

# คู่มือมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม



สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

# คู่มือมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ประเภทถ้ำ

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรกฎาคม 2559

ข้อมูลบรรณานุกรม

คู่มือมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ

โครงการเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่อาจมีต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ

|    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ii | ผู้จัดทำ           | สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม<br>สำนักจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม<br>60/1 ซอยพิบูลวัฒนา 7 ถนนพระรามที่ 6 พญาไท กรุงเทพฯ 10400<br>โทรศัพท์ 0 2265 6579 โทรสาร 0 2265 6579                                                                       |
|    | ผู้ศึกษา           | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล<br>999 ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170<br>โทรศัพท์ 0 2441 5000 โทรสาร 0 2441 9510                                                                                                            |
|    | การอ้างอิง         | สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2559.<br>โครงการเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่อาจมีต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 106 หน้า |
|    | ISBN               | 978-616-316-322-6                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | คำสืบค้น           | แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ                                                                                                                                                                                    |
|    | พิมพ์ครั้งที่หนึ่ง | กรกฎาคม 2559                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    | พิมพ์ที่           | บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)                                                                                                                                                                                                                        |
|    | จำนวนพิมพ์         | 170 เล่ม                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | จำนวนหน้า          | 106 หน้า                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**รายชื่อผู้ดำเนินโครงการ**  
**สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**  
**กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**

|                             |                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| นางรวิวรรณ ภูริเดช          | เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม    |
| นางอัมภาพร ไกรพานนท์        | รองเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม |
| นางอินทิรา เอี่ยมถนัตร      | ผู้อำนวยการสำนักจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม           |
| นายปรโมทย์ นิลถนอม          | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ                             |
| นางสาวภัทรทิพา คັນสยะวิชัย  | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ                             |
| นางสาวกรพินธุ์ พยัคฆประการณ | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ                             |
| นายสุพินิจ บุญยมาลิก        | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ                             |
| นางสาวกนกกาญจน์ โกติรัมย์   | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ                             |
| นายชาญวิทย์ ทองสัมฤทธิ์     | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ                                  |
| นางสาววรรณิจ ไกรพินิจ       | นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ                                  |
| นางสาววรรณเพ็ญ สอาดเอี่ยม   | เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน                               |
| นายศุภชาติ เม่นประเสริฐ     | เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน                               |
| นางสาวยศวี เหล่าพูลสุข      | เจ้าหน้าที่ประสานงานด้านสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ                    |
| นางสาวน้ำฝน บุญเนตร         | เจ้าหน้าที่ธุรการ                                              |

## รายชื่อคณะกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม

|                                                               |                               |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| นายวาทัญญู ณ ถลาง                                             | อนุกรรมการที่ปรึกษา           |
| นายประสงค์ เอี่ยมอนันต์                                       | ประธานอนุกรรมการ              |
| เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม   | รองประธานอนุกรรมการ           |
| ผู้แทนสำนักงานงบประมาณ                                        | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมธนารักษ์                                             | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมทางหลวงชนบท                                          | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง                            | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมทรัพยากรธรณี                                         | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช                 | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมโยธาธิการและผังเมือง                                 | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น                            | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนกรมศิลปากร                                              | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ                      | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย                              | อนุกรรมการ                    |
| ผู้แทนนายกสมาคมอนุรักษ์ศิลปกรรมและสิ่งแวดล้อม                 | อนุกรรมการ                    |
| นายสุวิทย์ รัศมิภุติ                                          | อนุกรรมการ                    |
| นายบุญญวัฒน์ ทิพทัส                                           | อนุกรรมการ                    |
| นายมานิตย์ ศิริวรรณ                                           | อนุกรรมการ                    |
| นายยงยุทธ จรรย์รักษ์                                          | อนุกรรมการ                    |
| นายสุรพล ดวงแข                                                | อนุกรรมการ                    |
| ผู้อำนวยการสำนักจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม          | อนุกรรมการและเลขานุการ        |
| เจ้าหน้าที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| เจ้าหน้าที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

รายชื่อคณะผู้ศึกษา  
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ส่วนบริหารงานโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์  
นายชัยพร ศิริพรไพบูลย์

หัวหน้าโครงการ  
ที่ปรึกษาโครงการ

ส่วนศึกษาโครงการ

นายประภัสสรณ์ ชูทรงเดช  
นายณพพล อรุณรัตน์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพงษ์ ดิลกวนิช  
อาจารย์ ดร.โชติกา เมืองสง  
รองศาสตราจารย์ ดร.รัศมี ชูทรงเดช  
นางสาวปาริชาติ มีบุญญา  
อาจารย์ ดร.กฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ  
ดร.สุกัญญา เสรีนันทชัย  
นางสาววิสรินทร์ ศิริภัทรภูรีนนท์  
นางสาวนิชวัลย์ แดงคำ  
นางสาวเกตุสิรี มณีนาค  
นายชยา สุวรรณภูมิ  
นางสาวนาฏยา จังเจริญจิตต์กุล

ด้านการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรม/ผังเมือง  
ด้านสารสนเทศ  
ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
ด้านธรณีวิทยาและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ  
ด้านประวัติศาสตร์และโบราณคดี  
ด้านประวัติศาสตร์และโบราณคดี  
ด้านนิเวศวิทยา  
ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน  
ด้านธรณีวิทยา  
ด้านธรณีวิทยา  
ผู้ช่วยนักวิจัย  
ผู้ช่วยนักวิจัย  
ผู้ประสานงานโครงการ

สารบัญ

|                                                                                      | หน้า     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| รายชื่อผู้ดำเนินโครงการ                                                              | iii      |
| รายชื่อคณะกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม                              | iv       |
| รายชื่อคณะผู้ศึกษา                                                                   | v        |
| <b>บทที่ 1    บทนำ</b>                                                               | <b>1</b> |
| 1.1    หลักการและเหตุผล                                                              | 1        |
| 1.2    วัตถุประสงค์                                                                  | 2        |
| <b>บทที่ 2    ข้อมูลพื้นฐานและการจัดกลุ่มลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ</b> | <b>3</b> |
| 2.1    ความหมายของถ้ำ                                                                | 3        |
| 2.2    ประเภทของถ้ำ                                                                  | 3        |
| 2.3    สถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติอันควรรักษาประเภทถ้ำ                | 6        |
| 2.3.1    ด้านกายภาพและชีวภาพ                                                         | 6        |
| 2.3.2    คุณค่าการใช้ประโยชน์และสุนทรียภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                  | 7        |
| 2.3.3    การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณพื้นที่แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ              | 7        |
| 2.3.4    สภาพปัญหาและผลกระทบพื้นที่แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                            | 8        |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                              | หน้า      |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>บทที่ 3</b>                                                               |           |
| <b>การจัดกลุ่มลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ</b>                    | <b>9</b>  |
| 3.1 ปัจจัยในการจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                    | 9         |
| 3.1.1 การประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                              | 11        |
| 3.1.2 การประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                | 17        |
| 3.1.3 การประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                          | 23        |
| 3.2 การจัดลำดับความสำคัญแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                               | 29        |
| <b>บทที่ 4</b>                                                               |           |
| <b>มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ</b>                             | <b>34</b> |
| 4.1 ความสำคัญของการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ               | 34        |
| 4.2 ความหมายและหลักการของการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม              | 35        |
| 4.3 หลักเกณฑ์การกำหนดปัจจัยประเมินผลกระทบ                                    | 36        |
| 4.4 ปัจจัยชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ                           | 37        |
| 4.5 ขั้นตอนการประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ | 37        |
| 4.6 วิธีการและแนวปฏิบัติในการประเมินผลการบริหารจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ  | 62        |



สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                   | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 5    แนวทางการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                                | 64   |
| 5.1    การแบ่งประเภทถ้ำเพื่อการบริหารจัดการ                                       | 64   |
| 5.2    ภัยคุกคามแหล่งอนุรักษ์ประเภทถ้ำ                                            | 66   |
| 5.2.1    ภัยจากธรรมชาติ                                                           | 66   |
| 5.2.2    การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ                                              | 66   |
| 5.2.3    กิจกรรมของมนุษย์                                                         | 67   |
| 5.3    แผน/มาตรการ การเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ | 69   |
| บรรณานุกรม                                                                        | 82   |

## สารบัญตาราง

|                                                                                               | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 3-1 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                        | 12   |
| ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                      | 16   |
| ตารางที่ 3-3 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ          | 18   |
| ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ        | 22   |
| ตารางที่ 3-5 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                    | 24   |
| ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                  | 28   |
| ตารางที่ 3-7 ตัวอย่างการประเมินเพื่อจัดกลุ่มความสำคัญและความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ   | 32   |
| ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ                        | 41   |
| ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินเกณฑ์การรักษาคูณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ | 58   |
| ตารางที่ 5-1 การแบ่งประเภทถ้ำเพื่อการบริหารจัดการ                                             | 64   |

สารบัญรูป

|                                                                                                                                                                                                  | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 3-1 การประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                                                                                                                             | 31   |
| รูปที่ 3-2 แผนภูมิแสดงการจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ถ้ำภูผาเพชร                                                                                                                  | 33   |
| รูปที่ 4-1 ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ถ้ำภูผาเพชร จังหวัดสตูล                                                                                                                                | 61   |
| รูปที่ 5-1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติ (ซ้าย) และอุปกรณ์วัดค่าระดับ CO <sub>2</sub> ในอากาศแบบอัตโนมัติ(กลาง) อุปกรณ์วัดค่าระดับ CO <sub>2</sub> ในอากาศแบบมือถือ (ขวา) | 77   |
| รูปที่ 5-2 การเก็บตัวอย่างหยดน้ำไว้ในขวดพลาสติกสะอาด (ซ้าย) ชุดทดสอบค่าความเข้มข้นของ CaCO <sub>3</sub> อย่างง่าย (กลางและขวา)                                                                   | 78   |
| รูปที่ 5-3 การตรวจวัดอัตราการโตของหินงอกถ้ำ                                                                                                                                                      | 80   |

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยมีแหล่งธรรมชาติที่ควรอนุรักษ์ของท้องถิ่นทั่วประเทศไม่น้อยกว่า 4,700 แห่ง ได้แก่ แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ น้ำตก โป่งพุร้อน ชายหาด เกาะ แก่ง แหล่งน้ำ ซากดึกดำบรรพ์ ภูเขา และธรณีสัณฐานและภูมิลักษณะธรรมชาติ เป็นแหล่งธรรมชาติที่มีความอ่อนไหวต่อการถูกทำลายทั้งที่เกิดจากภัยธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ทั้งที่ตั้งใจและรู้เท่าไม่ถึงการณ์ หากแหล่งธรรมชาติเหล่านี้ถูกทำลายหรือได้รับความเสียหายก็ไม่สามารถที่จะสามารถฟื้นคืนกลับมาได้เช่นเดิม โดยเฉพาะแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเป็นแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ที่มีความสำคัญและโดดเด่นมากประเภทหนึ่ง และมีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ นับเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เกิดในภูเขาหินปูน โดยประเทศไทยได้นำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการศึกษา ค้นคว้าทางวิชาการ และเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ถ้าบางแหล่งมีความสำคัญในทางโบราณคดี เป็นแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งพบมากในจังหวัดราชบุรีและพัทลุง นอกจากนี้ยังมีความสำคัญทางธรรมชาติ เป็นทัศนียภาพที่งดงามโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นเอกลักษณ์สำคัญ คือมีหินงอก (Stalagmite) หินย้อย (Stalactite) เสาหิน (Columnar Pillar) หลอดหินย้อยหรือท่อหินย้อย (Soda Straw) ม่านถ้ำ (Drapery) หรือไข่มุกถ้ำ (Cave Pearl) ทำให้มีเรื่องราวและสิ่งที่น่าสนใจมากมาย รวมถึงรูปทรงต่างๆ ที่เกิดจากธรณีวิทยา เกิดจากน้ำ และการผสมผสานของรูปร่างลักษณะของหินหลากหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพื่อถนอมและรักษาให้ถ้ำคงมีความสมบูรณ์ และได้รับผลกระทบน้อยที่สุด รวมทั้งรักษาสภาพพื้นที่โดยรอบที่เป็นภูเขาให้มีความสมบูรณ์ เช่นเดียวกัน เนื่องจากระบบนิเวศของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติมีความเชื่อมโยงกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยรอบ อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติในถ้ำได้ เช่น การเกิดหินงอกหินย้อยที่ลดลง และปัจจุบันสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้น เช่น การที่อากาศร้อนสูงขึ้น มีระยะเวลายาวนานขึ้น ปริมาณของน้ำที่ลดลง ความแห้งแล้งมีมากขึ้น ปริมาณของน้ำฝนในแต่ละภูมิภาคที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงระบบสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งที่

ตั้งใจและรู้เท่าไม่ถึงการณ์ในการเข้าไปใช้ประโยชน์ มีการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการเกษตรกรรม การท่องเที่ยว การปรับทัศนียภาพต่างๆ ภายในถ้ำ ได้แก่ การติดตั้งแสงไฟหลากสี สิ่งก่อสร้างภายใน ที่ไม่เอื้อต่อสิ่งแวดล้อมภายในถ้ำ ส่งผลกระทบเกิดขึ้นในระยะต่อมา ก็อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติของถ้ำได้ไม่มากนักน้อย เพราะบางพื้นที่ของแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ มีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบสูง ทั้งจากการกระทำของมนุษย์ จากภัยธรรมชาติ และแนวโน้มที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรทำการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบและเข้าใจถึงปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ
- 2) เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบและเข้าใจวิธีการติดตามและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และสามารถใช้เป็นแนวทางในการติดตามและประเมินผลกระทบตามเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ
- 3) เพื่อเสนอแนวทางและมาตรการต่างๆ ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำอย่างมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

## บทที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

### 2.1 ความหมายของถ้ำ

ถ้ำ ตามนิยามของ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2547) ถ้ำ หมายถึง ช่อง ที่เป็นโพรงลึกเข้าไปในพื้นดินหรือภูเขา มีขนาดใหญ่พอที่มนุษย์สามารถเข้าไปได้ และเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ทั้งที่เป็นถ้ำภูเขาหินปูนและถ้ำหินชายฝั่งทะเล

### 2.2 ประเภทของถ้ำ

ถ้ำส่วนมากเกิดในหินปูน เนื่องจากหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) สามารถละลายเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำฝน ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนๆ แต่ถ้ำก็อาจเกิดในหินประเภทอื่นๆ ได้เช่นกัน

#### 1) ถ้ำหินปูน (Limestone cave)

ถ้ำหินปูน เกิดจากหินที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น หินปูน (limestone,  $\text{CaCO}_3$ ) หินโดโลไมต์ (Dolomite,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) เป็นต้น และน้ำ ซึ่งเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้เกิดถ้ำ น้ำฝนที่ตกลงมาเมื่อรวมตัวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ จะกลายเป็นกรดคาร์บอนิคอ่อนๆ เมื่อไหลผ่านหินปูนจะเกิดปฏิกิริยาจนเกิดเกลือแคลเซียมไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้ดี ทำให้เนื้อหินปูนละลายออกไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นโพรงต่อไป ลักษณะภูมิประเทศ โดยธรรมชาติน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ เมื่อน้ำไหลด้วยความเร็วจะมีพลังในการกัดเซาะได้มาก ซึ่งสามารถละลายเนื้อหินได้เร็วขึ้น ดินและพืชพรรณ ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์สามารถที่จะดูดซับน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินได้มากในขณะที่ฝนตกหากมีต้นไม้ปกคลุมพื้นดิน การไหลของน้ำจะช้าลง น้ำที่ค่อยๆ ไหลจะผ่านลงสู่ชั้นหิน ทำให้เกิดตะกอนถ้ำต่างๆ

## 1.1 การเกิดและวิวัฒนาการถ้ำหินปูน

เมื่อฝนตกบนพื้นผิวโลก น้ำบางส่วนที่ไหลซึมลงใต้ผิวดินหรือรอยแตกของหิน จะถูกเก็บกักไว้ในชั้นดินชั้นหินเป็นน้ำบาดาล ซึ่งบางส่วนยังคงไหลซึมไปตามแนวดิ่ง ลงไปตามความลึกของชั้นดิน น้ำบาดาลเหล่านี้ รวมทั้งน้ำฝนที่ตกลงมา เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศที่โดยธรรมชาติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ปะปนอยู่แล้ว เมื่อน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ทำปฏิกิริยากับ  $\text{CO}_2$  จะทำให้น้ำเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นกรด คาร์บอนิก ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) อ่อนๆ ซึ่งน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนนี้ เมื่อไปพบกับหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) ก็จะทำให้หินที่เป็นตัวละลายที่ดี กระบวนการเกิดถ้ำเริ่มจาก น้ำละลายหินปูน ตามรอยแตกของหินปูนเมื่อมีน้ำไหลซึมรอยแตกเหล่านั้น จะขยายตัวออกจากรู หรือรอยแตกเล็กๆ จะค่อยๆ ใหญ่ขึ้น เกิดเป็น **ถ้ำปฐมวัย (Youth cave)** เมื่อน้ำมีการกัดเซาะในแนวดิ่งเข้าสู่จุดสมดุล รวมทั้งระดับน้ำก็กัดเซาะและละลายเนื้อหินจนเข้าใกล้กับระดับน้ำผิวดิน ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง การกัดเซาะในแนวระนาบจะมีมากขึ้นการไหลหยดของน้ำตามเพดานและตามผนังมุมมากขึ้น ทำให้ตะกอนถ้ำ เช่น หินย้อย หินปูนฉาบ มีมากขึ้น แต่ขนาดจะยังไม่ใหญ่โตมากนัก จะอยู่ในช่วง **ถ้ำปัจฉิมวัย (Matured cave)** ส่วนถ้ำที่มีอายุมาก ผ่านการกัดเซาะและการละลายมานาน คือ **ถ้ำปัจฉิมวัย (old age cave)** ซึ่งอาจพบหินน้ำไหล (flowstone) หรือม่านหินย้อย (drapery) ตามผนังถ้ำต่างๆ ไหลมาเคลือบพวกก้อนกรวดเหล่านั้น จนเชื่อมติดกับผนังถ้ำซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานว่าเคยเป็นเส้นทางน้ำมาก่อน และ **ถ้ำคืนพลัง (Rejuvenated cave)** เป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาชนิดหนึ่ง เกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ทำให้ระดับน้ำหรือระดับภูมิประเทศต่างๆ เกิดการยกตัวขึ้นสูงกว่าระดับเดิมที่เป็นอยู่ในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดเซาะในแนวลึกอีกครั้งหนึ่ง กระบวนการเกิดถ้ำก็ยังคงดำเนินการต่อไป เช่น การตกตะกอนถ้ำต่อเนื่องต่อไป การทรุดตัวของระดับพื้น เกิดจากการพื้นผิวโลกถูกยกระดับสูงตัวขึ้น ระดับน้ำต่างๆ ก็ต้องปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งเป็นระดับมาตรฐานของระดับน้ำที่น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเสมอ เมื่อน้ำในถ้ำไหลกัดเซาะในระดับที่ลึกลง จะทำให้เกิดรูโพรงด้านล่างของพื้นถ้ำเดิม ทำให้เกิดการพังถล่มของพื้นลงไปเป็นหลุมลึกลงไป หรือเรียกว่าหลุมยุบ (sinkhole หรือ doline) โดยถ้ำที่กล่าวมาข้างต้นส่วนมากเป็นถ้ำที่ยังมีการพัฒนาการอยู่ (active cave) นอกจากนี้ ยังมีถ้ำอีกกลุ่มหนึ่งคือถ้ำลอย หรือถ้ำแขวน ที่หยุดการพัฒนาไปแล้ว คือ **ถ้ำตาย (non active cave)** ส่วนมากมักพบบริเวณภูเขาสูงๆ อาจเป็นเพียงรูโพรงที่มีขนาดต่างๆ ทั้งเล็กและใหญ่ ส่วนมากจะสูงกว่าถ้ำที่ยังมีการพัฒนา (active) ทั่วไป (พัชรพันธุ์ โทไวย์ยะ, 2542)

## 1.2 ประเภทของตะกอนถ้ำ

แบ่งตามต้นกำเนิดได้ 2 ประเภท (ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2541) คือ 1. ตะกอนที่ไม่ใช่สารคาร์บอเนต (non-carbonate formation) และ 2. ตะกอนที่เกิดจากสารคาร์บอเนต (carbonate formation) ได้แก่ ตะกอนถ้ำ (speleothems) ที่เกิดลักษณะรูปทรงต่างๆ สำหรับการแบ่งประเภทตะกอนถ้ำ (speleothems) นั้น หากแบ่งตามประเภทของการเกิด สามารถแบ่งได้ดังนี้ (ไพศาล ศรีพิเศษ, 2542)

1.ประเภทที่เกิดจากน้ำหยดและน้ำไหล (dripstone and flowstone forms) ได้แก่ หลอดหินย้อย (soda straw) หินย้อย (stalactite) หินงอก (stalagmite) เสาหิน (Column) หินปูนกลม (Globutite) ม่านหินย้อย (Drapery) และหินปูนฉาบหรือหินน้ำไหล (flowstone)

2. ประเภทที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Erratic forms) ได้แก่ หินปูนเกลียว (Helictite) ดอกไม้ถ้ำ (Anthodite) โล่หินปูน (Shield)

3. ประเภทที่เกิดใต้น้ำ (sub-aqueous forms) ได้แก่ ทำนบหินปูนและแอ่งน้ำ (Rimstone Dam and Rimstone pool) ผลึกเคลือบผนัง (Crystal Linings) และไข่มุกถ้ำ (cave pearl)

## 2) ถ้ำหินทราย

หินทรายเป็นอีกประเภทหนึ่งที่สามารถเกิดเป็นถ้ำได้ แต่อาจพบได้ไม่มากนัก ถ้ำหินทราย เป็นถ้ำที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยาแบบการกร่อน (erosion) ที่เกิดจากลำธาร หรือลม สำหรับถ้ำที่เกิดจากการกร่อนโดยลมมักมีขนาดเล็ก มักจะพบอยู่เหนือพื้นดินในปัจจุบัน และบางถ้ำจะปรากฏให้เห็นเป็นเพิงผา (overhang) ที่มีความลึกไม่มากนัก สามารถพบเห็นได้ทั่วโลก



## 2.3 สถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติอันควรรักษาประเภทถ้ำ

### 2.3.1 ด้านกายภาพและชีวภาพ

แหล่งธรรมชาติอันควรรักษาประเภทถ้ำที่ทำการศึกษากระจายอยู่ในภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของประเทศไทย เป็นถ้ำที่เกิดจากเขาหินปูน ยกเว้นถ้ำหรือเพิงผาฝามือแดง จังหวัดมุกดาหาร ที่เกิดจากหินทราย พื้นที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 – 2558 และสภาพภูมิอากาศในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559 – 2608 ([www.start.ac.th](http://www.start.ac.th)) พบว่า สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างชัดเจน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มสูงขึ้น สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งระบบถ้ำหรือสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์ เนื่องจากระบบถ้ำเกิดจาก สภาพภูมิอากาศ หิน ซึ่งส่วนมากเป็นหินปูน ดิน ป่าไม้ และระบบน้ำ มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เมื่อถ้ำก่อกำเนิด สิ่งมีชีวิตบางชนิดเท่านั้นที่สามารถที่จะดำรงชีวิตอยู่ในถ้ำได้ เนื่องจากถ้ำเป็นระบบที่มีการถ่ายทอดพลังงานและสสารที่ค่อนข้างต่ำ

จากผลการศึกษา พบว่า ถ้ำที่ทำการศึกษาที่เป็นถ้ำตาย (non active cave) ซึ่งปัจจุบันไม่พบระบบน้ำไหลเวียนในถ้ำหรือไม่พบการเกิดของหินย้อย/หินงอก ได้แก่ ถ้ำเขาปิระ จังหวัดตรัง ถ้ำสุวรรณคูหา จังหวัดพังงา ถ้ำฝามือแดง จังหวัดมุกดาหาร ถ้ำผาพวง จังหวัดขอนแก่น ถ้ำเอนาวัน จังหวัดหนองบัวลำภู ถ้ำผาปู่ จังหวัดเลย ถ้ำเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง ถ้ำพระธาตุ จังหวัดกาฬสินธุ์ ถ้ำจอมพล จังหวัดราชบุรี และถ้ำเขาหลวง จังหวัดเพชรบุรี ถ้ำเป็น (active cave) เป็นถ้ำที่ยังพบระบบการไหลเวียนของน้ำในถ้ำ ได้แก่ ถ้ำเขาเกรียบ จังหวัดชุมพร ถ้ำหลวง จังหวัดเชียงราย ถ้ำแม่สุก จังหวัดตาก และถ้ำธารลอดน้อย จังหวัดกาญจนบุรี และถ้ำกึ่งแห้งหรือตาย (semi active cave) เป็นถ้ำที่พบหินย้อยหรือหินงอกยังเติบโต (มีหยดน้ำปรากฏให้เห็น) เช่น ถ้ำภูผาเพชร (บางคูหา) จังหวัดสตูล

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถ้ำอยู่ในช่วง 400 – 700 ppm ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อระบบการหายใจของมนุษย์ ยกเว้นบางถ้ำ เช่น ถ้ำเชียงดาว ถ้ำหลวง ถ้ำผาไท ถ้ำพระธาตุ ที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกินกว่า 1,000 ppm ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อระบบการ

หายใจ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงมาจาก 2 สาเหตุหลักคือ ลักษณะระบบถ้ำ และการใช้ตะเกียงน้ำมันเพื่อการส่องสว่างภายในถ้ำ ดังนั้น ถ้ำที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง ควรที่จะต้องให้ความรู้กับมัคคุเทศก์และนักท่องเที่ยวอย่างเร่งด่วน เพื่อที่จะได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการและการปฏิบัติตัวได้ถูกต้อง

สิ่งมีชีวิตที่พบในถ้ำที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ ค้างคาว หมาน้ำ งู จิ้งหรีด สิ่งมีชีวิตคล้ายตะขาบบ้าน แมงมุม ตุ๊กแกถ้ำ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ มีการปรับตัวจนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในถ้ำที่มีระบบการถ่ายทอดพลังงานและสารต่ำมาก พืชพรรณที่ปกคลุมบนหลังคาถ้ำพบว่า ถ้ำภูผาเพชร จังหวัดสกลนคร มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุด และความหลากหลายทางชีวภาพต่ำสุด คือ ถ้ำผาพวง จังหวัดขอนแก่น

### 2.3.2 คุณค่าการใช้ประโยชน์และสุนทรียภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

ถ้ำเป็นสถานที่ที่เคยถูกใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ถ้ำหลายแห่งได้มีการบันทึกหรือขุดค้นทางโบราณคดีและพบร่องรอยและหลักฐานสมัยก่อนประวัติศาสตร์ เช่น ถ้ำภูผาเพชร ถ้ำเขาบินะ ถ้ำฝ่ามือแดง ถ้ำผาพวง และถ้ำผาปู่ แต่ปัจจุบันหลักฐานส่วนใหญ่ได้สูญหายหรืออยู่ในสภาพที่เสื่อมสภาพหรือชำรุด สะท้อนให้เห็นถึงการบริหารจัดการถ้ำที่ไม่คำนึงถึงคุณค่าของแหล่ง นอกจากนี้ ถ้ำถูกใช้เป็นศาสนสถาน เช่น ถ้ำเชียงดาว ถ้ำเขาหลวง ถ้ำสุวรรณหงส์ ถ้ำจอมพล เป็นต้น ปัจจุบันถ้ำเหล่านี้ถูกใช้เพื่อการท่องเที่ยวและการศาสนาเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าถ้ำถูกใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องและยาวนาน แต่การใช้ประโยชน์จากถ้ำยังขาดการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและไม่ครอบคลุมทุกมิติ เนื่องจากการขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องระบบถ้ำ

### 2.3.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณพื้นที่แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อระบบฝน ทั้งการกระจายและปริมาณผิดปกติไปจากเดิม ซึ่งหากเกิดขึ้นบริเวณระบบถ้ำหรือสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์ที่ยังสมดุล น้ำเหล่านี้จะซึมผ่านลงไปตามรอยแตกของหินหรือช่องว่างของดิน และลงไปสู่ระบบน้ำใต้ดิน แต่หากบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเข้มข้น เช่น มีการก่อสร้างโครงสร้างแข็ง ปริมาณน้ำที่มากอาจจะเกิดการท่วมและไหลบ่าลงไปสู่พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว การเกิดหินย้อย หินงอก ขึ้นกับปฏิกิริยาของสภาพภูมิอากาศ (น้ำ อุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) หินปูน ดิน และพืชพรรณที่ปกคลุมบนหลังคาถ้ำ ดังนั้น หากปริมาณฝน การไหลของเส้นทางน้ำ ถูกเปลี่ยนแปลงไป ก็ย่อมกระทบต่อการเกิดหินย้อย หินงอกโดยตรง และหากสภาพภูมิอากาศเกิดความแห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง ระบบถ้ำที่เดิมเป็นถ้ำเป็น (active cave) ก็อาจค่อยๆ เปลี่ยนสถานภาพเป็นถ้ำตาย (non-active) จากผลการศึกษาสามารถจัดอันดับแหล่งถ้ำที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังนี้ กลุ่มที่ได้รับผลกระทบสูง ได้แก่ ถ้ำเชียงดาว ถ้ำจอมพล และถ้ำเขาหลวง ผลกระทบปานกลาง ได้แก่ ถ้ำภูผาเพชร ถ้ำสุวรรณคูหา ถ้ำเขาเกรียบ ถ้ำผาพวง ถ้ำผาไท ถ้ำแม่อุสุ ถ้ำธารลอดน้อย และถ้ำพระธาตุ ผลกระทบต่ำ ได้แก่ ถ้ำเขาปินะ ถ้ำ(เพิงผา)ผ้ามือแดง ถ้ำเอราวัณ และถ้ำผาปู่ ส่วนถ้ำที่มีแนวโน้มว่าจะได้รับผลกระทบจากในระดับปานกลางมาเป็นระดับต่ำ คือ ถ้ำหลวง

#### 2.3.4 สภาพปัญหาและผลกระทบพื้นที่แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

ถ้ำที่เปิดเพื่อการท่องเที่ยวอย่างเต็มรูปแบบ เช่น ถ้ำสุวรรณคูหา จังหวัดพังงา ถ้ำเอราวัณ จังหวัดหนองบัวลำภู ถ้ำเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และถ้ำเขาหลวง จังหวัดเพชรบุรี เหล่านี้ อาจจะได้รับผลกระทบจากการท่องเที่ยวที่ค่อนข้างสูง ในด้านการเสื่อมสภาพของหินงอก หินย้อย การจุกอุดรูในตัวถ้ำ การใช้ตะเกียงเพื่อความสะดวกสว่างในถ้ำ ในหลายๆ แหล่งหากไม่มีบุคคลที่ท้องถิ่นนำชม จะพบว่า นักท่องเที่ยวจำนวนมากได้ขีดเขียนลงบนผนังถ้ำหรือเพดานถ้ำ ดังนั้นหน่วยงานที่ดูแลบริหารจัดการถ้ำควรที่จะได้รับการฝึกอบรมเรื่องแหล่งถ้ำในพื้นที่ของตนให้ถูกต้อง ทั้งที่จะได้ช่วยกันดูแลให้ถ้ำอยู่ในสภาพเดิมมากที่สุด หรือหากจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ให้เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงภายในถ้ำเพื่ออำนวยความสะดวกแก่การท่องเที่ยว เช่น การติดตั้งไฟส่องสว่าง การทำทางเดิน ซึ่งส่วนมากแล้วจะดำเนินการกันเอง โดยขาดองค์ความรู้ทางด้านวิชาการที่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลกระทบกับระบบถ้ำในระยะยาว เช่น ความร้อนจากหลอดไฟ หรือการใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมในถ้ำ จากผลการศึกษาพบว่า ถ้ำเชียงดาว ถ้ำจอมพล และถ้ำผาปู่ มีความเสี่ยงสูงมากจากกิจกรรมของมนุษย์

## บทที่ 3 การจัดกลุ่มลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

### 3.1 ปัจจัยในการจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

1. ปัจจัยเกี่ยวกับคุณค่าและสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติ
2. ปัจจัยเกี่ยวกับศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติ
3. ปัจจัยด้านความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติต่อการถูกคุกคามและทำลาย

การจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ทำให้เจ้าของแหล่งหรือผู้รับผิดชอบทราบว่าแหล่งธรรมชาติของตนมีคุณค่าด้านวิชาการ ด้านธรณีวิทยา ด้านนิเวศวิทยาทั้งด้านกายภาพและด้านชีวภาพ รวมไปถึงคุณค่าการใช้ประโยชน์ของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ศักยภาพในการดูแลรักษาแหล่งธรรมชาตินาน้อยเพียงใด และมีความเสี่ยงที่แหล่งจะถูกทำลายให้เสียคุณค่าในเรื่องใดบ้าง ผลการประเมินสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเบื้องต้น

การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิและจัดทำเกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพของแหล่งธรรมชาติ

1. ศึกษาแนวคิด การจัดเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ ใช้นิยามศัพท์เกี่ยวกับ “สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ” ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 21 กันยายน พ.ศ.2525 และใช้นิยามศัพท์ “แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ” ตามโครงการแนวทางการจัดทำแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ปี พ.ศ. 2547 ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ นโยบาย แผน ข้อบังคับ ระเบียบ หรือกฎหมายท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพื้นที่สิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3. ศึกษาตัวชี้วัดและเกณฑ์สำหรับประเมิน ก) คุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ข) ศักยภาพในการคงคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ และ ค) การประเมินความเสี่ยงต่อการถูกทำลายของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ จากคู่มือการจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2547 ซึ่งคณะผู้ศึกษาจะได้ทำการปรับปรุงและกำหนดเกณฑ์เพิ่มเติม เพื่อให้การประเมินครอบคลุม 4 ประเด็นหลัก คือ การประเมินด้านคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ การประเมินด้านศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติ การประเมินด้านความเสี่ยงต่อการถูกทำลาย และการประเมินผลกระทบเบื้องต้นจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์

4. การให้ค่าคะแนนแต่ละตัวชี้วัด (ค่า rates score หรือ ค่า  $R_i$ ) กำหนดให้การประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ การประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติ การประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติต่อการถูกคุกคามและทำลาย และการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ จากค่าคะแนนระดับถึง 1 ถึง 5 เป็น 5 ระดับ และค่าถ่วงน้ำหนัก จาก 1 ถึง 3 แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมิน โดยใช้สมการถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (weighting score equation)

5. ศึกษาวิเคราะห์ตัวชี้วัดและเกณฑ์สำหรับ ก) ประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ข) ศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติ และ ค) การประเมินความเสี่ยงต่อการถูกทำลายของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ จากคู่มือการจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2547 และนำเสนอตัวชี้วัดซึ่งได้ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมและเป็นรูปธรรมมากขึ้น

### 3.1.1 การประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

การประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ มีทั้งสิ้น 8 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีเกณฑ์ 5 ระดับ ในการพิจารณาคุณค่าของแหล่งค่าคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน และมีการกำหนดค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยตั้งแต่ 1 ถึง 3 ซึ่งหมายถึง ความสำคัญน้อย ความสำคัญปานกลาง ไปจนถึงความสำคัญมาก ดังตารางที่ 3-1 แล้วใช้สมการถ่วงน้ำหนักในการประเมินหาระดับของคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำแต่ละแหล่ง

$$\text{คุณค่าของแหล่งธรรมชาติ} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i R_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

โดย  $W_i$  = ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 3 Type equation here.  
 $R_i$  = ค่าคะแนนคุณค่าของแหล่งธรรมชาติตามเกณฑ์ปัจจัยข้อที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5  
 $n$  = จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

จำแนกคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเป็น 3 ระดับ คือ

|                    |                 |           |
|--------------------|-----------------|-----------|
| ระดับคุณค่าต่ำ     | ค่าคะแนนเท่ากับ | 1.00-2.33 |
| ระดับคุณค่าปานกลาง | ค่าคะแนนเท่ากับ | 2.34-3.66 |
| ระดับคุณค่าสูง     | ค่าคะแนนเท่ากับ | 3.67-5.00 |

จากนั้น นำค่าคะแนนที่ได้มาทำเป็นค่าคะแนนมาตรฐาน 1-100 แล้วจำแนกช่วงชั้นของค่าคะแนนดังกล่าวออกเป็น 2 ระดับ คือ แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำที่มีคุณค่าสูงและคุณค่าต่ำ

ตารางที่ 3-1 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชี้วัด      | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                              | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|-------------------|----------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. ความงามของถ้ำ  | 1              | ไม่สวย ไม่มีความน่าสนใจ               | 3                            |
|                   | 2              | สวย แต่ไม่เหมาะกับการท่องเที่ยว       |                              |
|                   | 3              | สวย เป็นที่รู้จักและมีผู้ไปชมมาก      |                              |
|                   | 4              | สวยมาก และเข้าถึงได้ง่าย              |                              |
|                   | 5              | สวยมาก แต่เข้าถึงยาก                  |                              |
| 2. ขนาดของถ้ำ     | 1              | เล็กแคบมาก ไม่สามารถเข้าไปได้สะดวก    | 3                            |
|                   | 2              | ขนาดปานกลาง และเข้าถึงง่าย            |                              |
|                   | 3              | ขนาดปานกลาง แต่เข้าถึงยาก             |                              |
|                   | 4              | ขนาดใหญ่ และเข้าถึงง่าย               |                              |
|                   | 5              | ขนาดใหญ่ แต่เข้าถึงยาก                |                              |
| 3. ลักษณะภายในถ้ำ | 1              | เป็นถ้ำแคบๆ เข้าลำบาก ไม่น่าสนใจ      | 3                            |
|                   | 2              | เป็นห้องโถง แต่ธรรมดาๆ ไม่สวยงามนัก   |                              |
|                   | 3              | เป็นห้องโถง มีความสวยงามพอควร         |                              |
|                   | 4              | เป็นถ้ำ แต่ภายในสวยงามมากและกว้างขวาง |                              |
|                   | 5              | เป็นห้องโถงหลายห้อง สวยงามมาก         |                              |

## ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด     | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                 | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 4. ในถ้ำมีน้ำ    | 1              | ไม่มีน้ำ                                                                 | 3                            |
|                  | 2              | มีน้ำ แต่ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่จะเสริมความสวยงามของถ้ำ                   |                              |
|                  | 3              | มีน้ำ แต่อยู่ในลักษณะที่ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้เพียงแต่เสริมความสวยงามของถ้ำ |                              |
|                  | 4              | มีน้ำในบางที่ ไม่สามารถล่องเรือได้ แต่เดินลุยน้ำได้                      |                              |
|                  | 5              | มีน้ำในบางที่ เป็นถ้ำธารในถ้ำสามารถล่องเรือได้                           |                              |
| 5. อากาศภายในถ้ำ | 1              | มีออกซิเจนน้อยมาก อึดอัดเข้าไปมากไม่ได้                                  | 3                            |
|                  | 2              | ร้อนอึดอัด ในถ้ำไม่มีช่องทางระบายอากาศ                                   |                              |
|                  | 3              | พออยู่ได้ มีอากาศระบายถ่ายเทบ้าง แม้ไม่ดีนักก็ตาม                        |                              |
|                  | 4              | เย็นสบาย มีการถ่ายเทอากาศดีพอสมควร                                       |                              |
|                  | 5              | เย็นสบายมาก เพราะมีช่องลมระบายอากาศดี                                    |                              |



ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด     | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                   | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 6. ความปลอดภัย   | 1              | มีอันตรายมาก เพราะมีร่องลึก                                                                | 2                            |
|                  | 2              | มีอันตราย พอควรเพราะมีร่องลึก                                                              |                              |
|                  | 3              | มีอันตรายน้อย ที่ซึ่งมีอันตรายจะอยู่ริมนอกๆ ที่มักไม่มีผู้เข้าไปบริเวณนั้น                 |                              |
|                  | 4              | ไม่มีอันตราย แม้พื้นถ้ำจะไม่เรียบ แต่ก็ไม่มีร่องลึก                                        |                              |
|                  | 5              | ไม่มีปัญหาเรื่องความปลอดภัย                                                                |                              |
| 7. หินงอกหินย้อย | 1              | ไม่สวยงาม เพราะถูกทำลายจากมนุษย์                                                           | 3                            |
|                  | 2              | ความสวยงามสูญเสียไปมาก เพราะมีการแต่งเติม ดัดแปลงและบางส่วนถูกทำลาย                        |                              |
|                  | 3              | ยังสวยงามอยู่ แต่เสื่อมโทรมลงไปมาก เพราะมีคนไปมากและมีการเข้าไปใช้พื้นที่ทำให้มีการดัดแปลง |                              |
|                  | 4              | สวยงามพอควร แต่บางบริเวณเสื่อมโทรมเพราะคนมาเที่ยว                                          |                              |
|                  | 5              | สวยงามมาก ไม่ถูกทำลาย มีรูปร่างต่างๆ กัน                                                   |                              |

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย              | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|--------------|----------------|-----------------------|------------------------------|
| 8. จำนวนโถง  | 1              | มีโถงเดียว ขนาดเล็ก   | 3                            |
|              | 2              | มีโถงเดียว ขนาดกลาง   |                              |
|              | 3              | มีโถงเดียว ขนาดใหญ่   |                              |
|              | 4              | มีหลายโถง ขนาดเล็ก    |                              |
|              | 5              | มีโถงหลายโถง ขนาดใหญ่ |                              |

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชีวิต                                                               | ค่าความสำคัญของปัจจัยชีวิต<br>(W) | ถ้ำภูผาเพชร  |      |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|------|
|                                                                           |                                   | ค่าคะแนน (R) | (WR) |
| 1. ความงามของถ้ำ                                                          | 3                                 | 4            | 12   |
| 2. ขนาดของถ้ำ                                                             | 3                                 | 4            | 12   |
| 3. ลักษณะภายในถ้ำ                                                         | 3                                 | 4            | 12   |
| 4. ในถ้ำมีน้ำ                                                             | 3                                 | 3            | 9    |
| 5. อากาศภายในถ้ำ                                                          | 3                                 | 4            | 12   |
| 6. ความปลอดภัย                                                            | 3                                 | 3            | 9    |
| 7. หินงอกหินย้อย                                                          | 3                                 | 4            | 12   |
| 8. จำนวนโถง                                                               | 3                                 | 3            | 12   |
| ผลรวม $\Sigma$                                                            | 24                                | 30           | 90   |
| ค่าคะแนนคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR / \Sigma W$ )        |                                   | 90/24 = 3.75 |      |
| ค่าร้อยละคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR / \Sigma W$ )/5×100 |                                   | 75           |      |

### 3.1.2 การประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

การประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำมีทั้งสิ้น 7 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีเกณฑ์ 5 ระดับในการพิจารณาศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่ง ค่าคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน และมีการกำหนดค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยตั้งแต่ 1 ถึง 3 ซึ่งหมายถึง ความสำคัญน้อย ความสำคัญปานกลาง ไปจนถึงความสำคัญมาก ดังตารางที่ 3-3 แล้วใช้สมการถ่วงน้ำหนักในการประเมินหาระดับของศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำแต่ละแหล่ง

$$\text{ศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i R_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

โดย  $W_i$  = ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 3

$R_i$  = ค่าคะแนนศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติตามเกณฑ์ปัจจัยข้อที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5

$n$  = จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

จำแนกศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับศักยภาพต่ำ                      ค่าคะแนนเท่ากับ    1.00-2.33

ระดับศักยภาพปานกลาง            ค่าคะแนนเท่ากับ    2.34-3.66

ระดับศักยภาพสูง                      ค่าคะแนนเท่ากับ    3.67-5.00

จากนั้น นำค่าคะแนนที่ได้มาทำเป็นค่าคะแนนมาตรฐาน 1-100 แล้วจำแนกช่วงชั้นของค่าคะแนนดังกล่าวออกเป็น 2 ระดับ คือ แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำที่มีศักยภาพมาก ค่าคะแนนระหว่าง 51-100 และระดับศักยภาพน้อย ค่าคะแนนระหว่าง 0-50

ตารางที่ 3-3 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชี้วัด          | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                                     | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|-----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1. มีทางเข้าถึงปากถ้ำ | 1              | ไม่มี ต้องเดินป่าและหาทางเข้ายาก                                                                             | 2                            |
|                       | 2              | มีทางสภาพไม่ดี ต้องเดินไกล                                                                                   |                              |
|                       | 3              | มีทางเข้าสภาพธรรมชาติไม่สะดวกสบาย แต่เข้าถึงได้                                                              |                              |
|                       | 4              | มีทางเข้าสภาพดี แต่ต้องเดินไกล                                                                               |                              |
|                       | 5              | มีทางที่เข้าถึงถ้ำโดยไม่ยากนักอยู่ในสภาพดี แต่ไม่เกิดความเสื่อมโทรมต่อธรรมชาติ                               |                              |
| 2. ลักษณะพิเศษของถ้ำ  | 1              | เป็นถ้ำปกติ อยู่ในสภาพดี                                                                                     | 3                            |
|                       | 2              | เป็นถ้ำที่ยังเป็นธรรมชาติ ไม่เด่นนัก แต่ยังสมบูรณ์                                                           |                              |
|                       | 3              | เป็นถ้ำที่มีความน่าสนใจ                                                                                      |                              |
|                       | 4              | เป็นถ้ำที่มีลักษณะพิเศษมาก เช่น ทางเข้าเป็นช่องลึก ลงไปยังอยู่ในสภาพธรรมชาติ อาจไม่สวยเป็นพิเศษแต่น่าสนใจมาก |                              |
|                       | 5              | เป็นถ้ำที่สวยงามมาก เป็นธรรมชาติ ยังอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์                                                     |                              |

ตารางที่ 3-3 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                   | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                   | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 3. มีโบราณวัตถุหรือซากดึกดำบรรพ์ที่มีอยู่ในถ้ำ | 1              | คาดว่าไม่มีและยังไม่ได้มีการสำรวจ                                                          | 3                            |
|                                                | 2              | มีเรื่องเล่าถึงวัตถุโบราณแต่ยังไม่ได้มีการสำรวจ                                            |                              |
|                                                | 3              | มีเรื่องเล่าเป็นนิยายท้องถิ่น และเคยมีผู้อ้างว่าพบโบราณวัตถุ แต่ไม่ได้มีการยืนยันหรือสำรวจ |                              |
|                                                | 4              | น่าจะมียากเพราะมีคนเคยพบ แต่ยังไม่มีการสำรวจ                                               |                              |
|                                                | 5              | มีมากมีการสำรวจพบแล้ว                                                                      |                              |
| 4. มีเจ้าหน้าที่ดูแลถ้ำ                        | 1              | ไม่มี                                                                                      | 3                            |
|                                                | 2              | มีแต่ผู้มาหารายได้ในการนำชมถ้ำแต่ไม่มีภาระในการดูแล                                        |                              |
|                                                | 3              | มีอาสาสมัครท้องถิ่นช่วยดูแลและหารายได้                                                     |                              |
|                                                | 4              | มีเจ้าหน้าที่ดูแลเป็นครั้งคราว                                                             |                              |
|                                                | 5              | มีเจ้าหน้าที่ดูแลตลอดเวลา                                                                  |                              |

ตารางที่ 3-3 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                                           | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                          | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 5. มีความสำคัญ<br>เช่น มีจารึกพระ<br>ปรมาภิไธย หรือมี<br>ความสำคัญทาง<br>ประวัติศาสตร์ | 1              | ไม่มี                                                                             | 2                            |
|                                                                                        | 2              | ไม่มีพระปรมาภิไธย แต่มีความสำคัญทาง<br>ประวัติศาสตร์ หรือเคยมีพระเจ้าแผ่นดินเสด็จ |                              |
|                                                                                        | 3              | มีพระปรมาภิไธยเดียว แต่ไม่เด่นชัด                                                 |                              |
|                                                                                        | 4              | มีพระปรมาภิไธยเดียว เด่นชัด                                                       |                              |
|                                                                                        | 5              | มีพระปรมาภิไธยของหลายพระองค์                                                      |                              |
| 6. กลิ่น หรือการ<br>ระบายอากาศใน<br>ถ้ำ                                                | 1              | เหม็นมากไม่มีการระบายอากาศ                                                        | 3                            |
|                                                                                        | 2              | เหม็นแม้มีการระบายอากาศแต่ไม่ดี                                                   |                              |
|                                                                                        | 3              | มีกลิ่นอับ แต่มีการระบายอากาศพอสมควรพอทนได้                                       |                              |
|                                                                                        | 4              | มีกลิ่นอับเล็กน้อยเพราะการระบายอากาศไม่ดีนัก                                      |                              |
|                                                                                        | 5              | ไม่มีกลิ่น มีการระบายอากาศดีในถ้ำตามธรรมชาติ                                      |                              |

ตารางที่ 3-3 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                  | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                             | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|---------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 7. มีความเชื่อ<br>พื้นบ้านหรือ<br>หลักฐานทาง<br>ประวัติศาสตร์ | 1              | ไม่มี                                                                                | 2                            |
|                                                               | 2              | มีความเชื่อพื้นบ้านไปอิงกับ ประวัติศาสตร์ แต่ไม่มี<br>การยืนยัน                      |                              |
|                                                               | 3              | มีเรื่องวิจารณ์และชวนให้เชื่อว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับ<br>ประวัติศาสตร์                  |                              |
|                                                               | 4              | มีเรื่องที่น่าจะเกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์และมี<br>หลักฐานบางอย่างบ่งบอกว่าน่าจะจริง |                              |
|                                                               | 5              | มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์เกี่ยวกับถ้ำนี้                                             |                              |



ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินศักยภาพในการคงคุณค่าของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชีวิต                                                                     | ค่าความสำคัญของปัจจัยชีวิต<br>(W) | ถ้ำภูผาเพชร    |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------|
|                                                                                 |                                   | ค่าคะแนน (R)   | (WR) |
| 1. มีทางเข้าถึงปากถ้ำ                                                           | 2                                 | 4              | 8    |
| 2. ลักษณะพิเศษของถ้ำ                                                            | 3                                 | 4              | 12   |
| 3. มีโบราณวัตถุหรือซากดึกดำบรรพ์ที่<br>มีอยู่ในถ้ำ                              | 3                                 | 3              | 9    |
| 4. มีเจ้าหน้าที่ดูแลถ้ำ                                                         | 3                                 | 3              | 9    |
| 5. มีความสำคัญ เช่น มีจารึกพระ<br>ปรมาภิไธย หรือมีความสำคัญทาง<br>ประวัติศาสตร์ | 2                                 | 1              | 2    |
| 6. กลิ่น หรือการระบายอากาศในถ้ำ                                                 | 2                                 | 4              | 8    |
| 7. มีความเชื่อพื้นบ้านหรือหลักฐาน<br>ทางประวัติศาสตร์                           | 2                                 | 3              | 6    |
| ผลรวม $\Sigma$                                                                  | 17                                | 22             | 54   |
| ค่าคะแนนศักยภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR / \Sigma W$ )             |                                   | $54/17 = 3.17$ |      |
| ค่าร้อยละศักยภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR / \Sigma W$ )/5×100      |                                   | 63.60          |      |

### 3.1.3 การประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

การประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำต่อการถูกทำลายมีปัจจัยทั้งสิ้น 7 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีเกณฑ์ 5 ระดับในการพิจารณาความเสี่ยงหรือภัยคุกคามที่มีต่อแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ โดยมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน และมีกำหนดค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยตั้งแต่ 1 ถึง 3 ซึ่งหมายถึง สำคัญน้อย ความสำคัญปานกลาง ไปจนถึงความสำคัญมาก ดังตารางที่ 3-5 แล้วใช้สมการถ่วงน้ำหนักในการประเมินหาระดับของความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำแต่ละแหล่ง

$$\text{ความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติ} = \sum_{i=1}^n W_i R_i / \sum_{i=1}^n W_i$$

โดย  $W_i$  = ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 3

$R_i$  = ค่าคะแนนคุณค่าของแหล่งธรรมชาติตามเกณฑ์ปัจจัยชีวิตที่ 1 ถึง  $n$  มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5

$n$  = จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

จำแนกความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับความเสี่ยงต่ำ                      ค่าคะแนนเท่ากับ    1.00-2.33

ระดับความเสี่ยงปานกลาง            ค่าคะแนนเท่ากับ    2.34-3.66

ระดับความเสี่ยงสูง                      ค่าคะแนนเท่ากับ    3.67-5.00

จากนั้น นำค่าคะแนนที่ได้มาทำเป็นค่าคะแนนมาตรฐาน 1-100 แล้วจำแนกช่วงชั้นของค่าคะแนนดังกล่าวออกเป็น 2 ระดับ คือ แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำที่มีความเสี่ยงสูง (คะแนน 51-100) และระดับความเสี่ยงต่ำ (คะแนน 0-50)

ตารางที่ 3-5 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชีวิต                   | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                        | ค่าความสำคัญปัจจัยชีวิต (W) |
|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. การรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์ | 1              | ไม่มีการรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์                                                                 | 3                           |
|                               | 2              | มีการเข้าไปใช้ประโยชน์ในถ้ำบ้างและมีการตัดแปลงธรรมชาติบ้าง                                      |                             |
|                               | 3              | มีการรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์เป็นครั้งคราว และยังไม่มียังก่อสร้างใดๆ ทั้งสิ้นยังเป็นธรรมชาติเดิม |                             |
|                               | 4              | มีการรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์แต่ยังไม่มียังก่อสร้างถาวร มีแต่ชั่วคราว                            |                             |
|                               | 5              | มีการรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์แล้ว เช่น เป็นสำนักสงฆ์ มีการสร้างสิ่งก่อสร้างเพิ่มภายในถ้ำ         |                             |
| 2. ความเสื่อมโทรมของถ้ำ       | 1              | ไม่เสื่อมโทรม                                                                                   | 3                           |
|                               | 2              | เสื่อมโทรมลงไปบ้างเนื่องจากมีคนไปมากขึ้น                                                        |                             |
|                               | 3              | ค่อนข้างเสื่อมโทรมเพราะมีคนไปใช้พื้นที่ทำกิจกรรมภายในถ้ำด้วย                                    |                             |
|                               | 4              | เสื่อมโทรมเพราะมีคนไปใช้ภายในถ้ำมากและมีการตัดแปลง                                              |                             |
|                               | 5              | เสื่อมโทรมมากเพราะมีการตัดแปลงภายในมาก                                                          |                             |

ตารางที่ 3-5 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                     | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                                            | ค่าความสำคัญปัจจัยชีวิต (W) |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 3. การถูกทำลายของถ้ำ            | 1              | ไม่ถูกทำลาย บริเวณโดยรอบยังเป็นธรรมชาติ                                                                             | 3                           |
|                                 | 2              | มีการตัดแปลงในถ้ำและบริเวณใกล้เคียงเล็กน้อย                                                                         |                             |
|                                 | 3              | ถ้ำถูกทำลายพอสมควรเพราะมีการเข้าไปสร้างสิ่งก่อสร้างทั้งภายในและหน้าถ้ำ                                              |                             |
|                                 | 4              | ภูเขาได้รับสัมปทานการระเบิดหินแต่ยังไม่ได้ลงมือดำเนินการ                                                            |                             |
|                                 | 5              | ภูเขาที่มีถ้ำนั้นมีการระเบิดหิน                                                                                     |                             |
| 4. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในถ้ำ | 1              | ไม่มีสิ่งมีชีวิตมากนัก                                                                                              | 3                           |
|                                 | 2              | มีสิ่งมีชีวิตที่พบได้ตามปกติ เช่น ค้างคาว                                                                           |                             |
|                                 | 3              | มีสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจ เช่น ในแหล่งน้ำ                                                                             |                             |
|                                 | 4              | มีสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์เรืองแสง สัตว์น้ำไม่มีตา เป็นต้น                                                            |                             |
|                                 | 5              | มีสิ่งมีชีวิตที่สมควรดูแลอนุรักษ์ไว้เป็นพิเศษ เช่น ค้างคาวพิเศษบางชนิด ปลา กุ้งที่ไม่มีตา หรือซากดึกดำบรรพ์ เป็นต้น |                             |

ตารางที่ 3-5 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                                                     | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                                                                                       | ค่าความสำคัญปัจจัยชีวิต (W) |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 5. คุณภาพอากาศในถ้ำ                                             | 1              | มีอากาศปกติเพราะมีการระบายอากาศดี                                                                              | 3                           |
|                                                                 | 2              | มีอากาศปกติโดยทั่วๆ ไปยกเว้นในบริเวณส่วนลึกๆ ของถ้ำที่มีอากาศเบาบาง                                            |                             |
|                                                                 | 3              | มีอากาศพอหายใจได้ ยกเว้นในกรณีที่มีคนเข้าไปมาก ๆ                                                               |                             |
|                                                                 | 4              | มีอากาศเบาบาง โดยเฉพาะในส่วนลึกๆ เพราะมีการระบายอากาศน้อย                                                      |                             |
|                                                                 | 5              | เนื่องจากเป็นถ้ำที่ลึกและไม่มีการระบายอากาศ ดังนั้นออกซิเจนในถ้ำจึงต่ำ และบางแห่งอาจมีก๊าซบางชนิดที่เป็นพิษได้ |                             |
| 6. สภาพป่าไม้บนหลังคาถ้ำ และพื้นที่ป่าไม้บนภูเขาข้างเคียงตัวถ้ำ | 1              | ไม่มีการเปลี่ยนแปลงยังคงเป็นป่าไม้สภาพเดิม                                                                     | 3                           |
|                                                                 | 2              | เปลี่ยนแปลงไปบ้าง เช่น การลดลงของลูกไม้ใหญ่                                                                    |                             |
|                                                                 | 3              | เปลี่ยนแปลงโดยเปลี่ยนสภาพไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม                                                                |                             |
|                                                                 | 4              | เปลี่ยนแปลงไปโดยถูกทำลายจากไฟป่า                                                                               |                             |
|                                                                 | 5              | เปลี่ยนแปลงไปโดยสิ้นเชิง                                                                                       |                             |

ตารางที่ 3-5 ปัจจัยและเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                   | ระดับคะแนน (R) | ความหมาย                                      | ค่าความสำคัญปัจจัยชี้วัด (W) |
|------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| 7. ปริมาณน้ำฝน<br>บริเวณพื้นที่<br>รอบๆ ถ้ำถ้ำ | 1              | ฝนตกตามปกติ (ไม่เปลี่ยนแปลง)                  | 3                            |
|                                                | 2              | ฝนตกตามฤดูกาล แต่ตกเพียง 2-3 เดือนในช่วงฤดูฝน |                              |
|                                                | 3              | ฝนตกตามฤดูกาล แต่ปริมาณค่อนข้างต่ำกว่าปกติ    |                              |
|                                                | 4              | ฝนมาเร็วกว่าฤดูฝนตามปกติ                      |                              |
|                                                | 5              | ฝนมาช้ากว่าฤดูฝนตามปกติ                       |                              |

ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชีวิต                                                                        | ค่าความสำคัญ<br>ของปัจจัยชีวิต (W) | ถ้ำภูผาเพชร    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------|
|                                                                                    |                                    | ค่าคะแนน (R)   | (WR) |
| 1. การรุกรานเข้าไปใช้ประโยชน์                                                      | 3                                  | 3              | 9    |
| 2. ความเสื่อมโทรมของถ้ำ                                                            | 3                                  | 3              | 9    |
| 3. การถูกทำลายของถ้ำ                                                               | 3                                  | 2              | 6    |
| 4. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในถ้ำ                                                    | 2                                  | 2              | 4    |
| 5. คุณภาพอากาศในถ้ำ                                                                | 3                                  | 2              | 6    |
| 6. สภาพป่าไม้บนหลังคาถ้ำ และพื้นที่<br>ป่าไม้บนภูเขาข้างเคียงตัวถ้ำ                | 3                                  | 3              | 9    |
| 7. ปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่รอบๆ ตัว<br>ถ้ำ                                         | 3                                  | 2              | 6    |
| ผลรวม $\Sigma$                                                                     | 20                                 | 17             | 49   |
| ค่าคะแนนความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR/\Sigma W$ )               |                                    | $49/20 = 2.45$ |      |
| ค่าร้อยละความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ( $\Sigma WR/\Sigma W/5 \times 100$ ) |                                    | 49             |      |

การประเมินคุณค่า ศักยภาพในการคงคุณค่า และความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ มีข้อสังเกตดังนี้

1. ควรใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 3 คน เพื่อนำค่าการประเมินของแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ย หรือใช้วิธีการพูดคุยตกลงกัน เพื่อให้ได้ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยที่ทุกคนในกลุ่มยอมรับ
2. ควรทำการประเมินความเสี่ยงและศักยภาพในการคงคุณค่าอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
3. การประเมินสามารถทำได้ในระบบฐานข้อมูลการประเมินมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

### 3.2 การจัดลำดับความสำคัญแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

นำผลการประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ ซึ่งเป็นค่าร้อยละ มาพิจารณาร่วมกับการประเมินศักยภาพในการคงคุณค่า แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็นค่าร้อยละของความสำคัญ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2545) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าความสำคัญ} = \frac{\text{คุณค่า} + \text{ศักยภาพ}}{2}$$

|     |              |         |                                                                                |
|-----|--------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| โดย | ค่าความสำคัญ | หมายถึง | ความสำคัญด้านคุณค่าและมีศักยภาพในการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติ                      |
|     | คุณค่า       | หมายถึง | คุณค่าของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ                                                   |
|     | ศักยภาพ      | หมายถึง | ศักยภาพในการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติ หรือการคงคุณค่าของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในแหล่ง |



การจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ เป็นการนำผลการประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับแหล่งธรรมชาติมาพิจารณา ร่วมกับค่าความสำคัญ จัดออกเป็นเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

#### **กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีความสำคัญมากและความเสี่ยงสูง**

เป็นแหล่งธรรมชาติที่มีความสำคัญในการอนุรักษ์เนื่องจากมีคุณค่าความสำคัญสูง แต่มีความเสี่ยงสูงจากการถูกทำลายให้เสื่อมโทรมหมดสิ้นลงไป จึงเป็นกลุ่มที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไขจัดการผลกระทบเพื่อรักษาคุณค่าของแหล่งไว้

#### **กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีความสำคัญมากและความเสี่ยงน้อย**

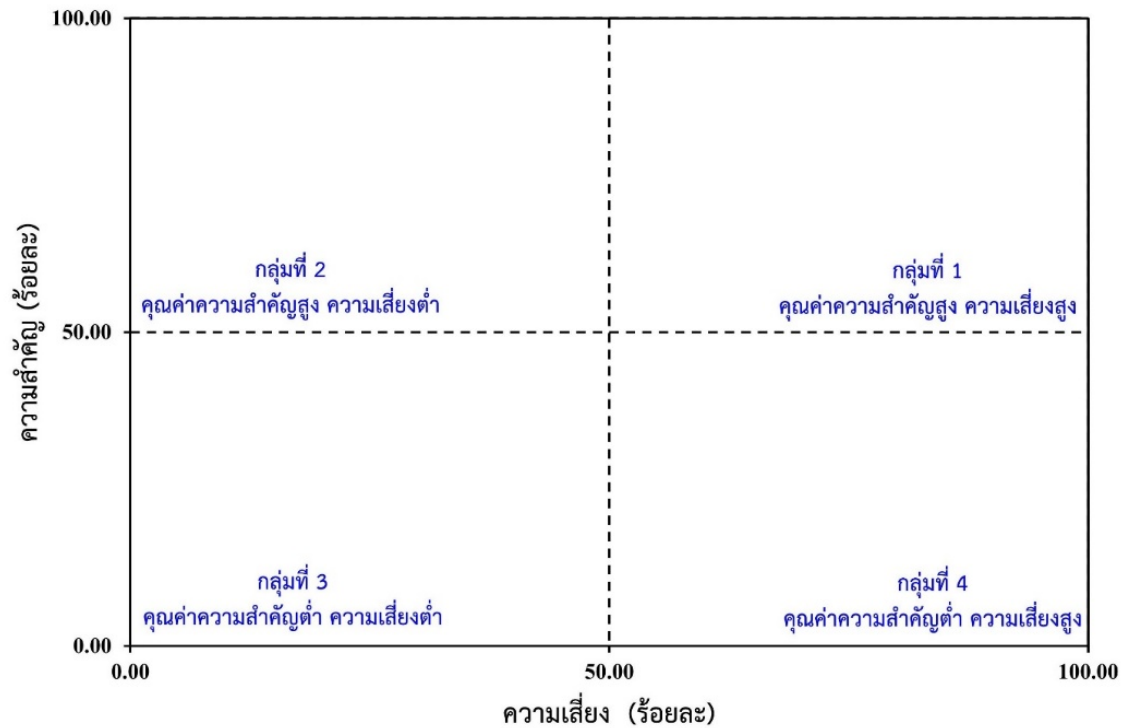
เป็นแหล่งธรรมชาติที่มีความสำคัญเนื่องจากมีคุณค่าในตัวเองและคุณค่าการใช้ประโยชน์สูง แม้จะมีความเสี่ยงน้อยจากภัยคุกคามต่างๆ แต่ก็ต้องไม่นิ่งนอนใจ ควรต้องกำหนดแนวทาง/มาตรการในการอนุรักษ์เพื่อให้แหล่งยังคงคุณค่าความสำคัญสูงต่อไป

#### **กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีความสำคัญน้อยและความเสี่ยงน้อย**

เป็นแหล่งที่ความสำคัญในลำดับท้ายสุดในการเข้าไปดำเนินการใดๆ ในแหล่งธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม หากมีงบประมาณและทรัพยากรในการจัดการเพียงพอ ควรให้ความสำคัญกับแหล่งธรรมชาติในกลุ่มนี้ในการดำเนินการเพิ่มคุณค่าของแหล่งธรรมชาติ และมีมาตรการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

#### **กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีความสำคัญน้อยแต่มีความเสี่ยงสูง**

เป็นแหล่งที่ควรให้ความสำคัญในการเข้าไปจัดการแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อให้แหล่งธรรมชาติไม่เสื่อมโทรมลงไป



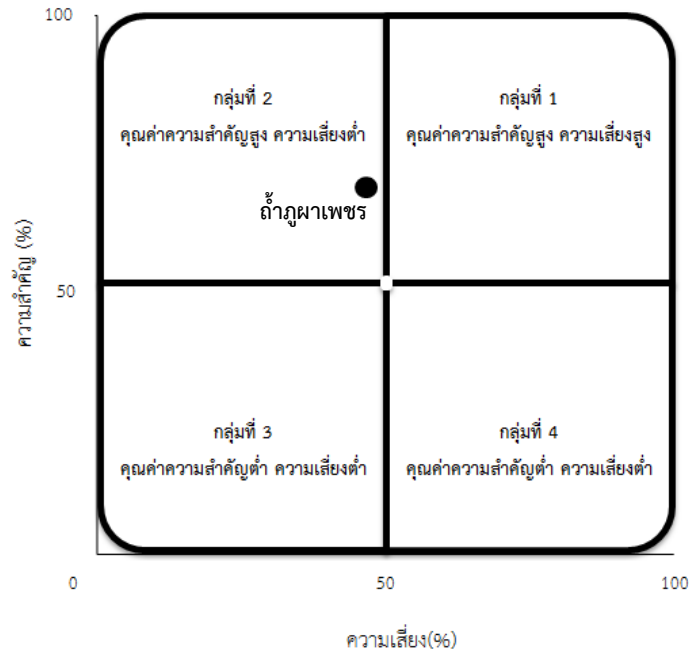
รูปที่ 3-1 การประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

ตารางที่ 3-7 ตัวอย่างการประเมินเพื่อจัดกลุ่มความสำคัญและความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ปัจจัย                                                 | ถ้าพบเพชร                                      |           |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|
|                                                        | ค่าคะแนน                                       | ค่าร้อยละ |
| 1. คุณค่าของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ               | 3.75                                           | 75.00     |
| 2. ศักยภาพในการคงคุณค่าของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ          | 3.18                                           | 63.60     |
| 3. คุณค่าความสำคัญ = (คุณค่าสิ่งแวดล้อม + ศักยภาพ) / 2 | -                                              | 69.3      |
| 4. ความเสี่ยงต่อแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                 | 2.45                                           | 49.0      |
| ผลการจัดลำดับความสำคัญ                                 | กลุ่มที่ 2<br>คุณค่าความสำคัญสูง ความเสี่ยงต่ำ |           |

## แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ถ้ำภูผาเพชร

การประเมินเพื่อจัดกลุ่มความสำคัญและความเสี่ยงของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ถ้ำภูผาเพชรอยู่ในกลุ่มที่ 2 คุณค่าความสำคัญสูง ความเสี่ยงต่ำ



รูปที่ 3-2 แผนภูมิแสดงการจัดลำดับความสำคัญแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ถ้ำภูผาเพชร

## บทที่ 4 มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ

### 4.1 ความสำคัญของการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ

ระบบคาสต์ (Karst) หรือถ้ำ ประกอบไปด้วยระบบธรรมชาติต่างๆ ได้แก่ บรรยากาศ หิน ดิน พืชพรรณ และ น้ำ ที่เชื่อมโยงกัน ในหลายๆ พื้นที่ระบบคาสต์ ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งในเชิงเศรษฐกิจที่สามารถประเมินค่าเป็นตัวเงินได้ (economic values) และที่ไม่สามารถประเมินคุณค่าเป็นตัวเงินได้ เช่นทางวัฒนธรรม (culture) และสำหรับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ (science) จากคุณค่าและมูลค่าที่มนุษย์ได้รับจากระบบคาสต์หรือถ้ำทำให้องค์กรอนุรักษ์ระหว่างประเทศ (International Union for Conservation of the Nations: IUCN) วินิจฉัยว่า ระบบคาสต์/ถ้ำ เป็นระบบธรรมชาติที่ประกอบด้วยหลายองค์ประกอบทั้งองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต และมีชีวิต แต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นการอนุรักษ์/คุ้มครองพื้นที่คาสต์จึงมีความสำคัญอย่างมาก กิจกรรมใดๆ ที่จะเกิดขึ้นทั้งในและบริเวณใกล้เคียงพื้นที่คาสต์ จะต้องมีการควบคุมและทำการศึกษผลกระทบอย่างรอบคอบ ดังนั้นแผน/ยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับคาสต์/ถ้ำ ต้องมีประสิทธิภาพสูง

อย่างไรก็ตามแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำหลายแห่งในประเทศไทย ได้รับผลกระทบหรือภัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรง เช่น ขาดการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแหล่งถ้ำให้เหมาะสม การดัดแปลงองค์ประกอบภายในถ้ำ เช่น การติดตั้งระบบแสงไฟส่องสว่าง การขีดเขียนภายในถ้ำ นอกจากผลกระทบที่ได้รับโดยตรงจากการพัฒนาและ/หรือกิจกรรมของมนุษย์แล้ว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก็ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ เช่น อาจทำให้อัตราการเติบโตของหินงอกหินย้อยลดลง ความแปรปรวนของระบบอุทกวิทยา บริเวณพื้นถ้ำทรุดตัวลง ผิวน้ำถ้ำล้น ฤดูกาลเปลี่ยนแปลงไป น้ำท่วมฉับพลัน ดินถล่ม เป็นต้น

ดังนั้น การดูแลรักษาและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ไม่ให้เสื่อมโทรม จากผลกระทบต่างๆ เหล่านี้ รวมถึงวิธีการหรือแนวทางในการตั้งรับ ปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงเป็นภาระหน้าที่หลักของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

และชุมชนท้องถิ่น เพื่อรักษาคุณค่าของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำไว้ เพื่อประโยชน์แก่สังคมโดยรวมทั้งในปัจจุบันและอนาคต จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำขึ้น เพื่อให้เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับกันทุกฝ่ายของผู้ที่มีส่วนได้-ส่วนเสีย และเป็นแนวทางปฏิบัติในการติดตามสภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หรืออยู่ในภาวะต่ำกว่าเกณฑ์ หรืออยู่ในภาวะวิกฤติ เป็นต้น เป้าหมายสำคัญคือ การรักษาคุณค่าความสำคัญของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีแนวทางการจัดการแก้ไขปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ อย่างมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน นอกจากนี้ การจัดทำเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ยังเป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนให้เกิดการติดตามผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสาเหตุอื่นๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับการตั้งรับ ปรับตัว และป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำได้ต่อไป

## 4.2 ความหมายและหลักการของการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

เกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ หมายถึง ค่าเกณฑ์ที่แสดงถึงคุณภาพของสภาวะแวดล้อม ภายใต้แนวคิดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมดังกล่าวต้องอยู่ภายใต้ระดับที่ยอมรับหรือกำหนดขึ้น อันจะไม่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำนั้นๆ ค่าเกณฑ์ดังกล่าว จัดแบ่งเป็นกลุ่มเพื่อแสดงถึงคุณภาพของสภาวะแวดล้อมด้านต่างๆ ดังนี้

1. เกณฑ์ของแหล่งถ้ำด้านองค์ประกอบของระบบถ้ำและสิ่งแวดล้อม
2. เกณฑ์ของแหล่งถ้ำด้านองค์ประกอบภูมิสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรม
3. เกณฑ์ของแหล่งถ้ำด้านผลผลิตจากการบริการสิ่งแวดล้อมของแหล่งถ้ำ
4. เกณฑ์ของแหล่งถ้ำด้านการบริหารจัดการ

### 4.3 หลักเกณฑ์การกำหนดปัจจัยประเมินผลกระทบ

การกำหนดปัจจัยชี้วัดผลกระทบเพื่อจัดทำเกณฑ์การรักษาคูณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. ปัจจัยชี้วัดสำหรับการติดตามประเมินผลกระทบควรเป็นปัจจัยที่เน้นการวัดถึงผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อระบบถ้ำและการใช้ประโยชน์แหล่งถ้ำ
2. ควรเป็นปัจจัยที่เป็นที่ยอมรับทางวิชาการ ตรวจสอบได้ ติดตามและประเมินผล
3. หน่วยในการวัดสำหรับแต่ละปัจจัยต้องสามารถดำเนินการเปรียบเทียบกันได้ทุกครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการวัดในช่วงเวลาใด เพื่อจัดลำดับขนาดความรุนแรงและทิศทางของผลกระทบได้
4. ปัจจัยในการติดตามและประเมินผลต้องครอบคลุมทุกบริบทของคุณค่าของถ้ำ คือ คุณค่าทางเศรษฐกิจ คุณค่าทางวิทยาศาสตร์ และคุณค่าทางจิตวิญญาณ
5. วิธีการประเมินที่เลือกใช้ ควรเป็นวิธีการที่เป็นที่ยอมรับตามหลักวิชาการและให้ผลถูกต้องน่าเชื่อถือ
6. สนับสนุนให้ถ้ำทุกแหล่งดำเนินการติดตามและประเมินผลกระทบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และอย่างน้อยต้องดำเนินการ ปีละ 1 ครั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล และนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการบริหารจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเพื่อนำมาสู่การพัฒนาแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำให้ยั่งยืนต่อไป
7. ควรสนับสนุนให้ผู้เกี่ยวข้อง เช่น ประชาชนท้องถิ่น องค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น หรือหน่วยงานที่กำกับดูแลถ้ำ เข้าร่วมในการประเมินและติดตามผลด้วย เพื่อให้เกิดความร่วมมือและความตระหนักในสถานภาพของแหล่งถ้ำ

#### 4.4 ปัจจัยชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ

ปัจจัยชี้วัดที่นำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำได้ทบทวนจากเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำที่ได้กำหนดขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557) โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ด้าน คือ องค์ประกอบถ้ำและสิ่งแวดล้อม ภูมิสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรม ผลผลิตจากการบริการสิ่งแวดล้อมของถ้ำ และการบริหารจัดการ ซึ่งจากการทบทวนจากปัจจัยและเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเพื่อนำมาใช้สำหรับแหล่งถ้ำพบว่า ปัจจัยชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งถ้ำยังคงให้ความสำคัญต่อผลกระทบที่จะมีต่อองค์ประกอบขององค์ประกอบถ้ำและสิ่งแวดล้อม ทั้งผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่วนเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมนั้น ได้กำหนดไว้เป็น 3 ระดับดังกล่าวข้างต้นแล้ว คือ (1) ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดี คือ ไม่มีผลกระทบหรือผลกระทบน้อย (2) ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีระดับผลกระทบปานกลางและ (3) ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับต่ำ คือ มีผลกระทบโดยรวมสูงหรือรุนแรง ซึ่งหมายถึงมีผลกระทบเกินค่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ โดยการตรวจวัดและติดตามผลกระทบด้านต่างๆ เป็นประจำ จะทำให้มีข้อมูลทราบถึงสถานภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำว่ามีคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและองค์ประกอบต่างๆ เป็นอย่างไร มีปัญหาหรือผลกระทบมากน้อยเพียงใด ในด้านใด และสามารถติดตามสาเหตุของผลกระทบเพื่อนำมาพิจารณาหาทางแก้ไขได้ทันเวลา

#### 4.5 ขั้นตอนการประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

โดยทั่วไปแล้วการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำจะดำเนินการไปพร้อมกับการเก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแหล่งธรรมชาติ ดังนี้
  - ชื่อแหล่ง ที่ตั้งตามเขตการปกครองท้องถิ่น ที่ตั้งพิกัด UTM สำรวจโดยเครื่องมือ GPS
  - สภาพธรณีวิทยาภายนอกถ้ำ



- การจัดทำผังถ้ำ
- การสำรวจองค์ประกอบภายในถ้ำอย่างละเอียด
- สภาพภูมิอากาศนอกถ้ำและอากาศภายในถ้ำ
- ลักษณะการใช้ประโยชน์แหล่งถ้ำ
- ประเภทของการใช้ที่ดินรอบๆแหล่งถ้ำ
- การเข้าถึง โดยการสำรวจประเภทและระยะทางของเส้นทางที่เข้าสู่แหล่งโดยให้เริ่มต้นจากตัวอำเภอเมืองของจังหวัดที่แหล่งนั้นตั้งอยู่
- หน่วยงานรับผิดชอบ และการบริหารจัดการ ชุมชน ผู้ประกอบการ และหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสีย
- กิจกรรมท่องเที่ยวและขนาดของพื้นที่ที่มีการประกอบกิจกรรมหรือมีโอกาสได้รับผลกระทบจากการท่องเที่ยว
- ประเภทของสิ่งอำนวยความสะดวก

2) กำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยแต่ปัจจัย โดยให้ค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนัก จาก 1 ถึง 5 จากระดับความสำคัญน้อยไปจนมีความสำคัญมาก ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ทั้งนี้ ปัจจัยที่มีค่าถ่วงน้ำหนัก หรืออีกนัยหนึ่ง มีความสำคัญชีวิตการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำสูงสุด ค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 5 ส่วนปัจจัยที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุดเท่ากับ 1 ซึ่งค่าเหล่านี้ได้จากการกระบวนการทำ ranking ของผู้ทรงคุณวุฒิและนักวิจัยในโครงการ

3) เก็บรวบรวมข้อมูลตามปัจจัยชีวิตดังตารางที่ 4-2 นำมาแปรผลเพื่อให้ได้ค่าคะแนนการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแต่ละปัจจัย ซึ่งมีค่า 1 ถึง 3 โดย 1 หมายถึง ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดี คือ ไม่มีผลกระทบหรือผลกระทบน้อย 2 หมายถึง ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีระดับผลกระทบปานกลาง และ 3 หมายถึง ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับต่ำ คือ มีระดับผลกระทบสูง

4) ใช้สมการถ่วงน้ำหนัก (weighting score method) ในการคำนวณหาค่าคุณภาพของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ ดังนี้

$$CENQ = \sum_{i=1}^n (R_i \times W_i) / \sum_{i=1}^n W_i$$

|     |        |   |                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|--------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โดย | $CENQ$ | = | คุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ                                                                                                                                                               |
|     | $W_i$  | = | ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ เป็นการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัย โดยให้ค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนัก จาก 1 ถึง 5 จากระดับความสำคัญน้อยไปจนมีความสำคัญมาก |
|     | $R_i$  | = | ค่าคะแนนคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของปัจจัยที่กำหนด                                                                                                                                                               |
|     | $n$    | = | จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติ                                                                                                                                                   |

5) หลังจากได้ค่าคะแนนของเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมมาแล้ว ให้เปรียบเทียบว่าค่าคะแนนนั้นอยู่ในระดับใดจากเกณฑ์ข้างล่าง

|                                                           |                                  |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|
| ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดี               | มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.00 - 1.66 |
| ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง          | มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.67 - 2.33 |
| ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับต่ำ (ผลกระทบสูง) | มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 2.34 - 3.00 |

6) การประเมินศักยภาพของแหล่งถ้าควรดำเนินการโดยผู้ที่มีประสบการณ์ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการแหล่งธรรมชาติประเภท้ำ และมีความเข้าใจในปัจจัยชีวิตและเกณฑ์ในการประเมินเป็นอย่างดี ในแต่ละแหล่งควรมีการประเมินอย่างน้อย 3- 5 คน เพื่อให้เกิดค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ บุคคลผู้ประเมินควรมีความเป็นกลาง และต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบน้ำ และมีข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งพอสมควร สำหรับทุกปัจจัยชีวิต เพื่อให้การประเมินเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ

| ปัจจัยชี้วัด                       | หน่วยการวัด        | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์ | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>องค์ประกอบถ้ำและสิ่งแวดล้อม</b> |                    |                    |                    |                |                                                                                                                                                                                             |
| 1. จำนวนคูหา (โถงถ้ำ)              | จำนวนโถง/ถ้ำ       | ผลกระทบต่ำ (1)     | >4                 | 4              | เนื่องจากถ้ำเกิดโดยกระบวนการทางเคมี มีความสลับซับซ้อน และใช้เวลายาวนานเป็นล้านๆ ปี ดังนั้น ถ้ำที่มีจำนวนโถงถ้ำมาก ก็บ่งบอกถึงคุณค่าทางธรณีวิทยาเหมือนกัน                                    |
|                                    |                    | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2-3                |                |                                                                                                                                                                                             |
|                                    |                    | ผลกระทบสูง (3)     | 1                  |                |                                                                                                                                                                                             |
| 2. ความยาวของถ้ำ                   | ความยาว (เมตร/ถ้ำ) | ผลกระทบต่ำ (1)     | >1,000 เมตร        | 3              | ถ้ำที่มีความยาวมากบ่งบอกถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น ทิศทางการวางตัวของชั้นหินระบบและลักษณะรอยแตก ฯลฯ และกระบวนการทางธรณีวิทยารวมทั้งสภาพอุทกวิทยาที่สลับซับซ้อน มีคุณค่าต่อการศึกษา/วิจัย |
|                                    |                    | ผลกระทบปานกลาง (2) | 500-1000 เมตร      |                |                                                                                                                                                                                             |
|                                    |                    | ผลกระทบสูง (3)     | <500 เมตร          |                |                                                                                                                                                                                             |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                               | หน่วยการวัด     | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์ | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. ความหลากหลายของหินงอก หินย้อย           | ชนิด/ถ้ำ        | ผลกระทบต่ำ (1)     | >4                 | 5              | ความหลากหลายของ speleothems เช่น หินงอก หินย้อย หินน้ำไหล (flowstone) ไข่มุกถ้ำ helictites ทำนบหินปูน (rimstones) ม่านหินย้อย (draperies) และ เสาหิน (columns) และอื่นๆ บ่งบอกถึงกระบวนการทางอุทกวิทยาและธรณีเคมีที่หลากหลาย |
|                                            |                 | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2-3                |                |                                                                                                                                                                                                                              |
|                                            |                 | ผลกระทบสูง (3)     | 1                  |                |                                                                                                                                                                                                                              |
| 4. หลุมยุบภายในถ้ำ                         | จำนวน/ถ้ำ       | ผลกระทบต่ำ (1)     | 1 หรือ ไม่มี       | 4              | บ่งบอกถึงพัฒนาการของถ้ำในระยะสุดท้าย และกระบวนการทางน้ำที่ยังมีอิทธิพลภายในถ้ำ                                                                                                                                               |
|                                            |                 | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2-3                |                |                                                                                                                                                                                                                              |
|                                            |                 | ผลกระทบสูง (3)     | >4                 |                |                                                                                                                                                                                                                              |
| 5. จำนวนรูเปิด หรือ หน้าต่างถ้ำบนหลังคาถ้ำ | จำนวนรูเปิด/ถ้ำ | ผลกระทบต่ำ (1)     | 1 หรือ ไม่มี       | 4              | หากถ้ำมีรูเปิดบนหลังคาถ้ำ บ่งชี้ถึงหลังคาถ้ำที่บางลง บ่งบอกถึงพัฒนาการของถ้ำในระยะสุดท้าย                                                                                                                                    |
|                                            |                 | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2-3                |                |                                                                                                                                                                                                                              |
|                                            |                 | ผลกระทบสูง (3)     | >4                 |                |                                                                                                                                                                                                                              |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                  | หน่วยการวัด       | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                    | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. ความหลากหลายของฟอสซิลที่พบในถ้ำ                            | ชนิดของฟอสซิล/ถ้ำ | ผลกระทบต่ำ (1)     | >4                                    | 5              | ฟอสซิลบ่งบอกถึงช่วงอายุต่างๆ ของหินที่เป็นองค์ประกอบถ้ำ ดังนั้น ฟอสซิลที่หลากหลายบ่งชี้ถึงความสำคัญทาง การศึกษาธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อมขณะที่ เกิดหินในอดีต |
|                                                               |                   | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2-3                                   |                |                                                                                                                                                            |
|                                                               |                   | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มี หรือเท่ากับ 1                   |                |                                                                                                                                                            |
| 7. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถ้ำ*<br><i>*เพื่อการท่องเที่ยว</i> | ppm               | ผลกระทบต่ำ (1)     | <500                                  | 4              | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถ้ำบ่งบอกถึงการถ่ายเทของสภาพอากาศภายในถ้ำ                                                                                   |
|                                                               |                   | ผลกระทบปานกลาง (2) | 500-1,000                             |                |                                                                                                                                                            |
|                                                               |                   | ผลกระทบสูง (3)     | >1,000 ppm (อ้างอิง ASHRAE 62.1-2007) |                |                                                                                                                                                            |
| 8. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถ้ำ                                     | องศาเซลเซียส      | ผลกระทบต่ำ (1)     | ควรสม่ำเสมอตลอดความยาวถ้ำ             | 4              | ความร้อนที่เกิดภายในถ้ำ อาจมาจากการติดตั้งแสงสว่างภายในถ้ำ และจำนวนนักท่องเที่ยว                                                                           |
|                                                               |                   | ผลกระทบปานกลาง (2) | แปรปรวนปานกลาง                        |                |                                                                                                                                                            |
|                                                               |                   | ผลกระทบสูง (3)     | สูงหรือเท่ากับอุณหภูมิภายนอกถ้ำ       |                |                                                                                                                                                            |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                                   | หน่วยการวัด     | ระดับผลกระทบ                | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9. จำนวนเดือนที่มีหยดน้ำต่อปี                 | เดือน/ปี        | ผลกระทบต่ำ (1)              | มากกว่าหรือเท่ากับ 6              | 4              | หยดน้ำในถ้ำ เกิดจากการที่ฝนชะผ่านการใช้ประโยชน์ที่ดิน (พืชพรรณบนหลังคาถ้ำ) และละลายผ่านชั้นหลังคาถ้ำ ก่อให้เกิดหินย้อยและหินงอก                                                                                      |
|                                               |                 | ผลกระทบปานกลาง (2)          | 3-5                               |                |                                                                                                                                                                                                                      |
|                                               |                 | ผลกระทบสูง (3)              | ไม่มี หรือ น้อยกว่า 2             |                |                                                                                                                                                                                                                      |
| 10. สิ่งมีชีวิตที่ใช้ถ้ำเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย | ชนิด/ถ้ำ        | ผลกระทบต่ำ (1)              | >4                                | 4              | สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในถ้ำ เป็นสิ่งมีชีวิตที่ค่อนข้างเปราะบางมากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่นอกถ้ำ ดังนั้น ควรที่จะต้องอนุรักษ์สิ่งมีชีวิตเหล่านี้โดยไม่ทำการใดๆ ที่จะไปรบกวนสถานที่อยู่อาศัยและสืบพันธุ์ |
|                                               |                 | ผลกระทบปานกลาง (2)          | 2-3                               |                |                                                                                                                                                                                                                      |
|                                               |                 | ผลกระทบสูง (3)              | ไม่มี หรือเท่ากับ 1               |                |                                                                                                                                                                                                                      |
| 11. อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในรอบ 10 ปี    | มิลลิเมตร/10 ปี | ไม่มีผลกระทบ/ผลกระทบต่ำ (1) | 0 ถึง $\pm 150$ มม./10 ปี         | 4              | การที่ปริมาณฝนแปรปรวนไปอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออุทกวิทยาภายในถ้ำ                                                                                                                   |
|                                               |                 | ผลกระทบปานกลาง (2)          | $\pm 150$ ถึง $\pm 220$ มม./10 ปี |                |                                                                                                                                                                                                                      |
|                                               |                 | ผลกระทบสูง (3)              | $> \pm 220$ มม./10 ปี             |                |                                                                                                                                                                                                                      |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                                                        | หน่วยการวัด         | ระดับผลกระทบ                | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                      | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อรอบ 10 ปี                        | องศาเซลเซียส/ 10 ปี | ไม่มีผลกระทบ/ผลกระทบต่ำ (1) | 0 ถึง $\pm 0.1^{\circ}\text{C}/10$ ปี                   | 4              | การที่อุณหภูมิมีความแปรปรวนไป อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการคายระเหยของพืชและดิน อาจทำให้เกิดความแห้งแล้งและส่งผลกระทบต่อทิวทัศน์ภายในถ้ำ                                                                          |
|                                                                    |                     | ผลกระทบปานกลาง (2)          | $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ถึง $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                    |                     | ผลกระทบสูง (3)              | $>\pm 0.2^{\circ}\text{C}$                              |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บนหลังถ้ำและบริเวณรอบตัวถ้ำ | ร้อยละ/ปี           | ไม่มีผลกระทบ/ผลกระทบต่ำ (1) | 0                                                       | 4              | พืชพรรณที่ปกคลุมอยู่บนหลังถ้ำมีผลต่อการไหล และซึมซับของน้ำผ่านหลังถ้ำ และการหน่วงการไหลของน้ำ (เช่น พืชยืนต้น จะดูดซึมน้ำไว้ได้ยาวนานกว่าพืชตระกูลหญ้า) การละลายคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านผนังถ้ำ ลงมาสู่ตัวถ้ำ ดังนั้น จึงมีผลต่อการเกิด speleothems ในถ้ำ |
|                                                                    |                     | ผลกระทบปานกลาง (2)          | 0.2                                                     |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                    |                     | ผลกระทบสูง (3)              | $>0.2$                                                  |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14. ระยะห่างจากเหมืองระเบิดหินหรืออุตสาหกรรมหินปูน                 | กิโลเมตร            | ผลกระทบต่ำ (1)              | ระยะห่าง $> 10$ กิโลเมตร                                | 5              | เพื่อวัดผลกระทบจากความใกล้ไกลของที่ตั้งเหมืองระเบิดหิน กับตัวถ้ำ เนื่องจากความรุนแรงของการระเบิดหินก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนต่อระบบนิเวศโดยรอบและส่งผลกระทบต่อมาถึงระบบถ้ำ                                                                              |
|                                                                    |                     | ผลกระทบปานกลาง (2)          | ระยะห่าง 5-10 กิโลเมตร                                  |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                    |                     | ผลกระทบสูง (3)              | ระยะห่าง $< 5$ กิโลเมตร<br>อันตรายมากที่สุด             |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |



ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                            | หน่วยการวัด           | ระดับผลกระทบ               | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์               | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15. อัตราการเกิดไฟฟ้าบริเวณถ้ำ และพื้นที่ภูเขารอบตัวถ้ำ | จำนวนครั้ง/ปี         | ไม่มีผลกระทบ (1)           | ไม่มี                            | 4              | เพื่อวัดผลกระทบจากไฟฟ้า ไฟป่าเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อน และเปลี่ยนแปลงพืชพรรณที่ปกคลุมหลังคาถ้ำ การเกิดไฟฟ้าบ่อยครั้งเป็นอันตรายต่อระบบถ้ำ                                                                 |
|                                                         |                       | ผลกระทบปานกลาง (2)         | 1-2                              |                |                                                                                                                                                                                                           |
|                                                         |                       | ผลกระทบสูง (3)             | >3                               |                |                                                                                                                                                                                                           |
| 16. การถูกทำลายหรือได้รับอันตรายจากภัยพิบัติ            | จำนวนครั้ง/ปี         | ไม่มีผลกระทบ/ผลกระทบต่ำ(1) | ไม่มี                            | 3              | เพื่อประเมินการถูกทำลายแหล่งถ้ำจากภัยธรรมชาติ เช่น ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ น้ำท่วม                                                                                                                      |
|                                                         |                       | ผลกระทบปานกลาง (2)         | 1-2                              |                |                                                                                                                                                                                                           |
|                                                         |                       | ผลกระทบสูง (3)             | >3                               |                |                                                                                                                                                                                                           |
| 17. หลักฐานทางโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์                 | จำนวนชิ้น-สถานภาพ/ถ้ำ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1)       | ไม่พบ/หลักฐานอยู่ในสภาพดี        | 4              | เพื่อศึกษาวัฒนธรรม ความเป็นอยู่ ความเชื่อ พิธีกรรมของมนุษย์ในอดีตสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการใช้พื้นที่ในถ้ำ เช่น การพบภาพเขียนสี เครื่องมือหิน เศษภาชนะดินเผา และกระดูกมนุษย์ในอดีต เป็นต้น |
|                                                         |                       | ผลกระทบปานกลาง (2)         | ยังปรากฏหลักฐาน แต่เสื่อมโทรม    |                |                                                                                                                                                                                                           |
|                                                         |                       | ผลกระทบสูง (3)             | หลักฐานมีความเสียหายเกือบทั้งหมด |                |                                                                                                                                                                                                           |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                            | หน่วยการวัด           | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์               | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18. หลักฐานทางโบราณคดียุคประวัติศาสตร์ | จำนวนชิ้น-สถานภาพ/ถ้ำ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | ไม่พบ/หลักฐานอยู่ในสภาพดี        | 3              | เพื่อศึกษาวัฒนธรรม ความเป็นอยู่ ความเชื่อ พิธีกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันที่มีความสำคัญต่อการใช้พื้นที่ในถ้ำ เช่น การนำพระพุทธรูปมาประดิษฐานภายในถ้ำ หรือการสลักพระปรางค์ไธยย่อไว้ที่ผนังถ้ำ                                |
|                                        |                       | ปานกลาง (2)          | ยังปรากฏหลักฐาน แต่เสื่อมโทรม    |                |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                        |                       | ผลกระทบสูง (3)       | หลักฐานมีความเสียหายเกือบทั้งหมด |                |                                                                                                                                                                                                                         |
| 19. การถูกทำลายหลักฐานทางโบราณคดี      | จำนวนชิ้น-สถานภาพ/ถ้ำ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | ไม่พบ/หลักฐานอยู่ในสภาพดี        | 4              | การทำลายหลักฐานทางโบราณคดีอาจเกิดขึ้นโดยมนุษย์หรือธรรมชาติ เช่น การตั้งสำนักสงฆ์ การท่องเที่ยว หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อภาพเขียนสี การถูกทำลายของหลักฐานทางโบราณคดีย่อมลดคุณค่าความสำคัญของถ้ำลงไป |
|                                        |                       | ผลกระทบปานกลาง (2)   | ยังปรากฏหลักฐาน แต่เสื่อมโทรม    |                |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                        |                       | ผลกระทบสูง (3)       | หลักฐานมีความเสียหายเกือบทั้งหมด |                |                                                                                                                                                                                                                         |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                             | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                                                             | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|--------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ภูมิสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรม</b>     |              |                      |                                                                                                                |                |                                                                                                                                                                        |
| 20. ด้านการแบ่งเขตการใช้ประโยชน์รอบๆ ถ้ำ | ระดับผลกระทบ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | มีการแบ่งพื้นที่เป็นส่วนๆ อย่างชัดเจน สามารถควบคุมการเข้าถึงพื้นที่และกิจกรรมต่างๆ ได้สะดวกในการบริหารจัดการ   | 4              | การแบ่งเขตการใช้ที่ดินบริเวณถ้ำเพื่อป้องกันผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์และการพัฒนาสิ่งก่อสร้างและสิ่งอำนวยความสะดวกที่ไม่เหมาะสม เพื่อให้คงบรรยากาศธรรมชาติเดิมให้มากที่สุด |
|                                          |              | ผลกระทบปานกลาง (2)   | มีการแบ่งพื้นที่เป็นส่วนๆ ไม่ชัดเจน แต่สามารถควบคุมการเข้าถึงพื้นที่และกิจกรรมต่างๆ ได้ สะดวกในการบริหารจัดการ |                |                                                                                                                                                                        |
|                                          |              | ผลกระทบสูง (3)       | ไม่มีการแบ่งพื้นที่เป็นส่วนๆ อย่างชัดเจน เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและความเสื่อมโทรม                            |                |                                                                                                                                                                        |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                     | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                                         | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21. การขยายพื้นที่ของส่วนบริการ | ระดับผลกระทบ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | ไม่พบ/การขยายพื้นที่ของส่วนบริการ ทัศนียภาพโดยรวมยังสวยงาม                                 | 4              | พื้นที่แต่ละส่วนต้องสามารถรองรับกิจกรรมการใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม การพัฒนาทางกายภาพสูง จะทำให้เกิดการรุกรานพื้นที่ธรรมชาติมากขึ้น และสิ่งแวดล้อมเกิดความเสื่อมโทรม อีกทั้งลดคุณค่าด้านสุนทรียภาพของพื้นที่อีกด้วย |
|                                 |              | ผลกระทบปานกลาง (2)   | มีการขยายพื้นที่ของส่วนบริการ แต่ไม่ได้ขยายเข้าไปสู่แหล่งธรรมชาติ ทัศนียภาพโดยรวมยังสวยงาม |                |                                                                                                                                                                                                                      |
|                                 |              | ผลกระทบสูง (3)       | มีการขยายพื้นที่ของส่วนบริการ เข้าไปในแหล่งธรรมชาติ ทัศนียภาพโดยรวมแออัด                   |                |                                                                                                                                                                                                                      |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                 | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                     | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|--------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22. ด้านสุนทรียภาพและความงาม | ระดับผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ (1)   | ไม่มีการปรับเปลี่ยนใดๆ ภายในถ้ำ                                        | 4              | การคงสภาพเดิมของถ้ำหรือการเปิดมุมมองที่สวยงามโดยการตัดแต่งสภาพธรรมชาติให้น้อยที่สุด ทำให้อนุชนรุ่นหลังได้พบเห็นสภาพแท้จริง รวมทั้งการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกภายในถ้ำ ควรต้องทำด้วยความระมัดระวัง และควรมีผู้เชี่ยวชาญด้านถ้ำเป็นที่ปรึกษา |
|                              |              | ผลกระทบปานกลาง (2) | มีทางเดินภายในถ้ำ และพยายามหลีกเลี่ยงหินงอก/หินย้อย/เสาหินให้มากที่สุด |                |                                                                                                                                                                                                                                           |
|                              |              | ผลกระทบสูง (3)     | มีทางเดินภายในถ้ำ โดยทำทับ/ทำลายหินงอก/หินย้อย/เสาหิน                  |                |                                                                                                                                                                                                                                           |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                     | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                    | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23. ความเหมาะสมของขนาดสิ่งก่อสร้างรูปทรง การใช้สีสันทัน และวัสดุ | ระดับผลกระทบ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | รูปทรงและตัวอาคารมีขนาดเหมาะสม และการใช้วัสดุและสี กลมกลืนกับธรรมชาติ | 4              | การสร้างอาคารในแหล่งธรรมชาติควรคำนึงถึงความกลมกลืนกับธรรมชาติ ทั้งขนาด รูปทรง และสีสันทัน ที่ต้องกลมกลืนกับธรรมชาติและสภาพแวดล้อม การพัฒนาโดยขาดการศึกษาปัจจัยธรรมชาติและขาดการออกแบบที่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อทางกายภาพของแหล่งถ้ำ |
|                                                                  |              | ผลกระทบปานกลาง (2)   | รูปทรงและตัวอาคารมีขนาดใหญ่โต แต่การใช้วัสดุและสี กลมกลืนกับธรรมชาติ  |                |                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                  |              | ผลกระทบสูง (3)       | รูปทรงและตัวอาคารมีขนาดใหญ่โต การใช้วัสดุและสีไม่กลมกลืนกับธรรมชาติ   |                |                                                                                                                                                                                                                                     |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                       | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                                                   | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                    |
|----------------------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ผลผลิตจากการบริการสิ่งแวดล้อมของถ้ำ</b>         |              |                      |                                                                                                      |                |                                                                                                    |
| 24. การใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเรียนรู้ | ระดับผลกระทบ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | ความพึงพอใจของผู้มาเยือนในด้านสื่อ การเรียนรู้ เพลิดเพลิน และดูแลเอกลักษณ์ของแหล่งอยู่ในระดับสูง     | 4              | เพื่อวัดความพึงพอใจของผู้มาเยือนในด้าน การเรียนรู้ ความเพลิดเพลิน และความพึงพอใจต่อการดูแลรักษาถ้ำ |
|                                                    |              | ผลกระทบปานกลาง (2)   | ความพึงพอใจของผู้มาเยือนในด้านสื่อ การเรียนรู้ เพลิดเพลิน และดูแลเอกลักษณ์ของแหล่งอยู่ในระดับปานกลาง |                |                                                                                                    |
|                                                    |              | ผลกระทบสูง (3)       | ความพึงพอใจของผู้มาเยือนในด้านสื่อ การเรียนรู้ เพลิดเพลิน และดูแลเอกลักษณ์ของแหล่งอยู่ในระดับต่ำ     |                |                                                                                                    |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                               | หน่วยการวัด  | ระดับผลกระทบ         | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                              | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                   |
|-------------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25. การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในพื้นที่ | ระดับผลกระทบ | ไม่มี/ผลกระทบต่ำ (1) | วิถีชีวิตและวัฒนธรรมเหมือนเดิม/ดีขึ้น                                           | 3              | การพัฒนาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต การซื้อขายที่ดิน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนท้องถิ่นบริเวณโดยรอบของถ้ำ |
|                                           |              | ผลกระทบปานกลาง (2)   | มีการเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่ยังคงดำเนินชีวิตตามปกติ                                 |                |                                                                                                                   |
|                                           |              | ผลกระทบสูง (3)       | มีการเปลี่ยนแปลง เกิดผลกระทบด้านวิถีชีวิต และวัฒนธรรมของคนในท้องถิ่นอย่างรุนแรง |                |                                                                                                                   |



ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                                                                                  | หน่วยการวัด                                    | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์ | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26. งานวิจัย/ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ                 | ชิ้นงาน/ปี                                     | ผลกระทบต่ำ (1)     | >2 เรื่อง          | 4              | งานวิจัยเป็นการสร้างองค์ความรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมากหลักฐานต่างๆ ภายในถ้ำจะเป็นเครื่องมือ (natural proxy) บ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมในอดีต เนื่องจากระบบถ้ำใช้เวลา ยาวนานมากนับล้านปีในการเกิด และ speleothems อาจมีอายุหลายพันปี แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน อาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาระบบถ้ำในปัจจุบันเช่นเดียวกัน |
|                                                                                              |                                                | ผลกระทบปานกลาง (2) | มี 1-2 เรื่อง      |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                              |                                                | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มีการทำวิจัย    |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 27. ความต่อเนื่องของงานวิจัย/ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ | ระยะเวลาความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล ปี/เรื่อง | ผลกระทบต่ำ (1)     | >2                 | 4              | งานวิจัยที่ดีนั้นควรมีการตรวจวัดที่ต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปี เพื่อครอบคลุมช่วงเวลาทุกฤดูกาล รวมถึงครอบคลุมช่วงเวลาการไหลต่อเนื่องของหยดน้ำหรือภูมิอากาศในถ้ำจากฤดูกาลหนึ่งไปยังฤดูกาลต่อมาในปีถัดไป                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                              |                                                | ผลกระทบปานกลาง (2) | 1-2                |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                              |                                                | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มี              |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                   | หน่วยการวัด                          | ระดับผลกระทบ                    | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                                                                | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28. การสำรวจ<br>ศึกษาวิจัยทาง<br>วิชาการก่อนการ<br>จัดการ      | จำนวนเรื่อง/<br>ปี                   | ผลกระทบต่ำ (1)                  | >2                                                                                | 5              | การสำรวจทางวิชาการ เช่น การสำรวจผังถ้ำ และการศึกษาด้านถ้ำวิทยา และวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ เช่น ธรณีวิทยา ชีววิทยา อุทกวิทยา และ โบราณคดี ฯลฯ นำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมิน เพื่อแยกแยะประเภทถ้ำ หรือโถงถ้ำ ก่อนที่จะนำไปพิจารณาพัฒนาหรือบริหารจัดการพื้นที่ |
|                                                                |                                      | ผลกระทบปานกลาง (2)              | 1-2                                                                               |                |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                |                                      | ผลกระทบสูง (3)                  | ไม่มี                                                                             |                |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| การบริหารจัดการ                                                |                                      |                                 |                                                                                   |                |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 29. การดูแลเรื่องความ<br>สะอาดและ<br>สุขอนามัยรอบๆ<br>แหล่งถ้ำ | จำนวนครั้งที่<br>ร้องเรียน/<br>เดือน | ไม่มีผลกระทบ/<br>ผลกระทบต่ำ (1) | ไม่มีการร้องเรียนทั้งจาก<br>ประชาชนรอบๆ แหล่งถ้ำ/<br>นักท่องเที่ยว                | 3              | สุขอนามัยสิ่งแวดล้อมของผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือน                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                |                                      | ผลกระทบปานกลาง (2)              | มีการร้องเรียนทั้งจาก<br>ประชาชนรอบๆ แหล่งถ้ำ/<br>นักท่องเที่ยว 5-10 ราย          |                |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                |                                      | ผลกระทบสูง (3)                  | มีการร้องเรียนทั้งจาก<br>ประชาชนรอบๆ แหล่งถ้ำ/<br>นักท่องเที่ยว มากกว่า 10<br>ราย |                |                                                                                                                                                                                                                                                          |

ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชี้วัด                                                            | หน่วยการวัด                        | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                       | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30. การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการอนุรักษ์จัดการแหล่ง้ำ                | จำนวนหน่วยงาน/ภาคส่วนที่มีส่วนร่วม | ผลกระทบต่ำ (1)     | >3 หน่วยงาน                              | 4              | การมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องและความเข้มแข็งของทุกภาคส่วนมีผลต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมมากกว่าหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งดำเนินงานเพียงลำพัง                                |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบปานกลาง (2) | 2 หน่วยงาน                               |                |                                                                                                                                                                                 |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มี/1 หน่วยงาน                         |                |                                                                                                                                                                                 |
| 31. การมีแผนงานโครงการ กิจกรรมต่างๆ ในการอนุรักษ์้ำ และนำไปปฏิบัติ      | ระดับผลกระทบ                       | ผลกระทบต่ำ (1)     | มีแผนและนำไปปฏิบัติ                      | 4              | แผน งาน โครงการ กิจกรรมต่างๆ ในการอนุรักษ์ แหล่ง้ำ ช่วยทำให้มีแนวทางในการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์ แหล่งที่ชัดเจนขึ้น                                                           |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบปานกลาง (2) | มีแผนแต่ไม่ได้ปฏิบัติ                    |                |                                                                                                                                                                                 |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มีมีแผน                               |                |                                                                                                                                                                                 |
| 32. การดูแลรักษาสิ่งอำนวยความสะดวก/สิ่งก่อสร้างในพื้นที่ ทั้งในและนอก้ำ | ระดับผลกระทบ                       | ผลกระทบต่ำ (1)     | ดูแลเป็นอย่างดี                          | 4              | การดูแลรักษาสิ่งอำนวยความสะดวกให้ใช้การได้ดี ไม่ชำรุด ทรุดโทรม จนกลายเป็นทัศนอุจาด หรือ การปล่อยให้ผู้มาเยือนขีดเขียนข้อความต่างๆ ลงบนผนังถ้ามีความสำคัญต่อผลกระทบเชิงภูมิทัศน์ |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบปานกลาง (2) | บำรุงรักษาในบางพื้นที่ที่มีผู้มาเยือนมาก |                |                                                                                                                                                                                 |
|                                                                         |                                    | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มีการบำรุงรักษา                       |                |                                                                                                                                                                                 |

## ตารางที่ 4-1 ปัจจัยชีวิตและเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ปัจจัยชีวิต                                                                        | หน่วยการวัด      | ระดับผลกระทบ       | ลักษณะบ่งชี้/เกณฑ์                           | ค่าถ่วงน้ำหนัก | เหตุผล/คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 33. การดูแลรักษา<br>หลักฐานโบราณคดี<br>ทั้งใน/นอกถ้ำ และ<br>ทำป้ายสื่อ<br>ความหมาย | ระดับ<br>ผลกระทบ | ผลกระทบต่ำ (1)     | ดูแลเป็นอย่างดี                              | 5              | การดูแลรักษาหลักฐานทางโบราณคดีให้อยู่<br>ในสภาพคงเดิมให้ได้มากที่สุด ไม่ทำลาย<br>หรือปล่อยให้ผู้มาเยือนขีดเขียนข้อความ<br>ต่างๆ ทับบนหลักฐานทางโบราณคดี<br>เนื่องจากการอนุรักษ์และดูแลรักษา<br>หลักฐานทางโบราณคดีช่วยดำรง<br>ความสำคัญต่อประวัติศาสตร์มนุษย์ไว้ได้<br>รวมทั้ง การทำป้ายอธิบายช่วยทำผู้มาเยือน<br>มีความเข้าใจความเป็นมาของถ้ำมากขึ้น |
|                                                                                    |                  | ผลกระทบปานกลาง (2) | บำรุงรักษาในบางพื้นที่ที่มี<br>ผู้มาเยือนมาก |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                    |                  | ผลกระทบสูง (3)     | ไม่มีการบำรุงรักษา                           |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

หมายเหตุ: ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบถ้ำและสิ่งแวดล้อม เช่น

- 1) ตัวแปรที่ 1-5 ตัวแปรที่ 17-19 หากทุกถ้ำได้ทำการสำรวจ จัดการทำผังถ้ำตามรูปแบบวิชาการอย่างละเอียดโดยคณะผู้เชี่ยวชาญ สามารถที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลต่อไป  
และอาจทำการตรวจประเมิน ปีละ 1 ครั้ง
- 2) ตัวแปรที่ 6 และ 10 ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการสำรวจและจัดทำเป็นฐานข้อมูล และมีการติดตาม
- 3) ตัวแปรที่ 7-9 ควรมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาจัดการฝึกอบรมให้กับผู้ปฏิบัติ และผู้ปฏิบัติสามารถที่จะตรวจติดตามข้อมูลเหล่านี้ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลในแต่ละช่วงเวลา
- 4) ตัวแปรที่ 11-12 สามารถใช้ข้อมูลจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
- 5) ตัวแปรที่ 13 สามารถใช้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- 6) ตัวแปรที่ 14 ใช้ข้อมูลจากองค์การบริหารส่วนตำบล หรือ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม
- 7) ตัวแปรที่ 15 ใช้ข้อมูลจาก สำนักไฟฟ้า และองค์การบริหารส่วนตำบล

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

| ลำดับ                            | เกณฑ์                                                             | คะแนน<br>ภูผาเพชร (R ) | ค่าถ่วง<br>น้ำหนัก (W) | R x W | ระดับการรักษา<br>คุณภาพ<br>สิ่งแวดล้อม |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-------|----------------------------------------|
| <b>ด้านระบบถ้ำและสิ่งแวดล้อม</b> |                                                                   |                        |                        |       |                                        |
| 1                                | จำนวนคูหา (โถงถ้ำ)                                                | 1                      | 4                      | 4     | 1.54                                   |
| 2                                | ความยาวของถ้ำ                                                     | 2                      | 3                      | 6     |                                        |
| 3                                | ความหลากหลายของหินงอก-หินย้อย                                     | 1                      | 5                      | 5     |                                        |
| 4                                | หลุมยุบภายในถ้ำ                                                   | 2                      | 4                      | 8     |                                        |
| 5                                | จำนวนรูเปิดบนหลังคาถ้ำ                                            | 2                      | 4                      | 8     |                                        |
| 6                                | ความหลากหลายของฟอสซิลที่พบในถ้ำ                                   | 2                      | 5                      | 10    |                                        |
| 7                                | ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถ้ำ                                       | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 8                                | อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถ้ำ                                            | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 9                                | จำนวนเดือนที่มีหยดน้ำต่อปี                                        | 2                      | 4                      | 8     |                                        |
| 10                               | สิ่งมีชีวิตที่ใช้ถ้ำเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย                         | 2                      | 4                      | 8     |                                        |
| 11                               | อัตราการเปลี่ยนแปลงฝนในรอบ 10 ปี                                  | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 12                               | อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบ 10 ปี                            | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 13                               | การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บนหลังคาถ้ำ และบริเวณรอบตัวถ้ำ | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 14                               | ระยะห่างจากเหมืองระเบิดหิน หรืออุตสาหกรรมหินปูน                   | 1                      | 5                      | 5     |                                        |
| 15                               | อัตราการเกิดไฟฟ้า บริเวณถ้ำ และพื้นที่ภูเขารอบตัวถ้ำ              | 1                      | 4                      | 4     |                                        |
| 16                               | การถูกทำลายหรือได้รับอันตรายจากภัยพิบัติ                          | 2                      | 3                      | 6     |                                        |

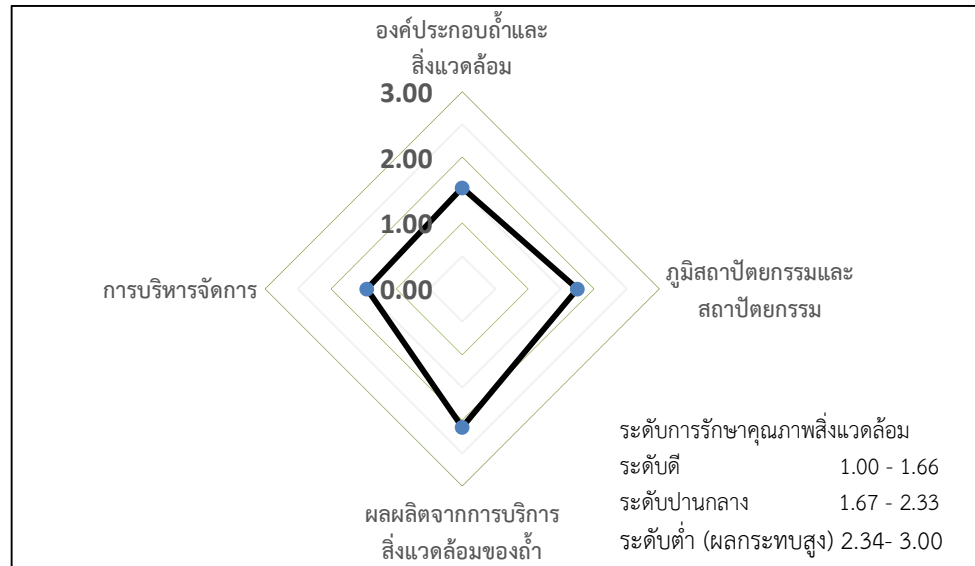
ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ลำดับ                             | เกณฑ์                                                                                    | คะแนน<br>คุณภาพ ( R ) | ค่าถ่วง<br>น้ำหนัก ( W) | R x W | ระดับการรักษา<br>คุณภาพ<br>สิ่งแวดล้อม |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------|----------------------------------------|
| 17                                | หลักฐานทางโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์                                                      | 2                     | 4                       | 8     |                                        |
| 18                                | หลักฐานทางโบราณคดียุคประวัติศาสตร์                                                       | 3                     | 3                       | 9     |                                        |
| 19                                | การทำลายหลักฐานทางโบราณคดี                                                               | 2                     | 4                       | 8     |                                        |
| ด้านภูมิสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรม |                                                                                          |                       |                         |       |                                        |
| 20                                | ด้านการแบ่งเขตการใช้ประโยชน์รอบๆ ถ้ำ                                                     | 2                     | 4                       | 8     | 1.75                                   |
| 21                                | การขยายพื้นที่ของส่วนบริการ                                                              | 1                     | 4                       | 4     |                                        |
| 22                                | ด้านสุนทรียภาพและความงาม                                                                 | 2                     | 4                       | 8     |                                        |
| 23                                | ความเหมาะสมของขนาดสิ่งก่อสร้าง รูปทรง การใช้สีส้นและวัสดุ                                | 2                     | 4                       | 8     |                                        |
| ผลผลิตจากการบริการสิ่งแวดล้อม     |                                                                                          |                       |                         |       |                                        |
| 24                                | การใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเรียนรู้                                           | 1                     | 4                       | 4     | 2.1                                    |
| 25                                | การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในพื้นที่                                                    | 1                     | 3                       | 3     |                                        |
| 26                                | งานวิจัย/ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ                 | 2                     | 4                       | 8     |                                        |
| 27                                | ความต่อเนื่องของงานวิจัย/ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ | 3                     | 4                       | 12    |                                        |
| 28                                | การสำรวจ ศึกษาวิจัยทางวิชาการ ก่อนการจัดการ                                              | 3                     | 5                       | 15    |                                        |

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (ต่อ)

| ลำดับ                                 | เกณฑ์                                                                 | คะแนน<br>คุณภาพ (R ) | ค่าถ่วง<br>น้ำหนัก (W) | R x W | ระดับการรักษา<br>คุณภาพ<br>สิ่งแวดล้อม |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-------|----------------------------------------|
| <b>ด้านการบริหารจัดการ</b>            |                                                                       |                      |                        |       |                                        |
| 29                                    | การดูแลเรื่องความสะอาดและสุขอนามัยรอบๆ แหล่งถ้ำ                       | 1                    | 3                      | 3     | 1.45                                   |
| 30                                    | การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการอนุรักษ์จัดการแหล่งถ้ำ                 | 2                    | 4                      | 8     |                                        |
| 31                                    | การมีและนำแผนงานไปปฏิบัติ โครงการ กิจกรรมต่างๆ ในการอนุรักษ์ แหล่งถ้ำ | 1                    | 4                      | 4     |                                        |
| 32                                    | การดูแลรักษาสิ่งอำนวยความสะดวก /สิ่งก่อสร้างในพื้นที่ ทั้งในและนอกถ้ำ | 1                    | 4                      | 4     |                                        |
| 33                                    | การดูแลรักษาหลักฐานทางโบราณคดีทั้งใน/นอกถ้ำ และทำป้ายสื่อความหมาย     | 2                    | 5                      | 10    |                                        |
| <b>ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม</b> |                                                                       |                      |                        |       | <b>1.64</b>                            |

จากการประเมินเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมประเภทถ้ำ ของถ้ำภูผาเพชร อำเภอเม่นัง จังหวัดสตูล มีค่าเท่ากับ 1.64 จัดว่าอยู่ในคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในระดับดี



รูปที่ 4-1 ระดับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ถ้าภูผาเพชร จังหวัดสตูล

#### คำอธิบาย:

ระดับดี หมายถึง ผลกระทบต่ำ คุณภาพสิ่งแวดล้อมดีถึงดีมาก แหล่งมีปัญหาผลกระทบคุณภาพสิ่งแวดล้อมน้อยหรือยังไม่มี แต่ควรได้รับการดูแลจัดการอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษามาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ระดับปานกลาง หมายถึง ผลกระทบปานกลาง คุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง แหล่งมีแนวโน้มจะเกิดปัญหาผลกระทบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมที่วิกฤตขึ้นหากไม่ได้รับการดูแลจัดการ จึงควรได้รับการแก้ไขปัญหาลักษณะโดยเร็ว

ระดับต่ำ หมายถึง ผลกระทบสูง คุณภาพสิ่งแวดล้อมระดับต่ำ แหล่งกำลังอยู่ในภาวะวิกฤต คุณภาพของสิ่งแวดล้อมมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน



สรุปโดยภาพรวมผลการประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ กรณีถ้ำภูผาเพชร จังหวัดสตูล อยู่ในคุณภาพดี อย่างไรก็ตามการประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำนั้น ควรที่จะทำการประเมิน อย่างต่อเนื่อง เช่น ปีละ 1 ครั้ง โดยหน่วยงานในท้องถิ่น หรือคณะกรรมการบริหารจัดการถ้ำ โดยองค์ประกอบของผู้ประเมินควรประกอบด้วยอย่างน้อย 3 - 5 คน เพื่อที่จะได้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง และสามารถนำผลการประเมินในแต่ละด้านมาทำการวิเคราะห์และนำไปสู่การบริหารจัดการในพื้นที่ต่อไป กรณีที่ด้านองค์ประกอบใดๆ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปในทางคุณภาพที่ต่ำลง และในทางตรงกันข้ามหากด้านใดได้ค่าคะแนนอยู่ในระดับดี ควรที่จะนำองค์ประกอบและหรือเกณฑ์ด้านนั้นๆ มาวิเคราะห์ถึงสาเหตุ เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงหรือส่งเสริมในการบริหารจัดการ เพื่อที่จะรักษาระดับด้านองค์ประกอบทุกด้านให้อยู่ในระดับดีต่อไป หน่วยงานที่รับผิดชอบหรือคณะกรรมการบริหารถ้ำควรที่จะเร่งดำเนินการคือ ควรที่จะนำชุดเกณฑ์การประเมินคุณค่าสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นปีแรก (ปีฐาน) ที่ได้ทำการประเมิน ติดประกาศหรือประชาสัมพันธ์เพื่อที่จะทราบสถานภาพของแหล่งถ้ำ และข้อมูลในปีฐานนี้ สามารถที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับปีอื่นๆ ที่จะได้ทำการประเมินต่อไป

#### 4.6 วิธีการและแนวปฏิบัติในการประเมินผลการบริหารจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

การประเมินผลการบริหารจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปัจจัยที่ใช้ในการประเมินครอบคลุมทุกบริบทของคุณค่าของถ้ำ ดังนั้นการประเมินในปีแรกหรือปีฐาน จะเป็นข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับปีต่อไป และทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการถ้ำสามารถที่จะนำตัวแปรในแต่ละด้านมาวิเคราะห์ประเด็นปัญหา ความสำเร็จ (key success factors) และความล้มเหลวหรือต้องทำการปรับปรุง อย่างชัดเจนและตรงประเด็น เกณฑ์เหล่านี้ เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จะใช้ติดตาม และบริหารจัดการถ้ำให้ยั่งยืนต่อไป การประเมินและติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำควรดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยมีแนวปฏิบัติดังนี้

1. ควรมีการฝึกอบรมหรือจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อซักซ้อมความเข้าใจแก่ผู้มีหน้าที่ดำเนินการติดตามผลกระทบตามเกณฑ์ชี้วัดดังกล่าว โดยในช่วงเริ่มต้นแนะนำให้ขอความร่วมมือกับนักวิชาการที่เข้าใจระบบถ้ำในการชี้แจงถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัย
2. ควรเน้นให้อวิธีการติดตามและประเมินผลเป็นการทำงานร่วมกันกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่รับผิดชอบแหล่ง
3. ควรมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องทุกปี และมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ในระบบฐานข้อมูล มีการรายงานผลต่อหน่วยงานในสังกัดและหน่วยงานทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมจังหวัด
4. ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่รวบรวมและวิเคราะห์ได้ โดยวิเคราะห์ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบในระดับรุนแรง ปัจจัยใดมีแนวโน้มจะเกิดผลกระทบเพิ่มขึ้นในอนาคต และเกิดขึ้น ณ ที่ใด มีการเฝ้าระวังผลกระทบที่เกิดขึ้นในแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ รวมถึงวิเคราะห์ถึงสาเหตุและกำหนดวิธีการจัดการแก้ไขและป้องกันผลกระทบอย่างเหมาะสม
5. มีการจัดตั้งเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับผลกระทบและแนวทางหรือมาตรการต่างๆ ในการจัดการผลกระทบตามมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ โดยจัดให้มีเวทีในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่เหมาะสมเป็นประจำ
6. ควรมีคู่มืออย่างง่ายต่อความเข้าใจ ในการติดตามผลกระทบตามเกณฑ์การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำเพื่อให้หน่วยงานรับผิดชอบโดยตรงสามารถนำไปใช้ได้ด้วยความเข้าใจที่ถูกต้อง เกิดประโยชน์ได้สูงสุด
7. ถ้าแต่ละแหล่งควรมีการจัดทำแผนปฏิบัติเฉพาะเพื่ออนุรักษ์แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการและใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

## บทที่ 5 แนวทางการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ

### 5.1 การแบ่งประเภทถ้ำเพื่อการบริหารจัดการ

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการจัดประเภทถ้ำอย่างชัดเจน ดังนั้น ในการศึกษาถ้ำทั้ง 16 แห่ง ได้ประยุกต์การแบ่งประเภทถ้ำ โดยใช้เกณฑ์ของ Millar and Wilde (1989) และ Smart (1999) มาปรับใช้กับทั้ง 16 แห่ง ผลการศึกษาพบว่า ถ้ำแต่ละแห่งสามารถตกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้แบ่งได้หลายประเภท โดยที่ทั้ง 16 แห่ง ปัจจุบันเป็นถ้ำที่เข้าถึงได้สะดวก และเปิดเพื่อการท่องเที่ยว แต่เพื่อให้การบริหารจัดการเกิดประโยชน์อย่างยั่งยืนกับตัวแหล่ง ควรที่จะแบ่งประเภทของถ้ำ ออกเป็นถ้ำที่สามารถเข้าถึงได้สะดวก และถ้ำที่สามารถเข้าถึงได้แต่มีเงื่อนไข

ตารางที่ 5-1 การแบ่งประเภทถ้ำเพื่อการบริหารจัดการ

| ถ้ำ           | สามารถเข้าถึงได้<br>(Public access caves) |                            |                      | สามารถเข้าถึงได้แต่มีเงื่อนไข<br>(Public access caves with condition) |                                                                                                  |                        |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|               | ผจญภัย<br>(Adventure)                     | การท่องเที่ยว<br>(Tourist) | ศาสนา<br>(Religious) | การวิจัย<br>(Research)                                                | ลักษณะธรรมชาติที่พิเศษหรือคุณค่าเชิงวัฒนธรรม<br>(Sites of special natural and or cultural value) | อันตราย<br>(Dangerous) |
| ถ้ำภูผาเพชร   |                                           | คมนาคมสะดวก, สบายงามมาก    |                      | โถงอ่างศิลาน้อย, อ่างศิลาใหญ่                                         | ห้องพญานาคพัน                                                                                    |                        |
| ถ้ำเขาบินะ    |                                           | คมนาคมสะดวก                |                      | ชั้นหอยโข่งน้ำจืด                                                     |                                                                                                  |                        |
| ถ้ำสุวรรณคูหา |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธไสยาสน์       |                                                                       |                                                                                                  |                        |

ตารางที่ 5-1 การแบ่งประเภทถ้ำเพื่อการบริหารจัดการ (ต่อ)

| ถ้ำ           | สามารถเข้าถึงได้<br>(Public access caves) |                            |                      | สามารถเข้าถึงได้แต่มีเงื่อนไข<br>(Public access caves with condition) |                                                                                                         |                        |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|               | ผจญภัย<br>(Adventure)                     | การท่องเที่ยว<br>(Tourist) | ศาสนา<br>(Religious) | การวิจัย<br>(Research)                                                | ลักษณะธรรมชาติที่พิเศษหรือคุณค่าเชิง<br>วัฒนธรรม<br>(Sites of special natural and or<br>cultural value) | อันตราย<br>(Dangerous) |
| ถ้ำเขาเกรียบ  |                                           | เข้าถึงได้                 | พระพุทธรูป           | ประเภทหินงอก-หินย้อยที่<br>หลากหลาย                                   |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำฝ่ามือแดง  |                                           | ทางเดินเท้าผ่านป่า         |                      |                                                                       | ภาพเขียนสี                                                                                              |                        |
| ถ้ำผาพวง      |                                           | ทางเดินเท้าผ่านป่า         |                      |                                                                       |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำเอรารัน    |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธรูป           | ฟอสซิล (พลับพลึงทะเล)                                                 |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำผาปู่      |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธรูป           |                                                                       | ภาพเขียนสี (ถูกทำลาย)                                                                                   |                        |
| ถ้ำหลวง       | ไม่มีทางเดิน<br>ที่ชัดเจน                 |                            |                      | น้ำไหลผ่าน                                                            |                                                                                                         | น้ำท่วมฤดูฝน           |
| ถ้ำเชียงดาว   |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธรูป           | โถงถ้ำน้ำ                                                             |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำผาไท       |                                           | คมนาคมสะดวก                |                      |                                                                       |                                                                                                         | บางคูหา                |
| ถ้ำแม่อุสุ    |                                           | คมนาคมสะดวก                |                      | โถงถ้ำมืด                                                             |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำธารลอดน้อย |                                           | คมนาคมสะดวก                |                      |                                                                       |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำพระธาตุ    |                                           | คมนาคมสะดวก                |                      |                                                                       | ม่านเบคอน                                                                                               |                        |
| ถ้ำจอมพล      |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธรูป           |                                                                       |                                                                                                         |                        |
| ถ้ำเขาหลวง    |                                           | คมนาคมสะดวก                | พระพุทธรูป           |                                                                       |                                                                                                         |                        |

หมายเหตุ: คัดแปลงจาก Millar and Wilde (1989) และ Smart (1999)

## 5.2 ภัยคุกคามแหล่งอนุรักษ์ประเภทถ้ำ

สถานการณ์ปัจจุบันของภัยคุกคามต่อแหล่งอนุรักษ์ประเภทถ้ำ อาจแบ่งประเด็นกว้างๆ ได้ 3 ประการคือ ภัยจากธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจากกิจกรรมของมนุษย์

### 5.2.1 ภัยจากธรรมชาติ

ในกรณีที่เกิดภัยอันตรายจากธรรมชาติที่ไม่สามารถป้องกันได้ เช่นกรณี การเกิดแผ่นดินไหว บริเวณพื้นที่ประเทศไทยที่พบว่ามี การเกิดแผ่นดินไหว ค่อนข้างถี่ คือ ที่ จังหวัดกาญจนบุรี อาจจะพบร่องรอยของผลกระทบจากแผ่นดินไหว เช่น รอยร้าวของเสาหิน อย่างไรก็ตาม ร่องรอยเหล่านี้ ควรที่จะมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเพื่อป้องกันอันตรายหากช่วงที่เกิดแผ่นดินไหวมีนักท่องเที่ยวกำลังเที่ยวชมอยู่ภายในถ้ำ หรือ การเกิดสึนามิ อาจส่งผลกระทบต่อการเกิดหลุมยุบภายในถ้ำต่างๆ เช่นที่ ถ้ำภูผาเพชร จังหวัดสตูล

### 5.2.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถึงแม้จะมีสาเหตุทั้งจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ แต่สาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ สามารถที่จะบริหารจัดการได้ และปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ กลายเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ดังนั้นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบถ้ำ ที่ยังมีระบบน้ำหล่อเลี้ยง เนื่องจากความแปรปรวนของฤดูกาลที่เกิดขึ้น เช่น การตกของฝนที่ไม่เป็นไปตามฤดูกาล ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อนและยาวนาน หรือจำนวนวันที่ฝนตกน้อยลง เหล่านี้กระทบต่อระบบอุทกวิทยาที่หล่อเลี้ยงระบบถ้ำ และรวมทั้งการเกิดหินย้อย-หินงอกภายในถ้ำ นอกจากนี้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในถ้ำ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ทำการตรวจวัดที่ถ้ำภูผาเพชรทั้งนอกถ้ำและในถ้ำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4 เดือน แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสภาพภูมิอากาศนอกถ้ำและในถ้ำมีความสอดคล้องกัน ถึงแม้ว่าสภาพภูมิอากาศภายในถ้ำจะไม่ผันแปรมากเช่นสภาพ

ภูมิอากาศนอกถ้ำ จึงสรุปได้ว่าสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลกระทบต่อระบบถ้ำ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ระบบฝน เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในบางพื้นที่อาจมีฝนตกปริมาณมากในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งหากเกิดขึ้นบริเวณระบบถ้ำหรือสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์ที่ยังสมดุล น้ำเหล่านี้จะซึมผ่านลงไปตามรอยแตกของหินหรือช่องว่างของดิน และลงไปสู่ระบบน้ำใต้ดิน แต่หากบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเข้มข้น เช่น มีการก่อสร้างโครงสร้างแข็ง ปริมาณน้ำที่มากอาจจะเกิดการท่วมและไหลบ่าลงไปสู่พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว การเกิดหินย้อย หินงอก ขึ้นกับปฏิกิริยาของสภาพภูมิอากาศ (น้ำ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) หินปูน ดิน และพืชพรรณที่ปกคลุมบนหลังคาถ้ำ ดังนั้น หากปริมาณฝน การไหลของเส้นทางน้ำถูกเปลี่ยนแปลงไป ก็ย่อมกระทบต่อการเกิดหินย้อย หินงอกโดยตรง และหากสภาพภูมิอากาศเกิดความแห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง ระบบถ้ำที่เดิมเป็นถ้ำเป็น (active) ก็อาจค่อยๆ เปลี่ยนสถานภาพเป็นถ้ำตาย (non-active) ได้

### 5.2.3 กิจกรรมของมนุษย์

#### 1) ด้านภูมิสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมนอกถ้ำ

ถ้ำทั้ง 16 แห่ง ไม่มีแผนการจัดการทั้งในตัวถ้ำและด้านนอกถ้ำ ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมใดๆ โดยขาดการวางแผนให้เหมาะสม และสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ ย่อมส่งผลกระทบต่อตัวแหล่งอย่างแน่นอน เช่น การสร้างอาคารร้านค้าใกล้ตัวแหล่ง ห้องสุขา หรือปรับเปลี่ยนพื้นที่เป็น สระน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น หรือแม้แต่การสร้างอาคารโดยไม่ได้คำนึงถึง วัสดุโครงสร้างที่เหมาะสม และประโยชน์การใช้งาน เหล่านี้ ขัดกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของแหล่งธรรมชาติโดยสิ้นเชิง รวมถึงป้ายต่างๆ ที่เป็นข้อมูลให้กับนักท่องเที่ยว ต้องมีการปรับปรุงในหลายพื้นที่ ทั้งที่ตั้ง สภาพที่ชำรุด และความซ้ำซ้อนของข้อมูล

## 2) การจัดการขยะ

แหล่งท่องเที่ยวทุกแหล่งมีปัญหาในเรื่องการจัดการขยะ ปริมาณขยะที่มาก การไม่แยกขยะ ผู้มาเที่ยวไม่มีวินัยในการจัดการขยะที่ตนเองสร้างขึ้น เหล่านี้ทำให้เกิดทัศนอุจาด และก่อให้เกิดรังโรค ในแหล่งท่องเที่ยวควรที่จะมีมาตรการ และมาตรฐาน การดำเนินการเรื่องขยะอย่างจริงจัง ทั้งแหล่งรองรับขยะจากนักท่องเที่ยวที่พอเพียง ตำแหน่งที่ตั้งให้เห็นได้ชัดเจนและเหมาะสม และกิจกรรมรณรงค์ เรื่องการลดปริมาณขยะ หรือการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## 3) การดัดแปลงภายในถ้ำ

3.1 แสงไฟส่องสว่างในถ้ำ ถ้ำที่ทำการศึกษาเกือบทั้งหมด มีการติดตั้งแสงไฟส่องสว่าง แต่อยู่ในสภาพที่ต้องปรับปรุง เนื่องจากการติดตั้งไฟส่องสว่างควรเลือกทั้งหลอดไฟประเภทส่องสว่าง แต่ไม่ให้เกิดความร้อนมาก หรือระบบไฟที่ใช้ควรเป็นระบบอัตโนมัติ เปิด-ปิด เพื่อที่จะลดความร้อนจากหลอดไฟ ส่งผลกระทบต่อระบบความร้อนภายในถ้ำให้น้อยที่สุดและเป็นการประหยัดพลังงาน การเดินสายไฟต้องมีความระมัดระวัง ไม่กลายเป็นทัศนอุจาด ในบางถ้ำ มักคุเทศก์ท้องถิ่น ใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าด ซึ่งนอกเหนือจะส่งผลในเรื่องกลิ่นและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนนำเที่ยวที่ต้องสูดดมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ติดต่อกันเป็นเวลานาน และเป็นการเพิ่มความร้อนภายในถ้ำ

3.2 เส้นทางเดินภายในถ้ำ ความแข็งแรง และความกลมกลืนกับองค์ประกอบภายในถ้ำ การทำเส้นทางเดินภายในถ้ำ ถึงแม้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในถ้ำ แต่ประเด็นที่ดีคือ สามารถควบคุมให้นักท่องเที่ยวเดินไปตามเส้นทางเดินที่กำหนดได้ เพื่อป้องกันความเสียหายของหินย้อย-หินงอก ซึ่งในการออกแบบควรมีผู้เชี่ยวชาญด้านถ้ำให้คำปรึกษา เพื่อให้ได้เส้นทางเดินที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพถ้ำแต่ละแห่ง

3.3 การขีดเขียนลงบนผนังถ้ำ ทุกถ้ำที่ทำการศึกษามีร่องรอยการขีดเขียนลงบนผนังถ้ำ หรือเพดานถ้ำ (ถ้ำผาปู่ จังหวัดเลย ถ้ำผาพวง จังหวัดขอนแก่น และถ้ำสุวรรณคูหา จังหวัดพังงา) หรือแม้แต่การสลักลงบนหิน (ถ้ำผาพวง จังหวัดขอนแก่น และถ้ำเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่) เหล่านี้เป็นทัศนอุจาดที่ต้องมีการห้ามปราม และมีบทลงโทษ

#### 4) กิจกรรมทางความเชื่อ

กิจกรรมทางความเชื่อที่หลากหลาย เช่น บริเวณหินงอกที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่ ซึ่งจะมีความแวววาวของผลึกแคลไซต์ มีความชุ่มชื้น ส่วนมากจะพบการนำพวงมาลัย ดอกไม้ ไปแขวน เป็นการแก้บนภายในถ้ำ การนำดอกไม้-ธูปเทียนเข้าไปสักการะในถ้ำ และมีการจุดธูปเทียนและทิ้งไว้ภายในถ้ำ หรือ การกระทำใดๆ ที่นอกเหนือจากการเข้ามาชื่นชม ความสวยงามของตัวถ้ำ หรือนมัสการพระพุทธรูป ควรมีการห้ามปรามและยกเลิกกิจกรรมนั้น นอกจากนี้อาจพบบางถ้ำ มีการนำหินมาวางซ้อนกันคล้ายกับเจดีย์ขนาดเล็ก บริเวณพื้นถ้ำ

### 5.3 แผน/มาตรการ การเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หลักการของแผน/มาตรการ เพื่อให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593 และแนวความคิดการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547) ดังนั้น การเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจมีต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ ควรประกอบด้วย

#### 1) มาตรการในการจัดการเพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติประเภทถ้ำ

เพื่อให้การบริหารจัดการพื้นที่แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำเป็นไปตามวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้น การจำแนกเขตการจัดการเพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติประเภทถ้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง



แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำทุกแห่ง ควรมีการจัดทำเขตการจัดการเพื่อการอนุรักษ์ การกำหนดเขตการจัดการพื้นที่แบ่งออกเป็น 4 เขต คือ พื้นที่สงวน (Preservation area) พื้นที่อนุรักษ์ (Conservation area) พื้นที่บริการที่ผ่อนปรน (Service area) และพื้นที่กันชน (Buffer area) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1.1 พื้นที่สงวน (Preservation area) คือ พื้นที่หวงห้าม เป็นพื้นที่ที่เปราะบาง มีคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ประวัติศาสตร์ มีพืชหรือสัตว์ที่มีค่าหายาก ใกล้สูญพันธุ์ ในการจัดการพื้นที่ส่วนนี้ มิให้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงใดๆ นอกจากจะเป็นไปตามธรรมชาติ
- 1.2 พื้นที่อนุรักษ์ (Conservation area) คือ พื้นที่ผ่อนปรนในการใช้พื้นที่ตามสมควรที่สามารถควบคุม พื้นที่ที่มีการปรับแต่งให้เกิดคุณค่า เปิดโอกาสให้เข้าถึงได้ในลักษณะที่ควบคุมและจัดระเบียบได้ สภาพพื้นที่อาจไม่จำเป็นต้องมีสิ่งก่อสร้าง การปรับแต่งต้องเน้นความกลมกลืนให้เหมาะสมกับพื้นที่ธรรมชาติดั้งเดิม
- 1.3 พื้นที่บริการ (Service area) โดยให้มีการเสริมสภาพเพื่อการบริการในการเข้าใช้พื้นที่ตามสมควรที่สามารถควบคุมการใช้พื้นที่ พื้นที่ก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต้องคำนึงถึงความกลมกลืนกับพื้นที่
- 1.4 พื้นที่กันชน (Buffer area) หมายถึง พื้นที่ส่วนอื่นๆ ที่มีได้กำหนดเป็นเขตใดๆ ทั้ง 3 เขต ข้างต้น กำหนดเป็นพื้นที่รักษาสีงแวดล้อม

กรณีตัวอย่างถ้ำภูผาเพชร การจำแนกเขตการจัดการสำหรับพื้นที่บริการ ควรประกอบด้วย 1) พื้นที่ลานจอดรถ สามารถคงไว้เช่นเดิม 2) ห้องน้ำที่ใกล้กับลานจอดรถควรย้ายออก และเหลือห้องน้ำในส่วนด้านในสุด 3) กลุ่มอาคารร้านค้า ควรออกแบบให้ใช้พื้นที่อย่างเหมาะสม 4) บริเวณที่ให้เข้าไฟฉายและจุดจำหน่ายตั๋ว ควรย้ายลงมาอยู่ในกลุ่มเดียวกับอาคารห้องประชุมและอาคารร้านค้า สำหรับพื้นที่กันชน ควรมีระยะห่างระหว่างพื้นที่บริการกับตัวถ้ำ

ในส่วนของพื้นที่อนุรักษ์ (ตัวถ้ำ) ควรแบ่งโถงถ้ำออกเป็นพื้นที่อนุรักษ์และพื้นที่สงวน โดยโถงถ้ำที่ควรจัดเป็นพื้นที่สงวน คือ โถงอ่างศิลาเล็ก-โถงอ่างศิลาใหญ่ ที่ยังมีระบบน้ำหล่อเลี้ยง และโถงถ้ำพญานาคพัน ที่มีร่องรอยของระดับน้ำในอดีตปรากฏอยู่ ซึ่งเป็นหลักฐานทางอุทกวิทยาในอดีตที่มีความสำคัญมากสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป

อย่างไรก็ตาม ถ้ำภูผาเพชรอยู่ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมใดๆ ต้องได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน หากมีการดำเนินการแบ่งเขตการใช้ประโยชน์ให้ชัดเจน และการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถใช้เป็นแผนการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากเงื่อนไขของแต่ละพื้นที่ค่อนข้างชัดเจนจึงต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับสภาพธรรมชาติดั้งเดิมมากที่สุด

## 2) มาตรการการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนและทุกพื้นที่ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดผลกระทบและการเตรียมความพร้อมในการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ ควรดำเนินการดังนี้

### 2.1 การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริเวณชุมชนและแหล่งถ้ำ

เนื่องจากสาเหตุหลักที่ทำให้สภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เพิ่มมากขึ้น และสาเหตุหลักเกิดจากการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ประเด็นที่สำคัญที่จะช่วยกันลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือ

- 2.1.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอาคาร/บ้านเรือน รวมทั้งพลังงานส่องสว่างที่ใช้ในตัวถ้ำ และในพื้นที่บริการต่างๆ รอบๆ ถ้ำ หรือปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานเป็นพลังงานทดแทน กรณีถ้ำพระราชู มีชุดอุปกรณ์พลังงานโซลาเซลล์ แต่ปัจจุบันไม่ได้มีการซ่อมแซม

- 2.1.2 ปลุกสร้างพื้นที่ป่าไม้เพิ่มเติม/การเพิ่มพื้นที่สีเขียว ต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เน้นต้นไม้ประจำถิ่น ทั้งบริเวณพื้นที่ป่ารอบๆ ตัวถ้ำและหลังคาถ้ำ (หากเป็นไปได้)
- 2.1.3 ลดการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง หากบริเวณแหล่งถ้ำใดที่ตัวถ้ำอยู่ไกลจากบริเวณลานจอดรถ อาจมีการใช้รถรางในการอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว เช่น ถ้ำเขาหลวง จังหวัดเพชรบุรี ขณะนี้ทางองค์การบริหารส่วนตำบลได้จัดรถสองแถว รับ-ส่ง นักท่องเที่ยว ควรที่จะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริการ เช่นปรับเปลี่ยนเป็นรถราง เพื่อที่จะนำนักท่องเที่ยวขึ้นไปเที่ยวบริเวณถ้ำได้ครั้งละจำนวนมาก และลดความร้อนจากเครื่องรถสองแถวบริเวณรอบๆ ถ้ำ

### 3) มาตรการด้านการปรับตัว

- 3.1 จัดทำฐานข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศนอกถ้ำและในถ้ำของถ้ำแต่ละแหล่ง ถ้ำแต่ละแหล่งที่มีความพร้อม ควรที่จะมีการติดตั้งชุดอุปกรณ์ การติดตามสภาพภูมิอากาศ เพื่อที่จะใช้ข้อมูลที่ได้เพื่อการบริหารจัดการถ้ำต่อไป และจะทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 3.2 จัดทำการสำรวจถ้ำในระดับชุมชน/ท้องถิ่น เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ภายในถ้ำ
- 3.3 มีการพัฒนาดัชนี/ตัวชี้วัด เมื่อมีข้อมูลจากข้อ 3.1 และ 3.2 ระยะหนึ่งแล้ว สามารถที่จะเลือกตัวชี้วัดที่จะมีการติดตามอย่างละเอียดต่อไป

### 4) มาตรการการลดความเสี่ยง

- 4.1 เฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบๆ ตัวถ้ำ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพิ่มขยายอาคารสิ่งอำนวยความสะดวกจะทำให้พื้นที่แหล่งธรรมชาติลดน้อยลง ดังนั้น ควรที่จะมีการวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ให้ชัดเจน และพยายามหลีกเลี่ยงที่จะใช้พื้นที่ติดกับตัวถ้ำหรือรุกล้ำเข้ามาในบริเวณพื้นที่กันชนให้มากที่สุด

- 4.2 ส่งเสริมกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ การหมุนเวียน และการลดการใช้ (reuse, recycle, reduce) และการจัดการขยะมูลฝอยให้ถูกสุขลักษณะในพื้นที่แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ
- 4.3 การเปลี่ยนแปลงใดๆ ภายในตัวถ้ำที่อาจจะเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว ต้องมีการพิจารณาอย่างรอบด้าน และหากมีความจำเป็นต้องมี ควรมีให้น้อยที่สุด เช่น การใช้ไฟส่องสว่างหรือการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีผลกระทบภายในถ้ำให้น้อยที่สุด อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะเป็นตัวเร่งให้อุณหภูมิถ้ำมีความแปรปรวน ส่งผลกระทบต่อการตกผลึกของหินย้อย-หินงอกต่างๆ ภายในถ้ำได้
- 4.4 จำกัดจำนวนนักท่องเที่ยว ทั้งต่อวันและในบางฤดูกาล และหรือสลับปิด/เปิดบางโถงถ้ำ อาจทำให้ถ้ำได้มีการพักฟื้น นอกจากนี้หากมีจำนวนนักท่องเที่ยวที่มากเกินไปจนเกินกว่าที่พื้นที่จะรองรับได้ ความร้อนจากร่างกายมนุษย์อาจเกิดการสะสมภายในถ้ำ

## 5) มาตรการด้านการสร้างขีดความสามารถ

- 5.1 สร้างเสริมองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง/ผู้ที่สนใจในชุมชน
- 5.2 มีศูนย์รวมเครือข่ายงานวิจัยและพัฒนาแหล่งถ้ำ
- 5.3 มีข้อมูลสนับสนุนการดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 5.4 มียุทธศาสตร์หรือแผนปฏิบัติของแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ของถ้ำ
- 5.5 ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีโครงการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ
- 5.6 ให้การศึกษาอบรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์ การบริหารจัดการ แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ โดยเฉพาะทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง และประชาชนทุกระดับ เพื่อให้รู้จักวิธีการอนุรักษ์และวางแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 5.7 การใช้สื่อประเภทต่างๆ โดยนำความรู้ด้านการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ เผยแพร่ให้กับประชาชน เพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง

## 6) มาตรการด้านกฎหมาย

- 6.1 บังคับใช้และปรับปรุงกฎหมายที่ควบคุม กำกับ ดูแล ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ ให้มีประสิทธิภาพ และนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง
- 6.2 จัดตั้งกรรมการ/หน่วยงานหรือองค์กรที่ดูแลกำกับ แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทถ้ำ

ปัจจุบันถ้ำผาเพชรเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในเรื่องความกว้างใหญ่ของตัวถ้ำ และความสวยงาม ดังนั้นจึงมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมถ้ำผาเพชรจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น อาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อองค์ประกอบภายในถ้ำ โดยเฉพาะหินย้อย หินงอก ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของถ้ำที่ดึงดูดความสนใจของผู้น่าเยือน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในถ้ำทั้งที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและมองไม่เห็น ดังนั้น การที่จะให้ถ้ำผาเพชรเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรมีแผน/กิจกรรมดังนี้

### 1. แผนการรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบถ้ำ

#### 1.1 การติดตามเฝ้าระวังถ้ำ

แผนการศึกษาทรัพยากรถ้ำนั้นแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ แผนการสำรวจ (Inventory) และแผนการศึกษาวิจัยในระยะยาว (Long-term scientific research) ซึ่งการติดตามเฝ้าระวังหรือการตรวจวัดถ้ำนั้นอาจมีทั้งสองแผนควบคู่กันไป แต่จะเน้นไปทางด้านการศึกษาวิจัยที่ต่อเนื่องในระยะยาวเป็นหลัก โดยการติดตามเฝ้าระวังทรัพยากรธรณีและกระบวนการในถ้ำอย่างเป็นระบบ รวมถึงติดตามปัจจัยผลกระทบอันเกิดจากมนุษย์นั้นจึงเป็นขั้นตอนสำคัญ ที่จะสร้างข้อมูลพื้นฐานที่ใช้เชื่อมโยงและกำหนดแนวทางการวางแผนจัดการทรัพยากรถ้ำตามหลักวิชาการ รวมถึงเป็นการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทั้งจากสภาพภูมิอากาศและจากมนุษย์ และเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบผลการจัดการถ้ำ และให้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของสถานภาพของถ้ำ อันก่อให้เกิดการปรับปรุงแผนจัดการที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด

### 1.1.1 แผนการติดตามเฝ้าระวังถ้ำ

การวางแผนการติดตามตรวจวัดถ้ำนั้น ควรประกอบไปด้วย

- 1) การคัดเลือกตัวแปร/ตัวชี้วัด
- 2) การคัดเลือกเทคนิคและวิธีการ
- 3) การกำหนดบทบาทและผู้รับผิดชอบ
- 4) การวางแผนการเฝ้าระวังทั้งระยะสั้นและระยะยาว
- 5) การดำเนินการและการประเมินผล

การดำเนินการเหล่านี้ควรอยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนทั้งหน่วยงานทั้งระดับท้องถิ่น ระดับจังหวัด และหน่วยงานระดับประเทศผู้รับผิดชอบ สถาบันการศึกษา/ผู้เชี่ยวชาญ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่นๆ เช่น ภาครัฐ เป็นต้น

### 1.1.2 เทคนิคและวิธีการเบื้องต้นในการติดตามเฝ้าระวังถ้ำ

สำหรับคู่มือนี้จะมุ่งเน้นไปที่การนำเสนอเทคนิคและวิธีการบางส่วนในการติดตามเฝ้าระวังระบบถ้ำและกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อถ้ำ โดยเป็นวิธีการบางส่วนที่ได้รับการประยุกต์ใช้ในการติดตามตรวจวัดระบบถ้ำภูเขาเพชร และเพิ่มเติมบางวิธีการเพื่อการติดตามผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยว ที่มุ่งเน้นให้ทั้งนักวิชาการ หน่วยงาน และผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปปฏิบัติได้ ซึ่งประกอบไปด้วย

## 1) การติดตามตรวจวัด

### 1.1) การติดตามเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงจุลภูมิอากาศภายในถ้ำ

ตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

- 1) ดำเนินการคัดเลือกตำแหน่งการวางอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อเป็นตัวแทนของถ้ำในภาพรวม
- 2) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติ (Onset HOBO® temperature/relative humidity data Logger หรือยี่ห้ออื่นๆ ที่เหมาะสม) (รูปที่ 5-1 (ซ้าย))
- 3) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่า  $\text{CO}_2$  ในอากาศแบบอัตโนมัติ (Telaire 7001 carbon dioxide sensor หรือยี่ห้ออื่นๆ ที่เหมาะสม) ภายในถ้ำ (รูปที่ 5-1 (กลาง))
- 4) ดาวน์โหลดข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ตามเวลาที่กำหนด เช่น ทุกหนึ่งเดือน หรือสามเดือน เป็นต้น
- 5) ในกรณีที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญ สำหรับค่าอุณหภูมินั้นสามารถใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้วที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปติดตั้งไว้ในถ้ำ อ่านค่า และดำเนินการจดบันทึกตามเวลาที่กำหนด เช่น วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 15.00 น. เป็นต้น สำหรับค่า  $\text{CO}_2$  นั้นสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอากาศแบบมือถือขนาดพกพา (Handheld) ที่ง่ายต่อการใช้ เช่น Testo 535  $\text{CO}_2$  meter (รูปที่ 5-1 (ขวา)) หรือยี่ห้ออื่น โดยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำเข้าไปวัด ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในถ้ำ

### 1.2) การติดตามการเปลี่ยนแปลงของหยดในถ้ำ

การศึกษาหยดน้ำในถ้ำในเชิงปริมาณและคุณภาพ (องค์ประกอบทางเคมี) สามารถบ่งชี้ถึงกระบวนการต่างๆ เน้นถ้ำและวัฏจักรของน้ำที่ไหลลงสู่ถ้ำได้ในเบื้องต้น หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำในถ้ำทั้งเชิงปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายนอกและจุลภูมิอากาศภายในถ้ำ ย่อมส่งผลกระทบต่ออัตราการทับถมของหินและสิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ

ตัวแปรอย่างง่ายสำหรับการศึกษาหยดน้ำเชิงปริมาณ คือ อัตราการหยดของหยดน้ำ โดยมีวิธีการ คือ



รูปที่ 5-1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติ (ซ้าย) และอุปกรณ์วัดค่าระดับ CO<sub>2</sub> ในอากาศแบบอัตโนมัติ (กลาง) อุปกรณ์วัดค่าระดับ CO<sub>2</sub> ในอากาศแบบมือถือ (ขวา)

- 1) กำหนดตำแหน่งของหยดน้ำที่ต้องการศึกษาให้สามารถเป็นตัวแทนของถ้ำในภาพรวมได้
- 2) นับอัตราการหยดของหยดน้ำ ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 3 หยด จดบันทึก และนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งความถี่ในการนับขึ้นกับความสะดวกของผู้ปฏิบัติ แต่ควรมีข้อมูลอย่างน้อยทุก 1 เดือน ในหน้าฝน และอย่างน้อยทุก 2 เดือนในหน้าแล้ง

การตรวจวัดค่าความกระด้างของคาร์บอเนต (Carbonate hardness) หรือค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถใช้บอกถึงคุณภาพของหยดน้ำและความสามารถในการงอกหรืออัตราการโตของหินในถ้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) โดยมีวิธีการ คือ



- 1) ใช้ขวดพลาสติกสะอาดที่มีขนาดเล็กเชื่อมกับกรวยพลาสติกเพื่อรองรับหยดน้ำตัวอย่าง และยึดตัวขวดไว้กับขาตั้งหลอดทดลอง (รูปที่ 5-2 (ซ้าย)) หรือตัวจับยึดอื่นๆ
- 2) วัดค่าความกระด้างของคาร์บอเนต (Carbonate hardness) หรือค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ด้วยค่าความเข้มข้นของ  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{CaCO}_3$  concentration) ในหยดน้ำโดยใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย The Aquamerck® carbonate hardness test kit (Merck Company, Germany) (รูปที่ 5-2 (กลางและขวา))
- 3) ตรวจวัดคุณสมบัติทางอุทกเคมีอื่นๆ ของน้ำในถ้ำ เช่น ค่า pH และ ค่า EC โดยใช้เครื่องวัดแบบมือถือพกพา (portable pH และ EC meters)
- 4) อ่านค่า จดบันทึกค่าและรายงานผล



รูปที่ 5-2 การเก็บตัวอย่างหยดน้ำไว้ในขวดพลาสติกสะอาด (ซ้าย) ชุดทดสอบค่าความเข้มข้นของ  $\text{CaCO}_3$  อย่างง่าย (กลางและขวา)

### 1.3) การติดตามการเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของหินงอกในถ้ำ

การศึกษาการเติบโตของหินงอก โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกระจกก่อนและหลังรองรับหยดน้ำ สามารถบอกถึงอัตราการโตหรืออัตราการทับถมของหินงอกในแต่ละเดือนได้ มีวิธีการดังนี้

- 1) ชั่งน้ำหนักของแผ่นกระจก (Glass plate) ในห้องปฏิบัติการและจดบันทึก (รูปที่ 5-3 ซ้าย)
- 2) นำแผ่นกระจกดังกล่าวไปวางไว้บนกรวยพลาสติกเพื่อรองรับหยดน้ำเหนือตัวอย่างหินงอกที่ต้องการทราบอัตราการโต (รูปที่ 5-3 กลาง) โดยเปลี่ยนแผ่นกระจกทุกหนึ่งเดือน หรือทุกฤดูกาล
- 3) ใส่ตัวอย่างแผ่นกระจกที่ใช้แล้วในถุงพลาสติกและนำกลับมายังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการชั่งน้ำหนัก จากนั้นเอาแผ่นกระจกออกมาตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาประมาณ 3-7 วัน (รูปที่ 5-3 ขวา) โดยระมัดระวังการปนเปื้อน
- 4) ชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก
- 5) ควรมีการบันทึกรายละเอียดของหินงอกที่ศึกษาในเบื้องต้น และสังเกต จดบันทึกสถานภาพของหินงอกทุกครั้งที่เข้าไปติดตามตรวจวัด เช่น การหัก ร่องรอยการถูกทำลาย เป็นต้น



รูปที่ 5-3 การตรวจวัดอัตราการโตของหินงอกถ้ำ

#### 1.4) การติดตามเฝ้าระวังผลกระทบจากผู้เข้าชมถ้ำ

การศึกษาผลกระทบจากผู้เข้าชมถ้ำ ซึ่งรวมไปถึงนักวิจัยถ้ำ (Cavers) และนักท่องเที่ยว (Tourists) นั้นมีความสำคัญในการวางแผนจัดการ ในการตรวจวัดผลกระทบจากผู้เข้าชมนี้ ไม่เหมือนกับการติดตามเฝ้าระวังในหัวข้ออื่นๆ เนื่องจากวิธีการในการศึกษานี้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และเทคโนโลยีที่น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม ต้องการผู้ดำเนินการที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ (Specially trained staff) ที่สามารถประเมินผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ผลกระทบจากผู้เข้าชมนั้น ในบางครั้งอาจเป็นปัจจัยร่วมกับปัจจัยด้านภูมิอากาศ เช่นเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอากาศในถ้ำเนื่องจากก๊าซ  $\text{CO}_2$  ความร้อนจากร่างกายที่ส่งผลต่อจุลภูมิอากาศภายในถ้ำ หรือการใช้แสงไฟที่อาจส่งผลกระทบต่อพืชและสัตว์บางชนิดในถ้ำ ซึ่งวิธีการในเบื้องต้นซึ่งควรมีไว้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานนั้น ได้แก่

- 1) จัดบันทึกจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละวัน ช่วงเวลาในการเข้าถ้ำ ช่วงเวลาที่ใช้ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในถ้ำ
- 2) พฤติกรรมขณะเข้าชมถ้ำของนักท่องเที่ยว

### 1.5) การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในถ้ำ

การติดตามศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในถ้ำนั้นต้องการผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน โดยอาจประเมินจากข้อมูลพื้นฐานสิ่งมีชีวิตเดิมที่มีอยู่ และติดตามการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงของจุลภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมภายในถ้ำนั้นมีความสำคัญที่ต้องทราบก่อน เพื่อที่จะนำไปใช้พยากรณ์แนวโน้มผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในถ้ำ รวมถึงเพื่อการวางแผนอนุรักษ์สิ่งมีชีวิตในถ้ำในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามในเบื้องต้นนั้นควรมีการจดบันทึกประเภท จำนวน (หากเป็นไปได้) ของสิ่งมีชีวิตในถ้ำเป็นประจำทุกเดือน รวมถึงควรมีการบันทึกภาพ (ถ้ารูป) ไว้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน และทราบสถานภาพของสิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ

#### 1.1.3 การสรุป ประเมินผล และจัดทำรายงานผล

- 1) ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลโดยสร้างเส้นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามอนุกรมเวลา (Time series) เพื่อทราบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหรือสถานภาพของทรัพยากรต่างๆ ภายในถ้ำ
- 2) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าข้อมูลต่างๆ ทั้งรายวัน รายเดือน และรายปี แล้วประเมินผลในเบื้องต้น หากพบมีความเปลี่ยนแปลงที่เกินค่าพื้นฐานหรือค่ามาตรฐาน ควรมีการรายงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ เพื่อการวางแผนจัดการต่อไป
- 3) จัดทำรายงานทั้งในรูปแบบฐานข้อมูลและเล่มรายงานประจำเดือน หรือประจำปี

## บรรณานุกรม

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. **ถ้ำเอราวัณ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://thai.tourismthailand.org/สถานที่ท่องเที่ยว/ถ้ำเอราวัณ--3430> (วันที่สืบค้น 19 กุมภาพันธ์ 2559).

กรมศิลปากร, เนื่องในโอกาสสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเปิดพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ราชบุรี. **ราชบุรี**. กรุงเทพฯ : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป จำกัด. 2534. 100-101

กรมศิลปากร, เรียบเรียง. 2531. **ศิลปะถ้ำในอีสาน**. กรมศิลปากร : กองโบราณคดี, 100, 191-197

กรมทรัพยากรธรณี. 2553. **ไทยขึ้นแท่นวิกิตน้ำทะเลสูง** [ออนไลน์]. สามารถเข้าถึงได้จาก

[http://www.environnet.in.th/index.php?option=com\\_content&view=article&id=833&catid=5&Itemid=296](http://www.environnet.in.th/index.php?option=com_content&view=article&id=833&catid=5&Itemid=296)

(วันที่สืบค้น 24 กรกฎาคม 2559).

กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. **สรุปผลการประชุมคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 22 กันยายน 2552 ที่เกี่ยวกับ กระทรวง พม.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก [https://www.m-society.go.th/ewt\\_news.php?nid=7922](https://www.m-society.go.th/ewt_news.php?nid=7922) (วันที่สืบค้น 24 มิถุนายน 2559).

กฤษกร วงศ์กรวุฒิ. **ตรัง**. กรุงเทพฯ : สารคดี, 2549. 113-115

กุศล เอี่ยมอรุณ. **เลย (สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สารคดี, 2539. 231-232

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. **วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิปัญญา จังหวัดกาญจนบุรี**. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2542.

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. **วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิปัญญา จังหวัดขอนแก่น**. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2542. 14-15, 17-18

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิ

ปัญญา จังหวัดชุมพร. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2544. 92

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิ

ปัญญา จังหวัดตรัง. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2544. 39-40, 42, 46-48, 101, 122-127

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิ

ปัญญา จังหวัดพังงา. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2544. 38, 60, 73-86, 89, 101-103, 163

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิ

ปัญญา จังหวัดราชบุรี. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2543. 46-47, 277-279

คณะกรรมการอำนวยการจัดงานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิ

ปัญญา จังหวัดหนองบัวลำภู. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการ, 2544. 68-70, 230-231

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อ

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวง

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ, 2551.

โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ). รายงานการสำรวจแหล่งภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ จังหวัดขอนแก่น.

กรมศิลปากร : กองโบราณคดี, 2526. 92-94

โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ). รายงานการสำรวจแหล่งภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ จังหวัดเลย.

กรมศิลปากร : กองโบราณคดี, 2527.

โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ). รายงานการสำรวจแหล่งภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ถ้ำผาแต้ม

บ้านภูลั่ม ตำบลบ้านบาก อำเภอคอนสาร จังหวัดมุกดาหาร. กรมศิลปากร : กองโบราณคดี, 2527. 1-3, 7-9, 21-25

จุลสาร พิมพ์เผยแพร่เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงสารคดี. **เขาปินะ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง**. สำนักงานศึกษาธิการอำเภอห้วยยอด, 2531.

ชัยพร ศิริพรไพบูลย์. เอกสารประกอบการบรรยาย “**ธรณีวิทยาเกี่ยวกับถ้ำของจังหวัดแม่ฮ่องสอน**” โครงการประชุมเชิงปฏิบัติการหัวหน้าสถานพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่า, 2541.

ชัยพร ศิริพรไพบูลย์. **ธรณีทัศน์และระบบถ้ำในอำเภอบางมะผ้า**. ใน ทรัพยากรถ้ำ สิทธิพงษ์ ดิลกวิช (บรรณาธิการ) เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และ จังหวัดกาญจนบุรี. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), 2542.

ดำรงราชานุภาพ, สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยา. **ไทยรบพม่า**. กรุงเทพฯ : คลังวิทยา, 2520.

เทศบาลตำบลนาอ้อ จังหวัดเลย. **แนะนำสถานที่ท่องเที่ยว “วัดถ้ำผาปู”**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

[http://tessabannao.go.th/public/locallandmark/data/detail/locallandmark\\_id/4/menu/174](http://tessabannao.go.th/public/locallandmark/data/detail/locallandmark_id/4/menu/174)

(วันที่สืบค้น 19 กุมภาพันธ์ 2559).

นวรรตน์ ไกรพานนท์. Beyond Copenhagen: Implementing Thailand’s climate change strategy. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง; 2553. หน้า 2-5.

**บันทึกเมืองราชบุรี**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสุวรรณ, 2534. 70, 140

ปรีชา นุ่นสุข. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาวิจัยแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2539. 125-126

พระยาภาณุวงศ์ จางวางโท, สมุหเทศาภิบาลสำเร็จราชการมณฑลราชบุรี. **สมุทรราชบุรี พ.ศ. 2468**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์หนังสือพิมพ์ไทย ถนนพลับพลาไชย, 2468. 47, 151-152, 156-158, 172-175

ไพโรจน์ พลเพชร. **สิทธิเสรีภาพและศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2547.

ไพศาล ตริพิเศษ. **ประติมากรรมธรรมชาติใต้พิภพ ในทรัพยากรถ้ำ** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดกาญจนบุรี 4-5 สิงหาคม 2542 โรงแรมรอยัลซิติ้. กรุงเทพฯ, 2542.

20-26

พัฒนธร ไทไวยะ. **วิวัฒนาการของถ้ำ ในทรัพยากรถ้ำ** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดกาญจนบุรี 4-5 สิงหาคม 2542 โรงแรมรอยัลซิติ้. กรุงเทพฯ, 2542. 10-19

พเยาว์ เขื่อนาค, เรียบเรียง. **ศิลปะถ้ำจังหวัดเลย**. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2534. 16-18, 63-69

พงศ์ธันว์ สำเภาเงิน. **รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในพื้นที่จังหวัดชุมพร**. นครศรีธรรมราช: สำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช กรมศิลปากร, 2554. 136-137

พิสิฐ เจริญวงศ์. **ศิลปะถ้ำในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักงานเสริมสร้างเอกลักษณ์ของชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2531. 3, 71

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. **รายงานการศึกษาเพื่อจัดทำแผนการจัดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชาติ บริเวณถ้ำน้ำลอด เสนอต่อสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2538.

มหาวิทยาลัยศิลปากร. **รายงานฉบับสุดท้ายโครงการรักษาเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมท้องถิ่นและสิ่งแวดล้อมเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยว : จังหวัดเพชรบุรี**. มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

ยศ สันตสมบัติ. **สิทธิชุมชน: การกระจายอำนาจการจัดการทรัพยากร**. กรุงเทพฯ: สถาบันชุมชนท้องถิ่นพัฒนา, 2541.

ยอด เนตรสุวรรณ. **ตาก**. กรุงเทพฯ : สารคดี, 2548. 165-167

ยอด เนตรสุวรรณ. **ขอนแก่น**. กรุงเทพฯ : สารคดี, 2548. 103-104, 183-188

ยอด เนตรสุวรรณ. **มุกดาหาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สารคดี, 2548. 46,72, 113-115, 119

ยามิละห์ บินมุฮัมมัด วาสนา อานับ สโรชา เจ๊ะอาสาร. **ชุมชนมะนัง ก่อนและหลังการเปิดตัวของถ้ำภูผาเพชร**. โครงการยววิจัยประวัติศาสตร์ท้องถิ่น สนง.กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), 2553. 25 หน้า



รุ่งโรจน์ จุกมงคล, ปณต ไกรโรจนานันท์. ชุมพร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สารคดี, 2547. 109-110, 130-133

รัศมี ชูทรงเดช. โบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2547.

วรวิธ สุวรรณฤทธิ์. กาญจนบุรีดินแดนสมัยก่อนประวัติศาสตร์. กรุงเทพฯ : ศูนย์วัฒนธรรมจังหวัดกาญจนบุรี วิทยาลัยครูกาญจนบุรี, 2531.

วรวิธ สุวรรณฤทธิ์. ประวัติศาสตร์เมืองกาญจนบุรี. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2543. 26-27, 53, 57-61, 68-80

วัดสุวรรณคูหา และคณะ. วัดสุวรรณคูหา จังหวัดพังงา. พิมพ์ครั้งที่ 2. พังงา : กิตติ พับลิชชิ่ง, 2552.

วินัยสารินเทศก์, พระครู. ประวัติวัดสุวรรณคูหา ตำบลกระโสม อำเภอดงเจริญ จังหวัดพังงา. พังงา : พังงาการพิมพ์, 2520.

ไศรยา หอมชื่น. สรุปสาระสำคัญจากการเสวนาเชิงวิชาการเรื่อง “ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการท่องเที่ยวชายฝั่งทะเลไทย” ณ โรงแรม เมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต. จุลสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์ การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2550.

ศูนย์การท่องเที่ยวกีฬานันทนาการ จังหวัดกาญจนบุรี. ถ้ำ น้ำตก กาญจนบุรี. กาญจนบุรี, 2547. 111, 121, 133

ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน). ฐานข้อมูลแหล่งโบราณคดีที่สำคัญในประเทศไทย “วัดถ้ำผาปู”. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.sac.or.th/databases/archaeology/archaeology/วัดถ้ำผาปู> (วันที่สืบค้น 17 กุมภาพันธ์ 2559).

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการแนวทางการจัดทำแผนแม่บทเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สมบูรณ์ แก่นตะเคียน. ประวัติศาสตร์เมืองเพชรบุรี. เพชรบุรี : วิทยาลัยครูเพชรบุรี, 2520. 43

สมัย สุทธิธรรม. สารคดีชุดถิ่นทองของไทย : เพชรบุรี. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2539. 50-58

สมุทรราชบุรี พ.ศ. 2468. กรุงเทพฯ : สมาคมมิตรภาพญี่ปุ่น-ไทย, 2550.

- สุเพชร จิรจรกุล. เรียนรู้ระบบสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. นนทบุรี: บริษัท เอส.อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, 2552.
- สุรินทร์ เหลือลมัย.ตำนานจอมบึงอนุสรณ์ในความทรงจำของชาวจอมบึงที่สืบสาน “ตำนานจอมบึง” นานกว่า ๔,๐๐๐ ปี. อำเภोजอมบึง, 2542.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. นิยามเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ. 2537. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.onep.go.th/>
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี ประเทศไทย ฉบับที่ 1. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.greenintrend.com/รายงานความก้าวหน้าราย-2/> (วันที่สืบค้น 20 กุมภาพันธ์ 2559).
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่ม 1 สภาพภูมิอากาศในอดีต กรุงเทพฯ: 2553. 92 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตร: การใช้ที่ดิน. 2553. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก [http://www.oae.go.th/download/article/article\\_20090417180213.html](http://www.oae.go.th/download/article/article_20090417180213.html).
- สุวิงศ์ พงศ์ไพบูลย์, ศาสตราจารย์. สารานุกรมภาคใต้ เล่ม 10 “วัดสุวรรณคูหา”. สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา, 2529. 3,863-3,864
- สุจิตต์ วงษ์เทศ. มุกดาหาร : เมืองมุกแม่น้ำโขง. กรุงเทพฯ : บริษัทพิณเณส พรินติ้ง เซ็นเตอร์ จำกัด, 2538. 16-39
- สิทธิพงษ์ ดิลกวณิช และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. เล่ม 1 และ 2. 2543.
- สุภาภรณ์ คงใจ. มุกดาหาร. กรุงเทพฯ : ศิลปสยามบรรจภัณฑ์และการพิมพ์, 2543. 168, 175-179
- เสนห์ จามริก. การสร้างภูมิปัญญาเพื่อพัฒนาระบบการยุติธรรม. บทบัณฑิตย, 2542. 55(1), 4-5.

อภิชาติ สถิตนิรามัย. รัฐธรรมนูญ การกระจายอำนาจ และการมีส่วนร่วมของประชาชน. สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2555.

อมรา ชันติสิทธิ ศรีสุชาติ. สารานุกรมภาคใต้ เล่ม 10 “แหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในภาคใต้”. สถาบันทักษิณคดีศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา, 2529. 4,138-4,156

อมรา ศรีสุชาติ, เรียบเรียง. ศิลปะถ้ำกาญจนบุรี. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2532. 65-73

อมรา ศรีสุชาติ, เรียบเรียง. ศิลปะถ้ำสมัยประวัติศาสตร์ภาคกลาง ภาคใต้. กรมศิลปากร, 2535. 36-45, 74-76

อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ อำนาจ ชิดไธสง (บรรณาธิการ). รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านผลกระทบ ความอ่อนแอและการปรับตัว. คณะทำงานกลุ่มที่

2. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2554. 202 หน้า

อานันท์ กาญจนพันธุ์. พลวัตในการจัดการทรัพยากร: กระบวนทัศน์และนโยบาย. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2544.

อาภรณ์ สุนทรวาท, ผศ., สำนักศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ถ้ำจอมพล. [ออนไลน์].สืบค้นจาก

[http://culture.mcu.ac.th/content.php?contentpage=article\\_01.html](http://culture.mcu.ac.th/content.php?contentpage=article_01.html) (วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2559).

อุดมศักดิ์ สิทธิพงษ์. ชุมชนท้องถิ่นกับการมีส่วนร่วมจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน กรุงเทพฯ : วารสารนักบริหาร. มหาวิทยาลัย

กรุงเทพ. (มปป.)

เอกสารอัดสำเนา เทศบาลตำบลจอมบึง อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี. โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์ถ้ำจอมพล เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิง

อนุรักษ์. เทศบาลตำบลจอมบึง, 2544.

Aggarwal, P.K., Fröhlich, K., Kulkarni, K.M. and Gourcy, L.L. (2004). Stable isotope evidence for moisture sources in the

Asian summer monsoon under present and past climate regimes. Geophysical Research Letters. 31. 1-4. Doi:

10.1029/2004GL019911.

- Aley, T. (2004). Tourist caves: algae and lampenfl ora. In J. Gunn (Ed.), *Encyclopedia of cave and karst science* (pp. 733-734). New York: Fitzroy Dearborn.
- Anderson, N.T., Bernasconi, S.M., McKenzie, J.A., Saurer, M., Schweingruber, F. (2002). Model evaluation for reconstructing the oxygen isotopic composition in precipitation from tree ring cellulose over the last century. *Chemical Geology*. 182: 121-137.
- Andrea, T. (2015) Begins With CO<sub>2</sub> Above 400 PPM Mark. url: <http://www.climatecentral.org/news/2015-begins-with-co2-above-400-ppm-mark-18534>.
- Araguás-Araguás, L., Froehlich, K., & Rozanski, K. (1998). Stable isotope composition of precipitation over southeast Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 103(D22), 28721-28742. doi: 10.1029/98JD02582.
- Badino, G. (2004). Cave temperatures and global climate change. *International Journal of Speleology*, 33(1/4), 103-114.
- Baldini, J.U.L., McDermo, H.F., Baker, A., Baldini, L.M., Matthey, D.P. and Railsback, L.B. (2005). Biomass effects on stalagmite growth and isotope ratios: A 20th century analogue from Wiltshire, England.” *Earth and Planetary Science Letters*. 240: 486–494.
- Berkelhammer, M., Sinha, A., Mudelsee, M., Cheng, H., Edwards, R. L., & Cannariato, K. (2010). Persistent multidecadal power of the Indian Summer Monsoon. *Earth and Planetary Science Letters*, 290(1–2), 166-172. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.017>.
- Bradley, R.S. (1999). Paleoclimatology, Reconstructing climates of the Quaternary (second edition). International Geophysics Series. Harcourt/Academic Press. 613p.

- Burns, S.J., Fleitmann, D., Mudelsee, M., Neff, U., Matter, A. And Mangini, A. (2002). A 780-year annually resolved record of Indian Ocean monsoon precipitation from a speleothem from south Oman. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 107, art. no. 4434.
- Baker, A., Genty, D., Dreybrodt, W., Barnes, W. L., Mockler, N. J., & Grapes, J. (1998). Testing Theoretically Predicted Stalagmite Growth Rate with Recent Annually Laminated Samples: Implications for Past Stalagmite Deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(3), 393-404. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00343-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00343-8)
- Cai, B., N. Pumijumnong, M. Tan, C. Muangsong, X. Kong, X. Jiang, and Nan S. (2010). Effects of intraseasonal variation of summer monsoon rainfall on stable isotope and growth rate of a stalagmite from northwestern Thailand, *J. Geophys. Res.*, 115, D21104, 1-10, doi: 10.1029/2009JD013378.
- Casteel, R. C., & Banner, J. L. (2015). Temperature-driven seasonal calcite growth and drip water trace element variations in a well-ventilated Texas cave: Implications for speleothem paleoclimate studies. *Chemical Geology*, 392, 43-58. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.11.002>
- Dansgaard, W. (1964). Stable isotopes in precipitation. *Tellus A*, 16(4). doi: 10.3402/tellusa.v16i4.8993
- Denniston, R. F., Wyrwoll, K.-H., Polyak, V. J., Brown, J. R., Asmerom, Y., Wanamaker Jr, A. D., . . . Humphreys, W. F. (2013). A Stalagmite record of Holocene Indonesian–Australian summer monsoon variability from the Australian tropics. *Quaternary Science Reviews*, 78(0), 155-168.
- Dr. Pap, Pantip.com. 4 พฤษภาคม 2557. วัดถ้ำเฮอร์วีน จ.หนองบัวลำภู...รีวิวกาพจริง สถานที่จริง. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://pantip.com/topic/32002706> (วันที่สืบค้น 19 กุมภาพันธ์ 2559).

- Dreybrodt, W. (1988). *Processes in Karst Systems: Physics, Chemistry, and Geology*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Dreybrodt, W. (1999). Chemical kinetics, speleothem growth and climate. *Boreas*, 28(3), 347-356. doi: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00224.x.
- Fleitmann, D., Burns, S. J., Neff, U., Mudelsee, M., Mangini, A., Matter, A. (2004). Palaeoclimatic interpretation of high-resolution oxygen isotope profiles derived from annually laminated speleothems from Southern Oman. *Quaternary Science Reviews*, 23(7-8), 935-945. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.06.019>.
- Freitas, C. R. d. (2010). The role and importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. *ACTA CARSOLOGICA*, 39(3), 477-489.
- Friedlingstein, P., Houghton, R.A., Marland, G., Hackler, J., Boden, T.A., Conway, T.J., Canadell, J.G., Raupach, M.R., Ciais, P., Le Quéré, C. (2010). Update on CO<sub>2</sub> emissions, *Nat. Geosci.* 3(12): 811-812.
- Gat, J. R., Gonfiantini, R. (1981). *Stable Isotope Hydrology. Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle, Technical Report Series No.210*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Genty, D., Deflandre, G. (1998). Drip flow variations under a stalactite of the Père Noël cave (Belgium). Evidence of seasonal variations and air pressure constraints. *Journal of Hydrology*, 211(1-4), 208-232. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00235-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00235-2)
- Genty, D., Baker, A., Vokal, B. (2001). Intra- and inter-annual growth rate of modern stalagmites. *Chemical Geology*, 176(1-4), 191-212. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541\(00\)00399-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00399-5).
- Gillieson, D. (1996). *Caves: Processes, Development and management*. Blackwell Publisher

- Gonfiantini, R. (1978). Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature*, 271(5645), 534-536.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC Fourth Assessment Report. (2007). Climate Change 2007 Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC. (2001). Climate Change 2001 Synthesis Report. A contribution of Working Group I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate [Watson R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 398 p
- Jones, W. K., III, H. H. H., Wicks, C. M., Currie, R. R., Hose, L. D., Kerbo, R. C., . . . Trout, J. (2003). *Recommendations and guidelines for managing caves on protected lands*. West Virginia: Karst Waters Institute.
- Kabeya, N., Shimizu, A., Chann, S., Tsuboyama, Y., Nobuhiro, T., Keth, N., Tamai, K. (2007). Stable Isotope Studies of Rainfall and Stream Water in Forest Watersheds in Kampong Thom, Cambodia. In H. Sawada, M. Araki, N. Chappell, J. LaFrankie & A. Shimizu (Eds.), *Forest Environments in the Mekong River Basin* (pp. 125-134): Springer Japan.

- Lauritzen, S-E. and Onac, B.P. (1999). Isotopic Stratigraphy of a Last Interglacial Stalagmite from Northwestern Romania: Correlation with the Deep-Sea record and Northern-Latitude Speleothem. *Journal of Cave and Karst Studies*. 61(1): 22-30.
- Li, H.-C., Lee, Z.-H., Wan, N.-J., Shen, C.-C., Li, T.-Y., Yuan, D.-X., & Chen, Y.-H. (2011). The  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  records in an aragonite stalagmite from Furong Cave, Chongqing, China: A-2000-year record of monsoonal climate. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40(6), 1121-1130. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.06.011>
- Madonia, P. (2008). *Monitoring climatic changes and carbon cycle in canyons and caves: the C6 project*. . Paper presented at the 1st WSEAS International Conference on ENVIRONMENTAL and GEOLOGICAL SCIENCE and ENGINEERING (EG'08) Malta.
- Marty, B. Tolstikhin, I.N. (1998).  $\text{CO}_2$  fluxes from mid-ocean ridges, arcs and plumes: Chemical Geology 145: 233-248.
- Mengpin, Ge. Johannes, F. and Thomas, D. (2014). 6 Graphs Explain the World's Top 10 Emitters. url: <http://www.wri.org/blog/2014/11/6-graphs-explain-world%E2%80%99s-top-10-emitters>
- Millar, I.R. and Wild, K.A. (1989). General Policy and Guidelines for Cave and Karst Management. Wellington Department of Conservation.
- Muangsong, C. (2015). *Asian monsoon variability over the last two thousand years as inferred from stalagmites and tree rings from Northwestern Thailand*. (PhD), China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan.
- Muangsong, C., Cai, B., Pumijumnong, N., Hu, C., Cheng, H. (2014). An annually laminated stalagmite record of the changes in Thailand monsoon rainfall over the past 387 years and its relationship to IOD and ENSO. *Quaternary International* 349, 90–97., doi: 10.1016/j.quaint.2014.08.037.



- Muangsong, C., Cai, B., Pumijumnong, N., Hu, C. and Lei, G. (2016). Intra-seasonal variability of Teak tree-ring cellulose  $\delta^{18}\text{O}$  from northwestern Thailand: A potential proxy of Thailand summer monsoon rainfall. *The Holocene*. Doi: 10.1177/0959683616640045.
- Muangsong, C., Pumijumnong, N., Cai, B., Tan, M. (2011). Stalagmite grey level as a proxy of the palaeoclimate in northwestern Thailand. *ScienceAsia*, 37(3), 262. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.262
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, New York. 547 p.
- National Caves Association. (2014). Types of Caves. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://cavern.com/Learn/cavetypes.asp>.
- Phutong, P. (2008). Mineralogy and isotopic geochemistry of stalagmites in Namjang cave, Pangmapha, Maehongson province Thailand. M. Sc. Thesis Mahidol University.
- Pumijumnong, N. and Arunrat, N. (2013). Simulating the rice yield change in Thailand under SRES A2 and B2 scenarios with the EPIC model. *Journal of Agri-Food and Applied Sciences* 1(4), 119-125.
- Pumijumnong, N and Techamahasaranont J. (2009). Climate change impact on forest area in Thailand. Pp 143-157. In L. Puangchit and S. Diloksumpun (eds.). *Tropical Forestry Change in a changing world volume 2: Tropical Forests and Climate Change*. Proceedings of FORTROP II International Conference, Kasetsart University, Bangkok.
- Riechelmann, D. F. C., Schröder-Ritzrau, A., Scholz, D., Fohlmeister, J., Spötl, C., Richter, D. K., Mangini, A. (2011). Monitoring Bunker Cave (NW Germany): A prerequisite to interpret geochemical proxy data of speleothems from this site. *Journal of Hydrology*, 409(3–4), 682-695. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.068>.

- Rozanski, K., Araguás-Araguás, L., & Gonfiantini, R. (1993). Isotopic Patterns in Modern Global Precipitation *Climate Change in Continental Isotopic Records* (pp. 1-36): American Geophysical Union.
- Sherwin, H.A., Montgomery, W.I., Lundy, M.G. (2012). The impact and implications of climate change for bats. *Mammal review*. 19p. Doi:10.1111/j.1365-2907.2012.00214.x
- Smart, D. (1999). The Future of Caves and Karst in Thailand in proceeding of Cave Resource. Royal City Hotel, BKK, 4-5 August, 1999, 225-228.
- Snidvongs, A., Ketwut, T., Phruksawan, K., Laongmanee, W., Chinawanno, S., Thitiwate, J., Yangdee, C., Tuatikulchai, J., Boonsomboonsakul, S. and Sangmanee, C. (2008). Climate change impacts in Krabi province, Thailand. South East Asian-Global Change System for Analysis Research and Training organization (SEA-START).
- Tan, L., Cai, Y., An, Z., Cheng, H., Shen, C-C., Breitenbach, S.F.M., Gao, Y., Edwards, R.L., Zhang, H., Du, Y. (2015). A Chinese cave links climate change, social impacts, and human adaptation over the last 500 years. *Scientific Reports*. 5, 12284. Doi: 10.1038/srep12284.
- Tan, M., Liu, T.S., Hou, J.Z., Qin, X.G., Zhang, H.C., Li, T.Y. (2003). Cyclic rapid warming on centennial-scale revealed by a 2650-year stalagmite record of warm season temperature. *Geophysical Research Letters*. 30: 191–194.
- Tan, M., Baker, A., Genty, D., Smith, C., Esper, J., Cai, B. (2006). Applications of stalagmite laminae to paleoclimate reconstructions: Comparison with dendrochronology/climatology. *Quaternary Science Reviews*. 25: 2103–2117.
- Toomey, R. S. (2009). Geological monitoring of caves and associated landscapes. *The Geological Society of America*, 27-46. doi: 10.1130/2009.monitoring(02)

- Trisirisatayawong, I., Naeije, M., Simons, W., Fenoglio-Marc, L. (2011). Sea level change in the gulf of Thailand from GPS-corrected tide gauge data and multi-satellite altimetry. *Journal of Global and Planetary Change*, 76: 137-151.
- Trisurat, Y., Alkemade, R. and Arets, E. (2009). Projection forest tree distributions and adaptation to climates change in northern Thailand. *Journal of Ecology and natural Environment* 1(3): 55-63.
- USGS. (2005). The Cataclysmic 1991 Eruption of Mount Pinatubo, Philippines. url: <http://pubs.usgs.gov/fs/1997/fs113-97/>.
- Van Loon, H. Labitzke, K. (2000). The influence of the 11-year solar cycle on the stratosphere below 30 km: A review, *Space Sci Rev* 94:259-278.
- Watson, J., Hamilton-Smith, E. Gillieson, D., Kieman, K. (eds.). (1997). *Guidelines for Cave and Karst Protection*, UK: IUCN.
- Yadava, M.G., Ramesh, R., Plant, G.B. (2004). Past monsoon rainfall variations in peninsular India recorded in a 331-year-old speleothem. *The Holocene*. 14 (4): 517-524.
- Zhang, P., Cheng, H., Edwards, R. L., Chen, F., Wang, Y., Yang, X., . . . Johnson, K. R. (2008). A Test of Climate, Sun, and Culture Relationships from an 1810-Year Chinese Cave Record. *Science*, 322(5903), 940-942. doi: 10.1126/science.1163965.