติ เช่น แหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก จ.ตาก เพื่อเอื้อให้สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพุน้ำร้อนได้อย่างเต็มศักยภาพ เช่น ร่วมมือกับ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน หรือภาคเอกชน ในการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรพุน้ำร้อนได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ. 2556. ระบบปฏิบัติการเฝ้าระวัง และเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลาก-ดินถล่ม. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 10 สิงหาคม 2556. http://ews.dwr.go.th/website/ews_all/stn_map.php?onstn=STN0476.

ชินาธิปกรณ์ พงส์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ.2554. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย.วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 75 ปีที่ 24 (41-52)

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล. 2550. API Model II แบบจำลองเพื่อการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากและแผ่นดินถล่ม. บันทึกวิจัยเล่มที่ 90. สถานีวิจัยต้นน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

มูลนิธิโลกสีเขียว. 2554. ของรอบตัวเราฝาก “รอยตีนน้ำ” กับโลกเท่าไหร่กันนะ. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2556. http://www.greenworld.or.th/greenworld/foreign/1237.

วีระศักดิ์ อุดมโชค. 2555. อุทกภัย. ภาควิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ อุดมโชค และคณะ. 2555. การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งน้ำพุร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปีงบประมาณ 2555)

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร . 2556. ปริมาณน้ำหลากลุ่มน้ำแม่กลอง. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 10 สิงหาคม 2556. http://www.haii.or.th/wiki/index.php.

สุเทพ จันทร์เขียว. 2546. พื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและแผ่นดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. สำนักวิจัยและพัฒนา, กรมชลประทาน.

สำนักข่าวไทย. 2556. เร่งนำอาหารช่วยน้ำท่วมสังขละบุรี. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 10 สิงหาคม 255 6. http://www.mcot.net/site/content.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. โครงการจัดทำมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ประเภทโป่งพุร้อน (สรุปย่อผู้บริหาร). กรุงเทพฯ

อรรณพ หอมจันทร์ .นิตยา เลาหะจินดา วีระศักดิ์ อุดมโชคและพงศกร จิวาภรณ์คุปต์ และพัชรี สุนทรนันท . 2554. การศึกษาศักยภาพและสถานภาพเพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย.สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรณพ หอมจันทร์ .นิตยา เลาหะจินดา วีระศักดิ์ อุดมโชค พงศกร จิวาภรณ์คุปต์ พัชรี สุนทรนันท และ ดาวรุ่ง สังข์ทอง . 2556. การศึกษาสภาพแวดล้อม อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยาและคุณภาพน้ำเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวแหล่งน้ำพุร้อนในภาคตะวันตกของประเทศไทย . สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. ปีงบประมาณ 2555

อังคนา สุวรรณกูฎ กองบรรณาธิการจดหมายข่าวผลิใบ กรมวิชาการเกษตร. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 1 สิงหาคม 2556. http://carbonfootprintthailand.blogspot.com/2011_07_01_archive.html.

Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya and Mesfin M. Mekonnen. 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard.

Alexander, S. 2002. Green hotels: Opportunities and resources for success. Zero Waste Alliance

Antakyali, D., Krampe, J., & Steinmetz, H. 2008. Practical application of wastewater reuse in tourist resorts. *Water Science and Technology,* 57, 2051-2057.

Bohdanowicz, P., & Martinac, I. 2007. Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels – case study of Hilton International and Scandic in Europe. *Energy and Buildings,* 39. 82-95.

City West Water 2006. *Benchmarking fact sheets*. Melbourne: City West Water.

Cooley, H., Hutchins-Cabibi, T., Cohen, M., Gleick, P.H., & Heberger, M. 2007. *Hidden oasis. Water conservation and efficiency in Las Vegas*. Pacific Institute, Oakland, California, and Western Resource Advocates, Boulder, Colorado.

Deng, S.-M., & Burnett, J. 2002. Water use in hotels in Hong Kong. *International Journal of Hospitality Management*, 21, 57-66.

Dillon, P. 1997. *Groundwater pollution by sanitation on tropical islands*. International Hydrological Programme, Paris: UNESCO.

Eurostat. 2009. *Medstat II: 'Water and Tourism' pilot study*. Eurostat, European Commission. Available from : http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-78-09-699/EN/KS-78-09-699-EN.PDF

Gössling, S. 2001. The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar, Tanzania. *Journal of Environmental Management*, 61(2), 179-191.

Gössling, S., Garrod, B., Aall, C., Hille, J., & Peeters, P. 2010. Food management in tourism. Reducing tourism's carbon 'foodprint'. *Tourism Management*, in press.

Grenon, M., & Batisse, M. 1991. *Futures for the Mediterranean Basin: The Blue Plan.* New York: Oxford University Press.

Hafez, A., & El Manharawy, S. 2002. Economics of seawater RO desalination in the Red Sea region, Egypt. Part 1. A case study. *Desalination,* 153, 335-347.

Lamei, A. 2009. *A technical economic model for integrated water resources management in tourism dependent arid coastal regions; the case of Sharm El Sheikh, Egypt*. AK Leiden: CRC Press/Balkema.

Langumier, A., & Ricou, C. 1995. Le fonctionnement estival des services d'e'u dans les communes du littoral normand. Analyse de l'i'pact des populations et activités saisonnières. Paris, Agence de l'e'u Seine Normandie.

Medina, A.L. 1990. Possible effects of residential development on streamflow, riparian plant communities, and fisheries on small mountain streams in central Arizona. *Forest Ecology and Management*, 33-34: 351-361.

Narasaiah, M.L. 2005. *Water and sustainable tourism*, New Delhi: Discovery Publishing House.

O'Neill & Siegelbaum and The RICE Group. 2002. *Hotel water conservation, A Seattle demonstration*. Seattle: Seattle Public Utilities Resource Conservation Section

Rico-Amoros, A.M., Olcina-Cantos, J. & Sauri, D. 2009. Tourist land use patterns and water demand: Evidence from the Western Mediterranean. *Land Use Policy*, 26, 493-501.

Scherb, K. 1975. Die Abwasserbeseitigung auf Campingplätzen. In *Wasser für die Erholungslandschaft.* Münchner Beiträge zur Abwasser-Fischerei und Flußbiologie, vol. 26., München: Bayerische Versuchsanstalt München.

Schwab, G.O., K.K. Barner, R.K. Frevert and T.W. Edminter. 1971. Rainfall and runoff. Pp.63-81. *In* Elementary Soil and Water Engineering. John Wiley & Sons Inc. New York.

Stefan Gössling , Paul Peeters, C. Michael Hall, Jean-Paul Ceron, Ghislain Dubois, La Vergne Lehmann, Daniel Scott. 2011. Tourism and Water Use: Supply, Demand, and Security An International Review

Witthawatchutikul, P. 1997. Modelling for Evaluation of Critical Condition of Watershed in Thailand. Ph.D. Thesis. Kasetsart University. Bangkok.

World Wide Fund for Nature (WWF). 2001. Tourism Threats in the Mediterranean. WWF Background information. Gland, WWF Switzerland.

ภาคผนวก ก ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

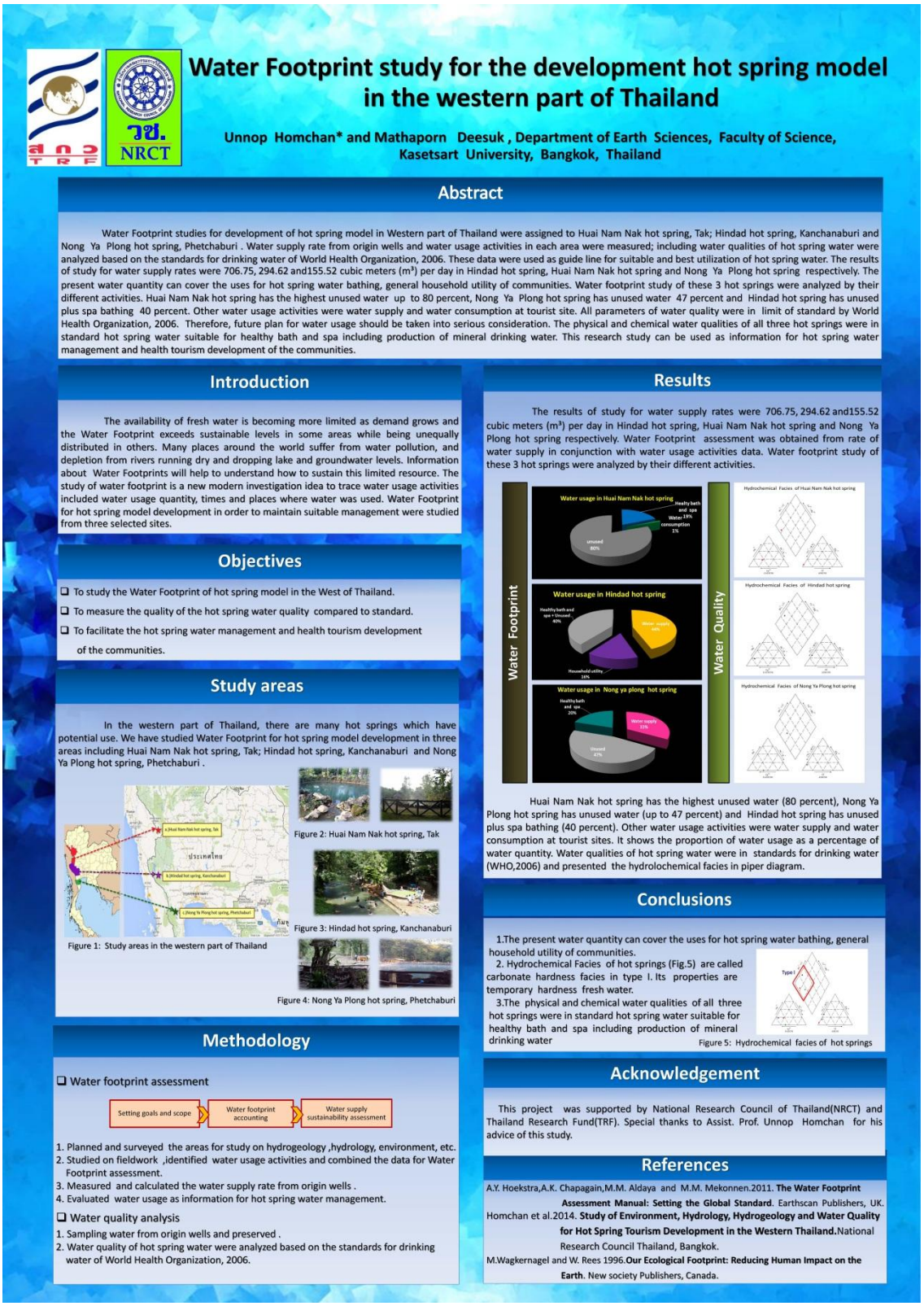
ตารางผนวกที่ก-1 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	ระยะเวลาที่ตั้งไว้	ระยะเวลาที่ทำได้จริง	ผลที่ได้รับ
1) เพื่อศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้น ต์ของแหล่งท่องเที่ยวพุ น้ำร้อนที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบในภาคตะวันตก 2) เพื่อศึกษาภาวะ น้ำหลากของแหล่งท่องเที่ยวพุ น้ำ ร้อนหินดาดจังหวัดกาญจนบุรี 3) เพื่อศึกษาสมบัติของโคลนร้อนบริเวณแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักจังหวัดตาก 4) เพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในแหล่งท่องเที่ยวพุน้ำร้อนต้นแบบในภาคตะวันตกอย่างมีประสิทธิภาพ	1.รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลจากการวิจัยที่ได้ทำมาแล้ว และประชุมโครงการวิจัย 2. สำรวจพื้นที่และติดต่อประสานงานกับ อบต. และผู้นำชุมชนพุน้ำร้อนที่จะศึกษา	เดือน 1-2	เดือน 1	1.ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย และแนวทางการวิจัยที่ชัดเจน 2. ทราบข้อมูลพื้นฐานและรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษา ทำความเข้าใจและสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับชุมชนในการร่วมกันดำเนินการวิจัย
	3. เก็บข้อมูลการใช้น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำและน้ำทิ้งของแหล่งน้ำพุร้อนห้วยน้ำนัก หินดาด และหนองหญ้าปล้อง ครั้งที่ 1 4.เก็บตัวอย่างโคลนร้อนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ครั้งที่ 1 5. ศึกษาข้อมูลภาวะน้ำหลากในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาด ครั้งที่ 1		เดือน 2	3.ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำ และตัวอย่างน้ำและน้ำทิ้งที่เป็นตัวแทนจากแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษาทั้ง 3 แหล่ง ในครั้งที่ 1 4.ได้ตัวอย่างโคลนร้อนที่เป็นตัวแทนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 1 5.ได้ข้อมูลเบื้องต้นของสถานภาพน้ำไหลในพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนหินดาดครั้งที่ 1
	1.เก็บข้อมูลการใช้น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำและน้ำทิ้งของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก หินดาดและหนองหญ้าปล้อง ครั้งที่ 2 และวิเคราะห์คุณภาพน้ำครั้งที่ 1-2 2.เก็บตัวอย่างโคลนร้อนขากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก ครั้งที่ 2 และวิเคราะห์สมบัติโคลนร้อนครั้งที่ 1-2	เดือน 3-6	เดือน 6	1.ได้ข้อมูลการใช้น้ำและตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนจากแหล่งน้ำพุร้อนที่ศึกษาทั้ง 3 แหล่ง ในครั้งที่ 2 และได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำครั้งที่ 1-2 2.ได้ตัวอย่างโคลนร้อนที่เป็นตัวแทนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 2 และผลการวิเคราะห์สมบัติโคลนร้อนครั้งที่ 1
	3.ศึกษาข้อมูลสภาวะน้ำหลากในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาดครั้งที่ 2 4.ประมวลข้อมูลการใช้น้ำ คุณภาพน้ำ สมบัติโคลน		เดือน 7	3.ได้ข้อมูลภาวะน้ำหลากในพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนหินดาด ครั้งที่ 2 4.ได้ผลการศึกษาสภาพการใช้น้ำ คุณภาพน้ำ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	ระยะเวลาที่ตั้งไว้	ระยะเวลาที่ทำได้จริง	ผลที่ได้รับ
	ร้อน และข้อมูลสภาวะน้ำหลากของแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษาจากการเก็บตัวอย่างและข้อมูลในครั้งที่ 1-2 5.ประชุมถ่ายทอดผลระหว่างการศึกษาระหว่างโครงการย่อยครั้งที่ 1			สมบัติโคลนร้อน และข้อมูลภาวะน้ำหลากจากการเก็บตัวอย่างและข้อมูลในครั้งที่ 1-2
			เดือน 4	5.มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของแต่ละโครงการย่อย ทำให้เกิดการบูรณาการในการดำเนินการวิจัยในขั้นต่อไปเพิ่มขึ้น
	1. .เก็บข้อมูลการใช้น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำและน้ำทิ้งของแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนัก หินดาดและหนองหญ้าปล้อง ครั้งที่ 3 และวิเคราะห์คุณภาพน้ำครั้งที่ 2-3 2. เก็บตัวอย่างโคลนร้อนขากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 3 และวิเคราะห์สมบัติโคลนร้อนครั้งที่ 2-3 3.ศึกษาข้อมูลสภาวะน้ำหลากในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาดครั้งที่ 3	เดือน 7-12	เดือน 7-10	1.ได้ข้อมูลการใช้น้ำและตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนจากแหล่งน้ำพุร้อนที่ศึกษาทั้ง 3 แหล่ง ในครั้งที่ 3 และได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งหมด 2.ได้ตัวอย่างโคลนร้อนที่เป็นตัวแทนจากแหล่งพุน้ำร้อนห้วยน้ำนักครั้งที่ 3 และผลการวิเคราะห์สมบัติโคลนร้อนครั้งที่ทั้งหมด 3.ได้ข้อมูลภาวะน้ำหลากในพื้นที่แหล่งพุน้ำร้อนหินดาดครั้งที่ 3
	4.ประมวลข้อมูลการใช้น้ำ คุณภาพน้ำ สมบัติโคลนร้อน และข้อมูลสภาวะน้ำหลากของแหล่งพุน้ำร้อนที่ศึกษาจากการเก็บตัวอย่างและข้อมูลในครั้งที่ 1-23 5.ประชุมถ่ายทอดผลระหว่างการศึกษาระหว่างโครงการย่อยครั้งที่ 2		เดือน 11	4.ได้ผลการศึกษาสภาพการใช้น้ำ คุณภาพน้ำ สมบัติโคลนร้อน และข้อมูลภาวะน้ำหลากทั้งหมด 5.ทำให้เกิดบูรณาการผลการศึกษาของแต่ละโครงการย่อยก่อนสรุปผลการวิจัยของแต่ละโครงการย่อย
	6.สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงาน		เดือน 14	6.สามารถสรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงานที่บรรลุตามวัตถุประสงค์
	7.อบรม/ถ่ายทอด ความรู้ให้แก่ อบต. ,ชุมชน ผู้ประกอบการท่องเที่ยว และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินการร่วมกับโครงการย่อยที่ 2		เดือน 13	7.ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ ชาวชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับประโยชน์จากผลการวิจัย ในการนำไปพัฒนาแหล่งพุน้ำร้อนในชุมชนทั้งในเชิงนโยบาย และการดำเนินการจริง

ภาคผนวก ข

บทความเผยแพร่



Water Footprint study for the development hot spring model in the western part of Thailand

Unnop Homchan* and Mathaporn Deesuk , Department of Earth Sciences, Faculty of Science,
Kasetsart University, Bangkok, Thailand

Abstract

Water Footprint studies for development of hot spring model in Western part of Thailand were assigned to Huai Nam Nak hot spring, Tak; Hindad hot spring, Kanchanaburi and Nong Ya Plong hot spring, Phetchaburi . Water supply rate from origin wells and water usage activities in each area were measured; including water qualities of hot spring water were analyzed based on the standards for drinking water of World Health Organization, 2006. These data were used as guide line for suitable and best utilization of hot spring water. The results of study for water supply rates were 706.75, 294.62 and155.52 cubic meters (m^3) per day in Hindad hot spring, Huai Nam Nak hot spring and Nong Ya Plong hot spring respectively. The present water quantity can cover the uses for hot spring water bathing, general household utility of communities. Water footprint study of these 3 hot springs were analyzed by their different activities. Huai Nam Nak hot spring has the highest unused water up to 80 percent, Nong Ya Plong hot spring has unused water 47 percent and Hindad hot spring has unused plus spa bathing 40 percent. Other water usage activities were water supply and water consumption at tourist site. All parameters of water quality were in limit of standard by World Health Organization, 2006. Therefore, future plan for water usage should be taken into serious consideration. The physical and chemical water qualities of all three hot springs were in standard hot spring water suitable for healthy bath and spa including production of mineral drinking water. This research study can be used as information for hot spring water management and health tourism development of the communities.

Introduction

The availability of fresh water is becoming more limited as demand grows and the Water Footprint exceeds sustainable levels in some areas while being unequally distributed in others. Many places around the world suffer from water pollution, and depletion from rivers running dry and dropping lake and groundwater levels. Information about Water Footprints will help to understand how to sustain this limited resource. The study of water footprint is a new modern investigation idea to trace water usage activities included water usage quantity, times and places where water was used. Water Footprint for hot spring model development in order to maintain suitable management were studied from three selected sites.

Objectives

- To study the Water Footprint of hot spring model in the West of Thailand.
- To measure the quality of the hot spring water quality compared to standard.
- To facilitate the hot spring water management and health tourism development of the communities.

Study areas

In the western part of Thailand, there are many hot springs which have potential use. We have studied Water Footprint for hot spring model development in three areas including Huai Nam Nak hot spring, Tak; Hindad hot spring, Kanchanaburi and Nong Ya Plong hot spring, Phetchaburi .

Figure 1: Study areas in the western part of Thailand

Figure 2: Huai Nam Nak hot spring, Tak

Figure 3: Hindad hot spring, Kanchanaburi

Figure 4: Nong Ya Plong hot spring, Phetchaburi

Methodology

- Water footprint assessment

Setting goals and scope → Water footprint accounting → Water supply sustainability assessment

1. Planned and surveyed the areas for study on hydrogeology ,hydrology, environment, etc.
2. Studied on fieldwork ,identified water usage activities and combined the data for Water Footprint assessment.
3. Measured and calculated the water supply rate from origin wells .
4. Evaluated water usage as information for hot spring water management.

- Water quality analysis

1. Sampling water from origin wells and preserved .
2. Water quality of hot spring water were analyzed based on the standards for drinking water of World Health Organization, 2006.

Results

The results of study for water supply rates were 706.75, 294.62 and155.52 cubic meters (m^3) per day in Hindad hot spring, Huai Nam Nak hot spring and Nong Ya Plong hot spring respectively. Water Footprint assessment was obtained from rate of water supply in conjunction with water usage activities data. Water footprint study of these 3 hot springs were analyzed by their different activities.

Huai Nam Nak hot spring has the highest unused water (80 percent), Nong Ya Plong hot spring has unused water (up to 47 percent) and Hindad hot spring has unused plus spa bathing (40 percent). Other water usage activities were water supply and water consumption at tourist sites. It shows the proportion of water usage as a percentage of water quantity. Water qualities of hot spring water were in standards for drinking water (WHO,2006) and presented the hydrolochemical facies in piper diagram.

Conclusions

1.The present water quantity can cover the uses for hot spring water bathing, general household utility of communities.

2. Hydrochemical Facies of hot springs (Fig.5) are called carbonate hardness facies in type I. Its properties are temporary hardness fresh water.

3.The physical and chemical water qualities of all three hot springs were in standard hot spring water suitable for healthy bath and spa including production of mineral drinking water

Figure 5: Hydrochemical facies of hot springs

Acknowledgement

This project was supported by National Research Council of Thailand(NRCT) and Thailand Research Fund(TRF). Special thanks to Assist. Prof. Unnop Homchan for his advice of this study.

References

A.Y. Hoekstra,A.K. Chapagain,M.M. Aldaya and M.M. Mekonnen.2011. **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard**. Earthscan Publishers, UK.

Homchan et al.2014. **Study of Environment, Hydrology, Hydrogeology and Water Quality for Hot Spring Tourism Development in the Western Thailand.**National Research Council Thailand, Bangkok.

M.Wagkernagel and W. Rees 1996.**Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. New society Publishers, Canada.

ภาพผนวก ข-1 โปสเตอร์การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นต์แหล่งพุน้ำร้อนต้นแบบภาคตะวันตกของประเทศไทย