# ประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตหินปูน กรณีศึกษา: เหมืองแร่หินปูน เพื่ออุตสาหกรรมเคมีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

# Environmental Damage Assessment of Natural Resource Depletion In Limestone Production Case Study: Limestone Mining for the chemical industry of the Electricity Generating Authority of Thailand, Mae Moh, Lampang Province

ประกอบ ปะระมะ[1*] , สุรัตน์ เศษโพธิ์[2] และ พุทธดี อุบลศุข[3]

Prakob Parama[1*], Surat Sedpho[2] and Putthadee Ubolsook[3]

[1,2]สาขาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

[3]สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

[1,2]Energy Management and Smart Grid Technology Department, School of Energy and Environment, University of Phayao

[3]Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

E-mail: prakob_prm@hotmail.com

Received: February 28, 2023; Revised: May 21, 2023; Accepted: May 22, 2023

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตหินปูนสำหรับใช้ในกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ในกลุ่มของสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) สามารถประเมินค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากร (User cost, Marginal user cost; MUC) คิดเป็น 0.867 บาทต่อตัน เมื่อคำนวณค่าเสียโอกาสหากมีการทำเหมืองหินปูนจนถึงปี พ.ศ.2593 จะมีค่าประมาณ 0.1 พันล้านบาท โดยมูลค่าของหินปูนหากคำนวณเป็นระยะเวลา 90 ปี มีค่าประมาณ 8 พันล้านบาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาส พบว่ามีมูลค่าไม่มาก ดังนั้นการทำเหมืองหินปูนของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ที่สูญเสียไปจากการนำทรัพยากรมาใช้ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างผลผลิตปฐมภูมิในกรณีที่ไม่มีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้กับผลผลิตปฐมภูมิหลังจากการขุดเจาะคิดเป็น 0.633 ตันต่อตัน หากดำเนินการขุดแร่หินปูนจนกระทั่งเหมืองปิด (พ.ศ. 2593) จะก่อให้เกิดความเสียหายผลผลิตปฐมภูมิคิดเป็น 44 ล้านตัน/ตัน เนื่องจากพื้นที่ทำเหมืองปัจจุบันเป็นพื้นที่ป่าเบญพรรณที่มีสภาพไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยต้นไม้ได้แก่ สัก ประดู่ อ้อยช้าง ยมหิน ปอหยาบ ฯลฯ ทำให้ค่าความเสียหายไม่สูงมากนัก

**คำสำคัญ :** สินทรัพย์ทางสังคม, ด้านผลผลิตปฐมภูมิ, การประเมินสินทรัพย์ด้านสังคม, การผลิตหินปูน

## Abstract

The objective of this research is to assess the environmental damage caused by the reduction of natural resources in the production of limestone used in the process of eliminating sulfur dioxide gas at the Maemoh Power Plant in Maemoh District, Lampang Province. The environmental damage in terms of resource reduction can be evaluated as a social asset and quantified as the user cost or marginal user cost (MUC), which is calculated at 0.867 baht per ton. When calculating the opportunity cost if limestone mining continues until the year 2050 (B.E. 2593), it amounts to approximately 100 billion baht. The value of limestone, if calculated over a 90-year period, is estimated at around 8 billion baht. Comparing this with the opportunity cost, it is evident that the value is not significant. Therefore, the limestone mining operations of the Maemoh Power Plant are considered economically viable. As for the environmental damage caused by the reduction of natural resources in terms of primary productivity, which is the loss of productivity resulting from the use of resources, it is estimated to be 0.633 tons per ton. If limestone mining continues until the closure of the mine (B.E. 2593), it will result in a loss of 44 million tons per ton of primary productivity. The current mining area is a degraded forest area consisting of various tree species such as teak, Pradu, sugarcane, Yomhin, and Pohyaa. Therefore, the environmental damage is not considered to be significantly high.


**Keywords :** Social asset, Primary productivity, Social Assessment, Limestone Production

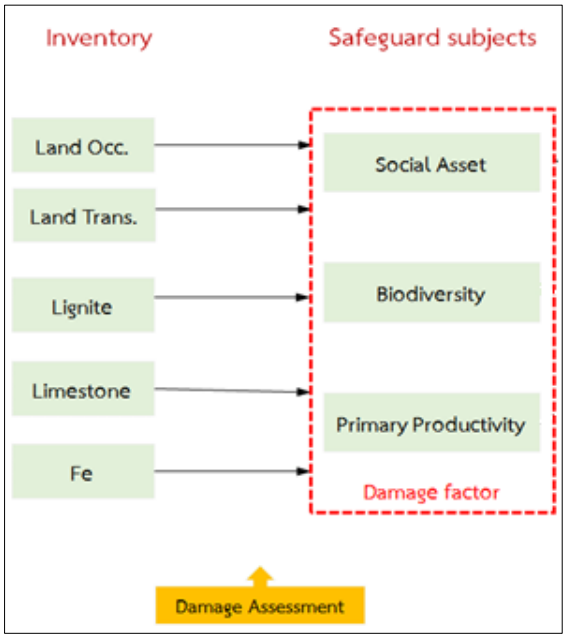
## 1. บทนำ

ไฟฟ้าจัดเป็นระบบสาธารณูปโภคที่สำคัญในการดำเนินชีวิตและการขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่มีความต้องการใช้งานมากขึ้น ควบคู่ไปกับการพัฒนาประเทศ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากกว่าร้อยละ 70 [1] โดยเชื้อเพลิงจากถ่านหินมีสัดส่วนราวร้อยละ 22 [2] การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเหล่านี้ล้วนแต่ก่อให้เกิดมลพิษต่าง ๆ ทั้ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO2) รวมถึง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) โดยโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหินลิกไนต์ภายในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ปัจจุบันมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 2,400 เมกะวัตต์ (MW) ใช้ถ่านลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงปีละประมาณ 16 ล้านตัน ซึ่งการเผาไหม้ถ่านหินที่ปราศจากการลด กำจัดหรือผ่านกระบวนการเคมีจะมีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ออกสู่บรรยากาศและเมื่อรวมตัวกับไอน้ำจะทำให้เกิดฝนกรดส่งผลกับประชาชนที่อาศัยโดยรอบโรงไฟฟ้า ดังนั้นโรงไฟฟ้าแม่เมาะจึงได้ทำการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization; FGD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกัมมะถันปนอยู่ โดยระบบ FGD จะใช้หินปูน (Calcium Carbonate, CaCO3) เป็นตัวดูดซับ (Absorbent) และจะได้ยิบซั่ม (Gypsum) เป็นผลผลิตตามมา ซึ่งในแต่ละปีระบบ FGD มีความต้องการใช้หินปูนประมาณ 1,320,000 ตัน [3] เพื่อเป็นสารตั้งต้นในการกำจัด ซึ่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมไม่ได้เกิดเฉพาะในส่วนของการใช้เท่านั้น ในส่วนของการนำแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ หรือ หินปูน เป็นต้น จะต้องมีการขุดเจาะส่งผลให้สูญเสียทรัพยากรมากขึ้น โดยโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีโรงผลิตหินปูนสำหรับใช้ในระบบ FGD ซึ่งเป็นการผลิตภายในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยในกระบวนการผลิตหินปูนประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ 1) การเปิดพื้นที่ทำเหมืองและการเจาะระเบิดหิน 2) การขนส่งหินเข้าโรงแต่งแร่ 3) การบดย่อยและการคัดแยกหินปูน และ 4) การขนส่งหินปูนเข้าสู่โรงไฟฟ้า กระบวนการผลิตหินปูนแบบเปิดหน้าเหมืองนั้นจะมีการใช้เครื่องจักรหนักในการทำงาน เช่น รถเจาะ

แบคโฮ เป็นต้น จากนั้นมีการขนส่งเข้าโรงแต่งแร่ด้วยรถบรรทุกซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก และในการบดย่อยให้ได้ขนาดตามความต้องการจะมีการใช้พลังงานจากไฟฟ้า ซึ่งการใช้พลังงานเหล่านี้ส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [4] นอกจากนี้ยังมีของเหลือทิ้งที่มาจากการกระบวนการผลิต และมลภาวะต่าง ๆ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ไม่ได้เกิดเฉพาะขั้นตอนที่นำมาใช้งานเท่านั้น แต่เกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการขุดเจาะ การขนส่ง เพื่อนำแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ หรือ หินปูน [5] มาใช้งาน ส่งผลให้สูญเสียทรัพยากรมากขึ้นด้วยเช่นกัน

การจำกัดหรือนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นการช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งหากสามารถประเมินค่าออกมาเป็นเชิงตัวเลข จะทำให้เกิดการบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นแนวคิดในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากร จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวัดการใช้หรือการลดลงของทรัพยากร โดยแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง คือ แนวคิดที่ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งมีนักวิจัยในหลายภูมิภาค เช่น ยุโรป อเมริกา เอเชีย เป็นต้น ได้พัฒนาวิธีการประเมินไว้ เช่น TRACI, CML, EDIP, IMPACT 2000+, ReCiPe เป็นต้น สำหรับประเทศไทยได้มีนักวิจัยพัฒนาแนวทางการประเมินผลกระทบและค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยแนวทางการประเมินตามแนวคิดของประเทศญี่ปุ่นที่มีชื่อว่า Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling (LIME) ซึ่งได้มีการพัฒนาผลกระทบใน 5 กลุ่มผลกระทบ [6] ได้แก่ ด้านภาวะโลกร้อน ด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ การเกิดยูโทรฟิเคชั่น และการเกิดฝนกรด แต่ไม่ได้พัฒนาในกลุ่มผลกระทบและค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการประเมินเฉพาะค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของการผลิตหินปูนสำหรับใช้ในกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ด้านทรัพย์สินทางสังคม (Social Assets) และด้านผลผลิตปฐมภูมิ (Primary Production) โดยใช้โมเดลการประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติตามแนวคิดของวิธี LIME ซึ่งค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จากความเสียหายในแต่ละกลุ่มที่มีผลต่อการนำทรัพยากรไปใช้เพื่อวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อไป โดยขั้นตอนการประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติตามแนวคิดของ LIME ประเทศญี่ปุ่น แสดงดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** ขั้นตอนการประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

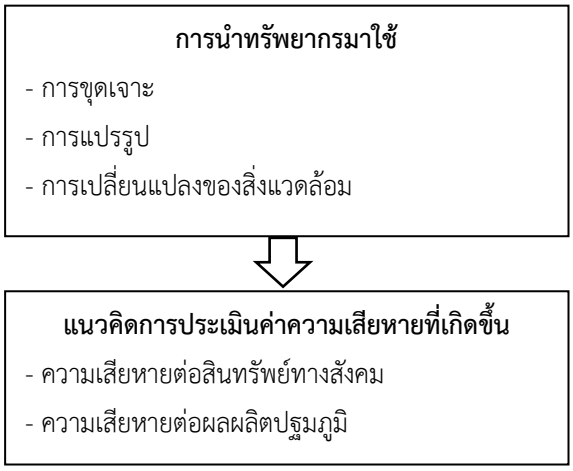
เพื่อประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของการผลิตหินปูนสำหรับใช้ในกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

## 3. ขอบเขตและสมมติฐานงานวิจัย

3.1 ศึกษาค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของการผลิตหินปูนโดยอาศัยแนวทางการประเมินตามแนวคิดที่มีชื่อว่า Life cycle Impact

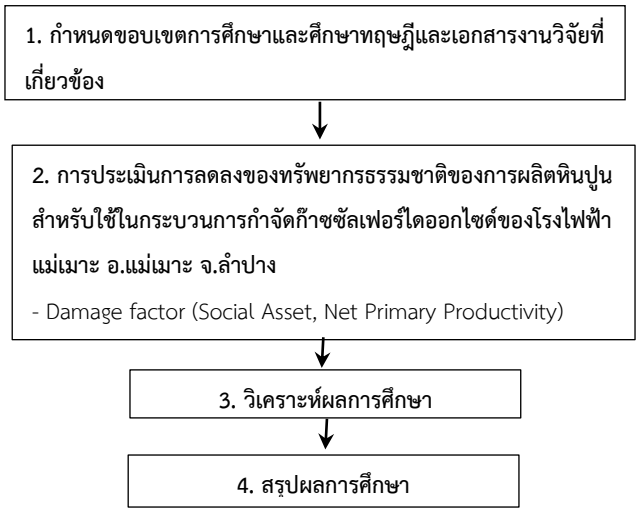
assessment Method based on Endpoint modelling (LIME)

3.2 วิเคราะห์ค่าความเสียหายด้านสินทรัพย์ทางสังคม และด้านผลผลิตปฐมภูมิ




**รูปที่ 2** แนวคิดการพัฒนาค่าความเสียหายการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ

## 4. วิธีการดำเนินการวิจัย




**รูปที่ 3** ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 4.1 การประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติจากการผลิตหินปูน

การประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติจากการผลิตหินปูน จะพิจารณาค่าความเสียหาย (Damage factor) จาก 2 กลุ่มความเสียหาย ได้แก่ ด้านสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) ด้านผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ในหน่วยบาท/ตันหินปูน ซึ่งในแต่ละด้านมีแนวคิดในการประเมินดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ความเสียหายด้านสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) จะใช้แนวคิดการประเมินค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากร (User cost, Marginal user cost; MUC) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 1 (Matsuda and Itsubo, 2018)

$$MUC = \left(\frac{1}{1+r}\right)^{n} \times R \qquad (1)$$

โดยที่

$MUC$ คือ ค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากร (บาท/ตัน)

$r$ คือ อัตราดอกเบี้ย (-)

$R$ คือ รายได้จากการขายทรัพยากร (บาท/ปี)

$n$ คือ จำนวนปีที่ทำเหมืองทรัพยากรนั้น (ปี)

4.1.2 การวิเคราะห์ความเสียหายด้านผลผลิตปฐมภูมิ สามารถคำนวณได้จากผลผลิตปฐมภูมิที่สูญเสียไปจากการนำทรัพยากรมาใช้ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างผลผลิตปฐมภูมิในกรณีที่ไม่มีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้กับผลผลิตปฐมภูมิหลังจากการขุดเจาะ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 2

$$NPP_{loss} = npp_0 - npp_{mine} \qquad (2)$$

โดยที่

$NPP_{loss}$ คือ ผลผลิตปฐมภูมิที่สูญเสียไปจากการขุดเจาะทรัพยากร (t-NPP/t-resource)

$npp_0$ คือ ผลผลิตปฐมภูมิที่สามารถเกิดขึ้นได้หากไม่มีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้ (t-NPP/t-resource)

$npp_{mine}$ คือ ผลผลิตปฐมภูมิที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้ (t-NPP/t-resource)

การพัฒนาค่าความเสียหายของการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้สำหรับประเทศไทย ผู้วิจัยจะเลือกพัฒนาทรัพยากรตามข้อมูลของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่พบว่าทรัพยากร (แร่) ที่สามารถผลิตได้ในประเทศไทยระหว่างปี 2558 - 2561 แสดงดังตารางที่ 1

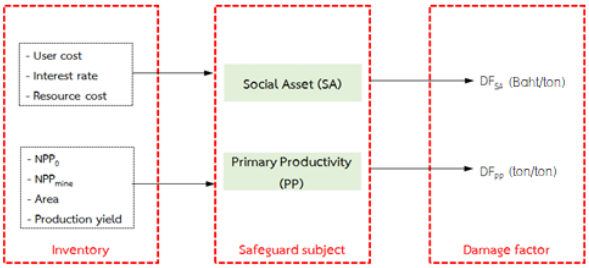
**ตารางที่ 1** การผลิตแร่ของประเทศไทยปี 2558-2561

หน่วย: ตัน

| | ๒๕๕๘ | ๒๕๕๙ | ๒๕๖๐ | ๒๕๖๐* | ๒๕๖๑* |
|---|---|---|---|---|---|
| **แร่พลังงาน** | | | | | |
| ลิกไนต์ | ๑๕,๑๕๐,๕๔๙ | ๑๓,๔๙๑,๕๙๗ | ๑๖,๒๕๘,๖๓๗ | ๘,๓๙๐,๐๔๕ | ๗,๓๖๙,๔๒๑ |
| **แร่อโลหะ** | | | | | |
| หินปูน | ๑๗๖,๖๒๖,๑๙๑ | ๑๗๗,๓๓๑,๖๓๔ | ๑๗๖,๕๐๓,๖๗๕ | ๙๓,๓๙๖,๐๕๑ | ๗๖,๕๒๒,๔๑๔ |
| หินบะซอลต์ | ๑๒,๘๗๗,๐๔๘ | ๑๓,๕๔๗,๔๔๒ | ๑๒,๗๗๒,๐๘๕ | ๖,๔๘๖,๔๔๙ | ๗,๐๘๐,๖๘๖ |
| หินแกรนิต | ๘,๐๘๘,๖๘๘ | ๙,๔๗๓,๙๓๖ | ๙,๐๕๐,๗๕๑ | ๔,๐๙๕,๓๖๐ | ๔,๗๙๐,๖๙๓ |
| **แร่โลหะ** | | | | | |
| แร่เหล็ก | - | - | ๑๓๕ | ๑๓๕ | ๑๕,๐๐๐ |
| สังกะสี | ๑๘๑,๐๒๕ | ๑๗๕,๖๓๒ | ๗,๘๗๗ | ๗,๘๗๗ | - |
| แมงกานีส | ๙,๐๐๐ | ๙,๑๕๐ | ๘,๐๒๐ | ๖,๔๒๐ | - |

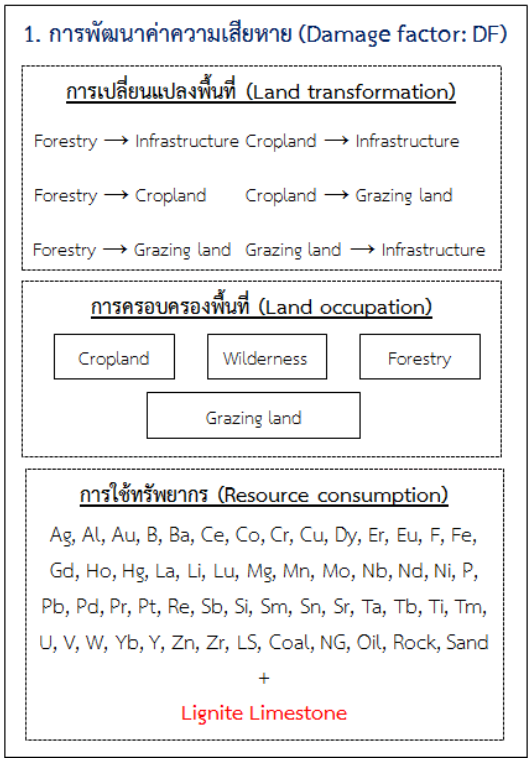
**ที่มา:** กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ [9]

จากตารางที่ 1 พบว่าแร่หลักที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ แร่พลังงาน แร่โลหะ และแร่อโลหะ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามข้อมูลแล้ว พบว่าแต่ละกลุ่มมีแร่หลัก ๆ ที่ผลิตได้ คือ ลิกไนต์ในกลุ่มแร่พลังงาน หินปูนในกลุ่มแร่อโลหะ และแร่เหล็กในกลุ่มแร่โลหะ ซึ่งแร่เหล็กในกลุ่มโลหะนั้นได้มีการพัฒนาค่าความเสียหายโดยวิธีการ LIME ไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จะพัฒนาค่าความเสียหายจากทรัพยากรหินปูน โดยพิจารณาความเสียหาย 2 ด้าน คือ ด้านสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) และด้านผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ส่วนด้านความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) นั้น ข้อมูลของประเทศไทยยังไม่เพียงพอสำหรับการพัฒนา ดังแสดงในรูปที่ 4




**รูปที่** 4 ขั้นตอนการพัฒนาค่าความเสียหายของหินปูน

บัญชีรายการของข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ต้นทุนที่ใช้ในการเตรียมทรัพยากร อัตราดอกเบี้ย ราคาขายทรัพยากร ค่าผลผลิตปฐมภูมิของพื้นที่นั้น ๆ ขนาดของพื้นที่เหมือง รวมถึงปริมาณทรัพยากรที่ผลิตได้ถูกรวบรวมเพื่อพัฒนาเป็นค่าความเสียหายทั้งในด้านสินทรัพย์ทางสังคมและด้านผลผลิตปฐมภูมิ โดยค่าความเสียหายของหินปูนที่ผลิตจากเหมืองแร่หินปูนของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง มีขอบเขตการพัฒนาค่าความเสียหายในกลุ่มผลกระทบการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 5




**รูปที่** 5 ขอบเขตการพัฒนาค่าความเสียหายในกลุ่มผลกระทบการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทย

โดยการพัฒนาค่าความเสียหายของหินปูนใช้ข้อมูลของเหมืองหินปูนที่ตั้งอยู่ภายในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง มีต้นทุนที่ใช้ในการเตรียมทรัพยากรอ้างอิงจากราคาของหินปูนขายให้กับระบบ FGD โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปี 2560 ราคาตันละ 70 บาท (หรือ 0.07 บาท/กิโลกรัม) ส่วนจำนวนปีที่มีการทำเหมืองหินปูน อ้างอิงจากปีที่มีการเปิดเหมืองโดยยึดเป็นปีที่มีการเปิดโรงไฟฟ้า คือ ปี พ.ศ. 2503 และเวลาในการปิดเหมืองอ้างอิงจากแผนการปิดเหมืองของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ในปี 2593 รวมระยะเวลาการทำเหมืองทั้งสิ้น 90 ปี

ส่วนการพัฒนาค่าความเสียหายด้านผลผลิตปฐมภูมินั้นใช้สมมติฐานว่า ในการทำเหมืองได้มีการเปิดหน้าเหมืองและ

ทำลายพื้นที่ป่าไป ซึ่งพื้นที่ป่าดังกล่าวตั้งอยู่ในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (พื้นที่ใกล้เคียงกับเหมืองถ่านหินลิกไนต์) โดยขณะทำเหมืองนั้นพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถทำให้เกิดผลผลิตปฐมภูมิสุทธิได้ (ค่า $npp_{mine,i} = 0$) ค่า ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิที่สามารถเกิดขึ้นได้หากไม่มีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้ ($npp_{0,i}$) อ้างอิงค่าจากป่าเบญจพรรณของประเทศเท่ากับ 1.566 kg/m$^2$/ปี (Diloksumpun, 2008) ปริมาณหินปูนที่ขุดขึ้นมาใช้ในปี 2560 เท่ากับ 1,929,532.95 ตัน และเหมืองมีพื้นที่ทั้งหมดมีจำนวน 2 ประทานบัตร รวม 487 ไร่ 3 งาน 2 ตารางวา หรือ 780,408 ตารางเมตร

## 5. ผลการวิจัย

การประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติจากการผลิตหินปูนจะพิจารณาค่าความเสียหาย (Damage factor) จาก 2 กลุ่มความเสียหาย ได้แก่ ด้านสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) ด้านผลผลิต ปฐมภูมิ (Primary productivity) ในหน่วย บาท/ตันหินปูน มีผลแสดงดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าความเสียหาย (Damage factor: DF) ของหินปูน

| Safeguard subject | Damage factor | Unit |
|---|---|---|
| Social asset (SA) | 0.867 | Baht/ton |
| Primary production (PP) | 0.633 | ton/ton |

จากตารางจะเห็นว่าค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติจากการผลิตหินปูนด้านสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) เท่ากับ 0.867 Baht/ton ส่วนด้านผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) มีค่าความเสียหายฯ เท่ากับ 0.633 ton/ton

ค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มของสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) สามารถประเมินค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากร (User cost, Marginal user cost; MUC) คิดเป็น 0.867 บาทต่อตัน เมื่อคำนวณค่าเสียโอกาสในปี 2561 ที่มีปริมาณหินปูนที่ผลิตได้ 1,929,532 ตัน ราคาขายเท่ากับ 70 บาทต่อตัน จะคิดราคาหินปูนที่ผลิตได้ทั้งหมดเท่ากับ 135,067,240 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากรในกลุ่มของสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) คิดเป็น 1,672,904 บาท ซึ่งมีผลต่างของราคาขายกับค่าเสียโอกาสเท่ากับ 133,394,335 บาท เมื่อวิเคราะห์ผลที่ได้พบว่าการทำเหมืองหินปูนของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีความคุ้มค่าในการลงทุน

ส่วนค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ที่สูญเสียไปจากการนำทรัพยากรมาใช้ คิดเป็น 0.633 ตันต่อตัน เมื่อคำนวณค่าเสียความเสียหายในปี 2561 ที่มีปริมาณหินปูนที่ผลิตได้ 1,929,532 ตัน คิดเป็น 1,221,393 ตัน ซึ่งไม่สามารถประเมินค่าความเสียหายเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ เนื่องจากเป็นผลกระทบทางด้านชีววิทยา

## 6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

### 6.1 สรุปผลการประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของการผลิตหินปูน

ค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ในกลุ่มของสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) สามารถประเมินค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากร (User cost, Marginal user cost; MUC) คิดเป็น 0.867 บาทต่อตัน เมื่อคำนวณค่าเสียโอกาสหากมีการทำเหมืองหินปูนจนถึงปี พ.ศ.2593 จะมีค่าประมาณ 0.1 พันล้านบาท โดยมูลค่าของหินปูนหากคำนวณเป็นระยะเวลา 90 ปี มีค่าประมาณ 8 พันล้านบาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาส พบว่ามีมูลค่าไม่มาก ดังนั้นการทำเหมืองหินปูนของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนการวิเคราะห์ Sensitivity analysis ของอัตราดอกเบี้ยที่มีผลกับค่าความเสียหาย พบว่า หากอัตราดอกเบี้ยมีค่าลดลงจะส่งผลให้ค่าความเสียหายมีค่าสูงขึ้นในทางตรงกันข้ามหากมีอัตราดอกเบี้ยที่เพิ่มขึ้นค่าความเสียหายจะมีค่าลดลง

ค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ที่สูญเสียไปจากการนำทรัพยากรมาใช้ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างผลผลิตปฐมภูมิในกรณีที่ไม่มีการขุดเจาะทรัพยากรมาใช้กับผลผลิตปฐมภูมิหลังจากการขุดเจาะคิด

เป็น 0.633 ตันต่อตัน หากดำเนินการขุดแร่หินปูนจนกระทั่งเหมืองปิด (พ.ศ. 2593) จะก่อให้เกิดความเสียหายผลผลิตปฐมภูมิคิดเป็น 44 ล้านตัน/ตัน เนื่องจากพื้นที่ทำเหมืองปัจจุบันเป็นพื้นที่ป่าเบญพรรณที่มีสภาพไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยต้นไม้ได้แก่ สัก ประดู่ อ้อยช้าง ยมหิน ปอหยาบ ฯลฯ ทำให้ค่าความเสียหายไม่สูงมากนัก

**6.2 อภิปรายผลการประเมินค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติของการผลิตหินปูน**

จากผลการวิจัยค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ในกลุ่มของสินทรัพย์ทางสังคม (Social asset) มีค่าเท่ากับ 0.867 บาทต่อตัน และในกลุ่มผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity) ที่สูญเสียไปจากการนำทรัพยากรมาใช้ มีค่าเท่ากับ 0.633 ตันต่อตัน จากผลงานวิจัยของ Manfred Klinglmair และ คณะ, 2014 ที่พบว่า วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในการประเมินการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติยังไม่มีระเบียบวิธีวิจัยที่แน่ชัด และการจัดลำดับกลุ่มผลกระทบด้านการลดลงทรัพยากร ตามที่ได้เปรียบเทียบกับการกำหนดบทบาท โดยใช้ค่าแฟคเตอร์ (Characterization Factor) แบบจำลองที่ตรวจสอบมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันอย่างมากมายของผลกระทบการลดลงทรัพยากร และแสดงให้เห็นถึงประเภทของทรัพยากรที่ยังไม่ครอบคลุมทั้งหมด รวมถึงงานวิจัยของสำเริง, 2555 ที่ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยในป่าที่เป็นป่าอนุรักษ์หรือป่าเศรษฐกิจ หรือในป่าไม้ที่เป็นป่าเต็งรัง พบว่ากระบวนการหาค่า NPP ของป่านั้นเป็นวิธีเดียวกัน แต่พรรณไม้ของป่าในแต่ละพื้นที่อาจจะแตกต่างกัน มวลชีวภาพของป่าไม้ที่เกิดขึ้นนั้น ไม่เพียงแต่จะเกิดขึ้นบนพื้นดินเท่านั้น แต่ยังมีมวลชีวภาพที่อยู่ใต้ดินที่เป็นส่วนของรากอีกด้วย ซึ่งในหากจะต้องคิดมวลชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมดอาจจะต้องพิจารณาส่วนนี้ในการคำนวณ NPP ด้วย แต่การวัดมวลชีวภาพในส่วนของรากนั้น ไม่เป็นที่นิยม แต่จะใช้สัดส่วนที่เรียกว่าสัดส่วนน้ำหนักของรากต่อต้น (Root/Shoot ratio) แทน

## 7. เอกสารอ้างอิง


[1] Energy Policy and Planning office (EPPO). Energy Statistic of Thailand 2019. Ministry of Energy [Online]. (2019). [Cited December 20, 2020]. Available: https://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatistics/value-energy-statistic

[2] Electricity Generating Authority of Thailand. Proportion of using fuel to produce electricity in the system of EGAT 2021 [Online]. (2021). [Cited February 14, 2022]. Available: https://www.egat.co.th/home/en/wp-content/uploads/2022/07/EGAT_SR2021_EN-20220718.pdf

[3] Department of Primary Industries and Mines. Mineral Statistics of Thailand 2014–2018 [Online]. [Cited August 15, 2021]. Available: http://www1.dpim.go.th/dt/pper/000001567147 580.pdf.

[4] S.Kittipongvises, C. Polprasert, GHGs Emissions and Sustainable Solid Waste Management. In: O.P. Karthikeyan, K. Heimann, S. Muthu, (eds) Recycling of Solid Waste for Biofuels and Biochemicals. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. Springer, Singapore. 2016, pp 55-85.

[5] S. Niyomthai, and A. Wattanawan, “Sustainable Mining in Thailand: Paradigm Shift in Environmental Management,” *Applied Environmental Research*, vol. 36, no. 1, pp.55-63, Feb. 2014.

[6] C. Rewlay-ngoen, S. Papong, P. Piumsomboon, P. Malakul. and S. Sampattagul, “Life Cycle Impact Modeling of Global Warming on Net Primary Production: A Case Study of Biodiesel in Thailand” *Environment and Resources Journal*, vol 11, No.1, June 2013:21-30.

[7] C. Rewlay-ngoen, “Development of downstream environmental impact assessment methods based on the LIME approach: Case Study of Personal Electric Vehicle,” Research, Development and Engineering Report, Department of Cluster Management and Research Program in Research Management, the National Science and Technology Development Agency (NSTDA)., 2019, pp.36 (in Thai).

[8] Department of Primary Industries and Mines. Situation of Thailand's mining industry in 2020 and future trends [Online]. [Cited August 10, 2021]. Available: https://www.dpim.go.th/service/download?articleid=13327&F=30661 (in Thai).

[9] P. Diloksumpun, “Decision support system for eucalypt plantation investment in Chachoensao province,” Kasetsart University/Bangkok. DOI: https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/KU.the.2008.166

[10] M. Klinglmair, S. Sala and M. Brandão, “Assessing resource depletion in LCA: a review of methods and methodological issues,” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol.19, no.1, pp.580-592. Mar. 2014.

[11] S. Panuthai, S.Junmahasatein, S.Diloksumpun “Soil CO2 Emission in Dry Evergreen Forest and Mixed Deciduous Forest” Research Program in Budget for Activities of Forest and Wildlife Research, 2004. (in Thai).