



# การประเมินวัฏจักรชีวิตก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรม เหมืองถ่านหินแบบเปิด ในประเทศไทย GREENHOUSE GAS ANALYSIS FOR OPEN-PIT COAL MINING INDUSTRY IN THAILAND

พัชรพร พงษ์พัฒน์ และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Pacharaporn Pongpat and Sate Sampattagul

Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

## บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเหมืองแร่ถูกจัดให้เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่รองรับกิจกรรมต่างๆ ของประเทศ ทั้งยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในปริมาณสูง โดยคาดว่าในแต่ละปีกลุ่มอุตสาหกรรมพื้นฐานจะมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในสภาวะปัจจุบันที่ทุกอุตสาหกรรมกำลังเผชิญหน้ากับวิกฤตพลังงาน รวมถึงปัญหาที่เกิดจากการใช้พลังงานและเชื้อเพลิง เช่น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่มีสาเหตุสำคัญมาจาก “ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG)” จากรายงานการตรวจสอบปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการขนส่งไฟฟ้า อุตสาหกรรมการผลิต ที่อยู่อาศัย ธุรกิจการค้า เกษตรกรรม ก่อสร้าง และเหมืองแร่ในปี พ.ศ.2551 พบว่ามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน  $193,739 \times 10^3$  ตัน ก๊าซมีเทนจำนวน  $74 \times 10^3$  ตัน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับจากปีที่ผ่านมา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551) งานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงทำการประเมินวัฏจักรชีวิตก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมเหมืองถ่านหิน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการพลังงานและเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมของเหมืองถ่านหินแบบเปิดในประเทศไทย โดยได้ศึกษาเหมืองถ่านหินตัวอย่างแห่งหนึ่งที่มีกระบวนการทำงานหลัก 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเจาะระเบิด กระบวนการระเบิด กระบวนการขุดขนดิน กระบวนการขุดขนถ่าน และกระบวนการแต่งแร่ และขนสู่โรงไฟฟ้า จากนั้นวิเคราะห์ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงาน

โดยผลการศึกษาพบว่าการทำงานทั้ง 5 กระบวนการหลักมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดเป็นจำนวน 28.49 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันถ่านหิน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเครื่องจักรกลที่ใช้ในเหมืองถ่านหินเป็นจำนวน 9,019.64 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้ล้อยางในเหมืองถ่านหินมีจำนวน 174.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ทั้งนี้จากผลการดำเนินงานผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดก๊าซเรือนกระจกในเหมืองถ่านหิน เพื่อหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจก อาทิเช่น ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานเชื้อเพลิง โดยต้องมึนโยบายในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนเพื่อให้การลดก๊าซเรือนกระจกมีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาการดำเนินงานของเหมืองถ่านหินให้เป็นกิจกรรมที่ยั่งยืนได้

## ABSTRACT

Mining industry is one of the core business values in Thailand that supports industrial activities for many decades. According to government proven reserves, it is revealed that there are still tremendous domestic mining resources which will be possible and profitable for production. However, mining management is needed to evaluate for avoiding from enormous pollution, specifically greenhouse gas emission that contributes to global warming impacts. Since 2008, CO<sub>2</sub> of 193,739x10<sup>3</sup> ton and methane of 74x10<sup>3</sup> ton were reported and the trends were growing up (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2008). Therefore, in this research, we focused on open-pit coal mining industry in the north of Thailand. The important aim is to identify and quantify GHGs emission by using life cycle assessment methodology. The boundary system of LCA started from soil excavation process through the mineral processing and hauling to power plant process. Inventory database was also developed and taking account to the available of input and output data.

As a result, global warming potential equivalent value according to GHGs emission from each phase of life cycle of open-pit coal mining was calculated which was 28.49 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton<sub>coal</sub>, from machine in mining was 9,019.64 ton CO<sub>2</sub>-eq and from tyre machine and wheel was 174.38 ton CO<sub>2</sub>-eq. Life cycle greenhouse gas analysis could demonstrate and figure the critical point and it could find of the way to improve such as maximizing the energy efficiency or applying mining management program into the industries for a sustainable energy consumption and development in the future.

### 1. บทนำ

อุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่รองรับกิจกรรมต่างๆ ภายในประเทศ แต่การดำเนินงานของอุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินหรือเหมืองประเภทอื่นยังมีข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถพัฒนาและนำทรัพยากรมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการทำเหมืองทำให้เกิดของเสียจากการใช้พลังงานและกระบวนการผลิตแร่ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG) อีกทั้งในปัจจุบันปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกำลังถูกจับตามองเป็นอย่างมากจึงจำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อให้อุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดน้อยลงจากเดิม และเพื่อให้มีส่วนร่วมในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมถ่านหินให้เกิดความยั่งยืนและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ทำให้สามารถดำรงอยู่ได้พร้อมกับการพัฒนาและปรับเปลี่ยนสภาพลักษณะไปในทางที่ดี เพื่อให้อุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานสำหรับการพัฒนาประเทศต่อไป [1]

ทั้งนี้จากการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินงานของเหมืองถ่านหินเป็นการวิเคราะห์สำหรับเหมืองใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ โดยสำหรับเหมืองถ่านหินแบบเปิดมีการศึกษาเพียงบางส่วน อาทิเช่น T. Norgate and N. Haque (2009) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตการดำเนินงานของเหมืองแร่เหล็ก แร่บอกไซต์ และแร่ทองแดงในประเทศออสเตรเลีย โดยพิจารณาถึงการใช้พลังงานภายในเหมืองเพื่อวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานทั้งหมดและพบว่ากระบวนการที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือกระบวนการบดแร่ [6] และ David Williams (1998) ได้ศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานของเหมืองถ่านหินแบบเปิด (Open-cut) และแบบเหมืองใต้ดิน (Underground) ที่ประเทศออสเตรเลียพบว่าที่มาของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานของเหมืองถ่านหินทั้งสองประเภทมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 กล่าวคือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเหมืองถ่านหินแบบเปิดมีสาเหตุจากการถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และเกิดจากการใช้พลังงานภายในเหมืองเป็นอันดับสองแต่เมื่อเทียบกับเหมืองถ่านหินแบบใต้ดินพบว่าเมื่อเปรียบเทียบแล้วเกิดก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน โดยในเหมืองแบบปิดจะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกสู่

สิ่งแวดล้อมคิดเป็น 90% ของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเมืองทั้งหมด [7]

ตารางที่ 1 ที่มาของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเมืองถ่านหิน ประเทศออสเตรเลีย

Greenhouse gas emission source	%CO <sub>2</sub> -eq (kt) Open-cut	%CO <sub>2</sub> -eq (kt) Underground
Energy consumption	36	9
Fugitive emission	50	90
Waste coal oxidation	14	<1

S.J. Mangena (2005) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของถ่านหินในเมืองถ่านหินแบบเปิด (Opencast mining) และใต้ดิน (Underground mining) และศึกษาถ่านหินที่มีคุณภาพสูง (High-grade coal) และคุณภาพต่ำ (Low-grade coal) ในแอฟริกาใต้ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 4 กรณี มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการศึกษา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าของผลกระทบด้านโลกร้อนที่เกิดจากการผลิตถ่านหินในเมืองแต่ละประเภท (kg CO<sub>2</sub> equivalence)

Mining	Characterisation value
Mine A <sub>open-low</sub>	9.33 x 10 <sup>4</sup>
Mine B <sub>open-high</sub>	1.51 x 10 <sup>5</sup>
Mine A <sub>under-low</sub>	1.50 x 10 <sup>5</sup>
Mine A <sub>under-high</sub>	1.39 x 10 <sup>5</sup>

ซึ่งจากตัวอย่างการศึกษาข้างต้น บ่งบอกถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานภายในเมืองถ่านหินของแต่ละประเทศ และในฐานะที่ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมถ่านหินเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานเพื่อรองรับความต้องการต่างๆ ภายในประเทศ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการทำงาน เพื่อที่จะหาแนว

ทางแก้ไขและเป็นแนวทางไปสู่การเป็นเมืองที่สะอาด ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดการผลิต (Green mining) นั่นเอง

## 2. วิธีการศึกษา

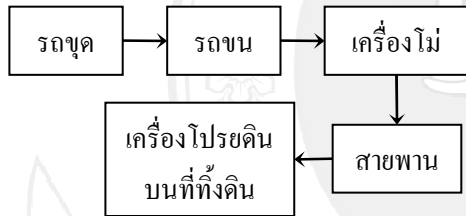
ศึกษากระบวนการผลิตถ่านหินและการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการดำเนินงานของเมืองถ่านหินแบบเปิด โดยข้อมูลที่น่ามาศึกษาเป็นข้อมูลการใช้พลังงานในส่วนของการผลิตถ่านหิน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานจริง หรือข้อมูลบางชุดได้จากค่าประมาณจากอัตราส่วน BCM (Bank Cubic Meter) และข้อมูลจากผู้รับเหมาน้ำเหมือง โดยรายละเอียดต่างๆ มีดังต่อไปนี้

### 2.1 การดำเนินงานของเมืองถ่านหิน

การดำเนินงานของเมืองถ่านหินจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ และสภาพภูมิประเทศแต่ละแห่ง โดยกระบวนการผลิตถ่านหินในประเทศไทยทั้งหมดล้วนเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้วิธีทำเหมืองผิวดินหรือเหมืองแบบเปิด (Opencast mining) ด้วยการเปิดหน้าดิน (Top soil) แล้วขนดินไปยังที่ทิ้งดิน (Dumping area) จากนั้นจึงขุดถ่าน และขนไปใช้ที่โรงไฟฟ้าต่อไป โดยมีกระบวนการหลัก ดังนี้

1. การเจาะรูระเบิด และการระเบิด เนื่องจากดินและถ่านมีความแข็งแรงมาก ดังนั้นจึงต้องนำการระเบิดเข้ามาช่วยในการผลิต ดินและถ่านจะถูกระเบิดเพื่อให้หลวมตัวก่อนแล้วจึงทำการขุด โดยใช้รถขุดหรือรถตัก การระเบิดจะช่วยประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องจักร นอกจากนี้ยังทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่อาจเสียหายจากการขุดในบริเวณที่ชั้นดินแข็งเกินกำลังของเครื่องจักร ส่วนการระเบิดใช้ AN-FO (Ammonium Nitrate-Fuel Oil) หรือ Package Blasting Agent เป็นวัตถุระเบิด โดยมีวัตถุระเบิดประเภท water-Gel, Emulsion หรือ Pentolite Booster เป็น Primer วัตถุระเบิด

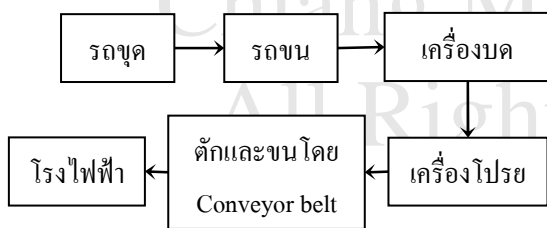
2. การขุดขนดิน หลังจากที่ดินได้ถูกระเบิดให้มีความหลวมตัวแล้วจะใช้รถเพื่อขุดดิน และตักใส่รถบรรทุกขนไปยังเครื่องโม่เพื่อโม่ให้มีขนาดไม่เกิน 30 เซนติเมตรก่อนลำเลียงโดยสายพานไปยังโพรยยังที่ทิ้งดินตั้งขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการขุดขนดิน

(ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

3. การขุดขนถ่าน ขั้นตอนจะเริ่มจากรถขุดตักจะตักถ่านใส่รถบรรทุก ซึ่งจะขนมาเทลงในเครื่องโม่ (Crusher) เพื่อลดขนาดโดยขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 30 เซนติเมตร จากนั้นจะถูกลำเลียงโดยระบบสายพานไปยังลานกองถ่านโดยใช้ Stacker โพรยถ่านลงยังลานกอง เมื่อจะส่งถ่านให้โรงไฟฟ้าจะตักโดยใช้ Bucket Wheel Reclaimer ลงสายพานเพื่อส่งต่อไปยัง Distribution bunker และลำเลียงผ่าน Iron Separator เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมที่เป็นชิ้นส่วนของโลหะออก หลังจากนั้นส่งไปยัง Secondary Crusher เพื่อย่อยลดขนาดจาก 30 เซนติเมตร เป็นไม่เกิน 30 เซนติเมตร แล้วจึงลำเลียงไปเก็บยัง Boiler Bunker ซึ่งถ่านจะถูกป้อนเข้าสู่ Pulverizer เพื่อบดเป็นฝุ่นผงขนาดไม่เกิน 30 Mesh และฉีดพ่นเข้าสู่เตาเผาไหม้ในขั้นตอนของการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิธีการขุดขนถ่าน

(ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

4. ขั้นตอนการแต่งแร่ และการขนส่งสู่โรงไฟฟ้า ถ่านหินที่ได้จากหน้าเหมืองจะขนโดยรถบรรทุกเทท้าย (Rear Dump Truck) ขนาด 91 ตัน แบบ Coal body เข้าสู่ระบบการย่อยโดยเครื่องโม่ถ่าน แบบ Semi – Mobile Crusher เพื่อย่อยให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการขนส่งด้วยระบบสายพานลำเลียง โดยระบบสายพานลำเลียงจะถูกวางเป็นเครือข่ายเชื่อมต่อกันระหว่างขุมเหมืองต่างๆ และวางเชื่อมไปยังลานกองหินที่อยู่ติดกับโรงไฟฟ้า ซึ่งระบบสายพานลำเลียงจะมีการย้ายหรือปรับเปลี่ยนตำแหน่งไปตามสภาพหน้างาน ระดับความลึกของบ่อและระดับสายพานลำเลียง [2] , [3]

## 2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ของการผลิตถ่านหินจะดำเนินการแบบ Gate to Gate ซึ่งเริ่มจากการเจาะรูระเบิดเพื่อเตรียมการเปิดหน้าดินไปจนถึงกระบวนการจัดส่งถ่านหินสู่โรงไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

หน้าที่และหน่วยการทำงาน

(Function and Functional unit)

ผลิตภัณฑ์: ถ่านหิน

หน้าที่: ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

หน่วยการทำงาน: การผลิตถ่านหิน 1 ตัน

การกำหนดเป้าหมายในการประเมินวัฏจักรชีวิต

เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตถ่านหินจำนวน 1 ตัน

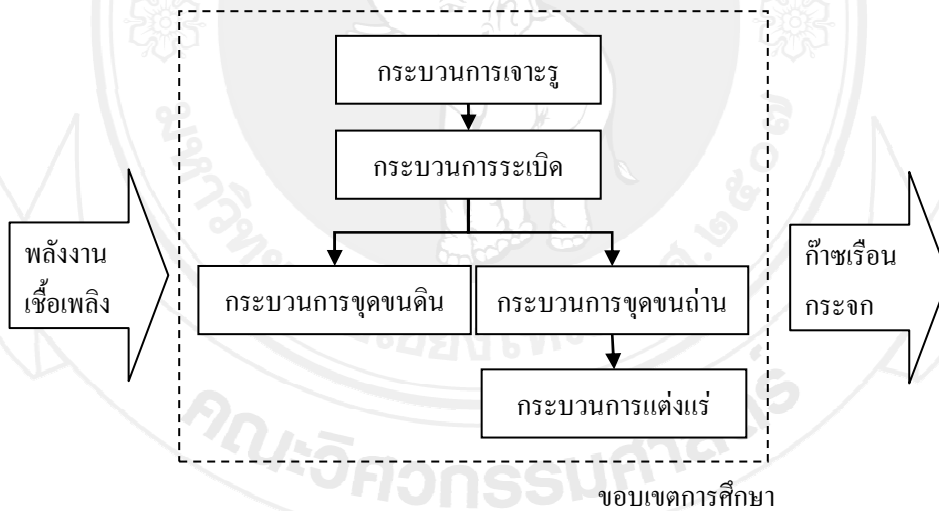
การกำหนดขอบเขต (Scope definition)

ในการศึกษา LCA ของการผลิตถ่านหินนี้จะใช้วิธีการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 เพื่อมุ่งวิเคราะห์ผลกระทบด้านโลกร้อน (Global Warming) ที่เกิดจากการผลิตถ่านหินที่มีผลมาจากก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ทั้ง 6 ชนิด ดังนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีเทน (CH<sub>4</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) โดยมีขอบเขตในการศึกษา ดังนี้

**ขอบเขตของระบบ (System boundary)**

ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตถ่านหิน โดยแบ่งวัฏจักรชีวิตเป็น 5 กระบวนการ คือ กระบวนการเจาะระเบิด กระบวนการระเบิด กระบวนการขุดขนดิน กระบวนการขุดขนถ่าน และกระบวนการแต่งแร่และขนส่งสู่โรงไฟฟ้า โดยเก็บ

รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ได้แก่ ชนิดและการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือของเสียที่ออกจากกระบวนการ และการจัดการผลกระทบหรือของเสียเหล่านั้นซึ่งมีขอบเขตการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3



**รูปที่ 3** ขอบเขตการศึกษา LCA ของการผลิตถ่านหิน

**การจัดทำบัญชีรายการ**

การจัดทำบัญชีรายการทำให้ทราบถึงข้อมูลในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของถ่านหิน โดยแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่เข้าสู่แต่ละกระบวนการ ซึ่งจะแสดงทั้งชนิดและปริมาณของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ได้จากหน้าเหมืองซึ่งการทำงานประกอบไปด้วยผู้รับเหมาหลายราย และบางรายอาจไม่มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานทำให้ต้องมีการเปรียบเทียบข้อมูลจากอัตราส่วนต่อ BCM ของทางเหมืองเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ อีกทั้งจากทั้ง 5 กระบวนการหลักมีการใช้เครื่องจักรกลที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** รายการเครื่องจักรกลที่ใช้ใน 5 กระบวนการหลัก ของเหมืองถ่านหินแบบเปิด

กระบวนการ	เครื่องมือ เครื่องจักร	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
เจาะระเบิด	รถเจาะระเบิด	น้ำมันดีเซล พลังงานไฟฟ้า ทรัพยากรอื่นๆ
ระเบิด	รถขนำตระเบิด รถระเบิด	สารเคมี น้ำมันดีเซล พลังงานไฟฟ้า ทรัพยากรอื่นๆ
ขุดขนดิน	รถขุดบั้งก็เศษ (Shovel) รถบรรทุกเทท้ายขนาดใหญ่ (Rear Dump Truck) รถดักล้อยาง (Wheel Loader) เครื่องย่อยดิน (Crusher) เครื่องโปรยดิน (Stacker or Spreader) สายพานลำเลียง (Waste Conveyor)	น้ำมันดีเซล พลังงานไฟฟ้า ทรัพยากรอื่นๆ

**ตารางที่ 3** (ต่อ) รายการเครื่องจักรกลที่ใช้ใน 5 กระบวนการหลัก ของเหมืองถ่านหินแบบเปิด

กระบวนการ	เครื่องมือ เครื่องจักร	ข้อมูลที่เก็บ
		รวบรวม
ขุดถ่านหิน	รถขุดบั้งกีเสช (Shovel)	น้ำมันดีเซล
	รถบรรทุกเทท้ายขนาดใหญ่ (Rear Dump Truck)	พลังงานไฟฟ้า
รถดักล้อยาง (Wheel Loader)		ทรัพยากรอื่นๆ
แต่งแร่ และขนสู่ โรงไฟฟ้า	เครื่องย่อยถ่าน (Coal Crusher)	น้ำมันดีเซล
	เครื่องโปรยถ่าน (Stacker or Spreader)	พลังงานไฟฟ้า
	สายพานลำเลียง (Coal Conveyor)	ทรัพยากรอื่นๆ

ที่มา: บันทึกข้อมูลการใช้จริง (พ.ศ. 2551)

สำหรับข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษาใน ครั้งนี้สามารถจัดทำบัญชีรายการได้ดังนี้

**บัญชีรายการกระบวนการผลิตทั้ง 5 กระบวนการหลัก**

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลวัตถุดิบและพลังงานจากเหมืองถ่านหินแบบเปิด สามารถแสดงบัญชีรายการต่างๆ ได้ดังตารางที่ 4 โดยข้อมูลที่นำมาทำบัญชีรายการประกอบไปด้วยข้อมูลที่ถูกบันทึกการใช้งานจริงกับข้อมูลที่ได้จากผู้รับเหมา ซึ่งผู้รับเหมาบางรายยังไม่มีการบันทึกข้อมูลการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ทำให้ต้องเปรียบเทียบข้อมูลจากอัตราส่วนต่อ BCM ของทางเหมืองเพื่อนำมาวิเคราะห์

**ตารางที่ 4** บัญชีรายการพลังงาน เชื้อเพลิง และวัตถุดิบของการดำเนินงาน 5 กระบวนการหลัก

ขั้นตอน	บัญชีรายการ		
	ชนิด	จำนวน	หน่วย
เจาะระเบิด	น้ำมันดีเซล	0.08	ลิตร/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
		3.16	MJ/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
ระเบิด	ANFO	1.67	กิโลกรัม/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	Slurry/Water	0.11	กิโลกรัม/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	Gel		
ขุดขนดิน	น้ำมันดีเซล	0.03	ลิตร/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
		1.14	MJ/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	น้ำมันดีเซล	1.07	ลิตร/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	ไฟฟ้า	42.67	MJ/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	ไฟฟ้า	25.99	kWh/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>

**ตารางที่ 4** (ต่อ) บัญชีรายการพลังงาน เชื้อเพลิง และวัตถุดิบของการดำเนินงาน 5 กระบวนการหลัก

ขั้นตอน	บัญชีรายการ		
	ชนิด	จำนวน	หน่วย
ขุดถ่านหิน	น้ำมันดีเซล	0.19	ลิตร/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
		7.69	MJ/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
แต่งแร่ และขนสู่ โรงไฟฟ้า	น้ำมันดีเซล	0.00083	ลิตร/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	ไฟฟ้า	0.03	MJ/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>
	ไฟฟ้า	2.13	kWh/ตัน <sup>ถ่านหิน</sup>

ที่มา: บันทึกข้อมูลการใช้จริง (พ.ศ. 2551)

หมายเหตุ: การเปลี่ยนหน่วยของพลังงานต่างๆ อ้างอิงจากกรมเชื้อเพลิงพลังงาน [4]

**บัญชีรายการเครื่องจักรกลในเหมืองถ่านหิน**

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของเครื่องจักรกลที่ใช้ในเหมืองถ่านหิน สามารถแสดงบัญชีรายการได้ดังตารางที่ 5 โดยข้อมูลที่นำมาทำบัญชีรายการ เป็นข้อมูลน้ำหนัก และวัสดุที่นำมาทำเครื่องจักรกล และในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ส่วนประกอบของเครื่องจักรกลได้จะพิจารณาจากร้อยละโดยมวล (% by weight) ของเครื่องจักรกลที่มีโครงสร้างและขนาดใกล้เคียงกัน รวมทั้งพิจารณาจากงานวิจัยที่มีผู้เคยศึกษาไว้แล้ว ทั้งนี้บัญชีรายการของเครื่องจักรกลจะพิจารณาเพียงเครื่องจักรกลที่เป็นของเหมืองแม่เมาะเท่านั้น เนื่องจากการดำเนินงานเกี่ยวกับการจัดการดินของเหมืองแม่เมาะจะอยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับจ้างภายนอกต้องเป็นผู้ดำเนินการ

**ตารางที่ 5** บัญชีรายการเครื่องจักรกลในเหมืองแร่ตัวอย่าง

เครื่องจักรกล	ขนาด	หน่วย	จำนวน	หน่วย
M4.1	รถขุดบั้งกีเสช	ลบ.ม.	6	คัน
M4.2	รถดักล้อยาง	ลบ.ม.	4	คัน
M5.1	รถบรรทุกเทท้ายขนาดใหญ่	ตัน	21	คัน
M5.2	เครื่องย่อยถ่าน	ตัน/ชม.	2	เครื่อง
M6.1	เครื่องโปรยถ่าน	ตัน/ชม.	2	เครื่อง
M6.2	เครื่องโปรยถ่าน	ตัน/ชม.	2	เครื่อง
M7	เครื่องโปรยถ่าน	ตัน/ชม.	2	เครื่อง

ตารางที่ 5 (ต่อ) บัญชีรายการเครื่องจักรกลในเมืองแร่  
ตัวอย่าง

	เครื่องจักรกล	ขนาด	หน่วย	จำนวน	หน่วย
M4.1	สายพานลำเลียง	1,200	ตัน/ชม.	2	ระบบ
M4.2	สายพานลำเลียง	1,500	ตัน/ชม.	2	ระบบ
M5.1	ชุดขับสายพาน ลำเลียง			2	ระบบ

บัญชีรายการใช้สอยของเครื่องยนต์และเครื่องจักร

การใช้สอยสำหรับเครื่องยนต์และเครื่องจักรในเมืองถ่านหินจะเป็นไปตามแผนการซ่อมบำรุงที่ถูกกำหนดขึ้นตั้งแต่การเริ่มใช้เครื่องยนต์ เครื่องจักร และจะมีการบำรุงรักษาประจำปีเพื่อติดตามการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งการเปลี่ยนหรือการบำรุงรักษาในส่วนของสอยจะพิจารณาจากระยะทางและอายุการใช้งาน ทั้งนี้สอยที่ใช้ในงานในเมืองจะเป็นสอยที่มีขนาดใหญ่สูงประมาณ 13 ฟุต และหนักมากกว่า 5 ตัน ในแต่ละปีจะมีการเปลี่ยนสอยเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอยที่ถูกเปลี่ยนบางส่วนจะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อ เช่น มีการปล่อยทิ้งไว้บริเวณรอบๆ เมืองแร่ หรือบางส่วนจะถูกนำไปเก็บยังโรงเก็บวัสดุ และจะมีส่วนน้อยที่ถูกนำไปรีไซเคิลเพื่อทำให้เกิดประโยชน์ต่อไป โดยในปี พ.ศ. 2551 ได้มีการใช้สอยทั้งหมดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนและชนิดของสอยที่ใช้ในปี พ.ศ.2551

	ชนิดของยาง	จำนวน (เส้น)
A	TYRE 7.50-16 8/12PLY RIB-LUG TREAD	4
B	TYRE 10.00-20 14-16PLY LUG TREAD	59
C	TYRE 9.00-20 14PLY LUG TREAD	6
D	TYRE 18.00-25 16PLY G2	35
E	TYRE 45/65R45 L5 ISTAR	12
F	TYRE 35/65R33 24PLY L4	4
G	TYRE 27.00R49 E3 2STAR	26
H	TYRE 26.5R25 E-3	3
	รวม	149

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เหมืองแม่เมาะ, 2551

## 2.3 เกณฑ์ในการคำนวณก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมโดยพิธีสารเกียวโต ประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) แตกต่างกัน เช่น หากลดการปล่อยก๊าซมีเทนได้ 1 ตัน จะเทียบเท่าการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 21 ตัน ดังแสดงใน ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

ก๊าซเรือนกระจก	ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน
1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	1
2. มีเทน (CH <sub>4</sub> )	21
3. ไนตรัสออกไซด์ (N <sub>2</sub> O)	310
4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	140 - 11,700
5. เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	6,500 - 9,200
6. ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF <sub>6</sub> )	23,900

ที่มา: Climate Change 2001, IPCC Second Assessment Report [5]

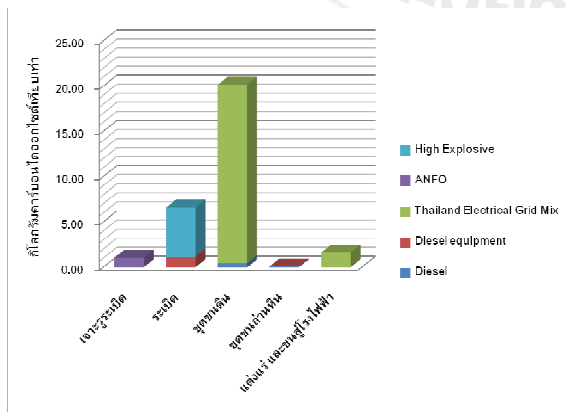
## 3. ผลการศึกษา

### 3.1 การวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานของเมืองถ่านหิน

จากบัญชีรายการข้อมูลการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงของเมืองถ่านหิน เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น พบว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกจำนวน 28.49 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันถ่านหิน โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากกระบวนการขุดขนดิน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขุดขน รวมถึงการบดดินเป็นจำนวนมาก และมีกระบวนการระเบิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสอง กระบวนการแต่งแร่และขนส่งสู่โรงไฟฟ้า กระบวนการเจาะระเบิด และกระบวนการขุดขนถ่านหินตามลำดับ ดังตารางที่ 8 และรูปที่ 4

ตารางที่ 8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของเหมืองถ่านหิน

	Diesel	Diesel equipment	Thailand Electrical Grid Mix	ANFO	High Explosive	Total
เจาะรูระเบิด	0.033	0.001	0.00	0.00	0.00	0.034
ระเบิด	0.012	1.151	0.00	0.0003	5.432	6.595
ขุดขนดิน	0.449	0.011	19.702	0.00	0.00	20.162
ขุดขนถ่านหิน	0.081	0.002	0.00	0.00	0.00	0.083
แตงแร่และขนสู่โรงไฟฟ้า	0.00	0.00	1.616	0.00	0.00	1.616
<b>28.490 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า</b>						

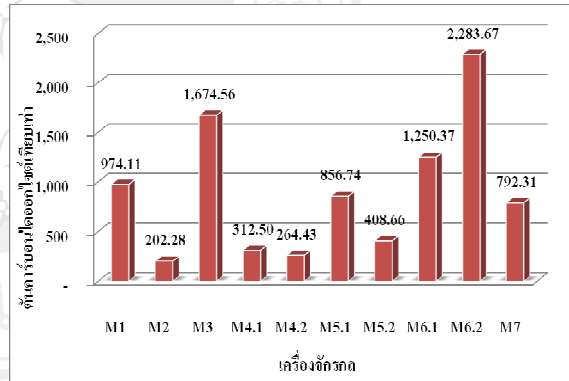


รูปที่ 4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการทำงานของเหมืองถ่านหิน

### 3.2 การวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เครื่องจักรกลในเหมืองถ่านหิน

เครื่องจักรกลในเหมืองถ่านหินเป็นเครื่องจักรกลที่มีขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้วัสดุคืบในการผลิตเป็นจำนวนมากและจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเครื่องจักรกลที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการผลิตคือรถบรรทุกทุกขนาด เพราะมีจำนวนมากถึง 21 คัน โดยมีสาเหตุมาจากการผลิตตัวเครื่องและตัวถังที่

ใช้เหล็กและทองแดงเป็นจำนวนมาก รองลงมาคือระบบสายพานลำเลียงเนื่องจากระยะทางในการขนส่งถ่านหินจากหน้าเหมืองไปยังลานกองถ่านมีระยะทางถึง 20-35 กิโลเมตร ทำให้มีโครงสร้างขนาดใหญ่และใช้วัสดุคืบในการผลิตจำพวกเหล็กและพลาสติกสำหรับสายพานเป็นจำนวนมาก โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากเครื่องจักรแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตเครื่องจักรกลที่ใช้ในเหมืองถ่านหิน

### 3.3 การวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ล้อยางในเหมืองถ่านหิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ล้อยางในเหมืองถ่านหินดังตารางที่ 9 และรูปที่ 6 พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดมากที่สุดจากล้อยางชนิด TYRE 18.00-25 16PLY G2 ซึ่งเป็นล้อยางสำหรับรถขนถ่านหินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีการใช้งานอย่างหนักเนื่องจากหน้าเหมืองบางจุดไม่สามารถติดตั้งระบบสายพานได้ และอาจไม่คุ้มทุนหากติดตั้งระบบสายพานในพื้นที่นั้นๆ

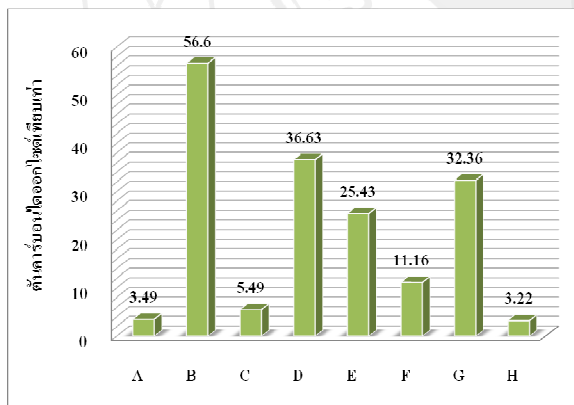
ตารางที่ 9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ล้อยางของเครื่องยนต์และเครื่องจักร

รหัส	ชนิด	ก๊าซเรือนกระจก (t CO <sub>2</sub> -eq)
A	TYRE 7.50-16 8/12PLY RIB-LUG TREAD	3.49
B	TYRE 10.00-20 14-16PLY LUG TREAD	56.6



ตารางที่ 9 (ต่อ) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้  
ตัวอย่างของเครื่องยนต์และเครื่องจักร

รหัส	ชนิด	ก๊าซเรือนกระจก (t CO <sub>2</sub> -eq)
C	TYRE 9.00-20 14PLY LUG TREAD	5.49
D	TYRE 18.00-25 16PLY G2	36.63
E	TYRE 45/65R45 L5 1STAR	25.43
F	TYRE 35/65R33 24PLY L4	11.16
G	TYRE 27.00R49 E3 2STAR	32.36
H	TYRE 26.5R25 E-3	3.22
	รวม	174.38

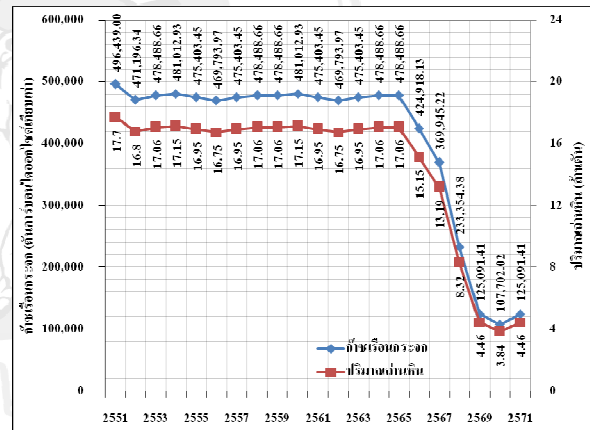


รูปที่ 6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ตัวอย่าง  
ในเหมืองถ่านหิน

### 3.4 การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นใน อนาคตจากการดำเนินงานเหมืองถ่านหิน

การดำเนินงานของเหมืองแม่เมาะในแต่ละปีจะถูก  
กำหนดปริมาณถ่านหินที่ต้องผลิตเพื่อส่งให้กับโรงไฟฟ้า  
แม่เมาะเป็นจำนวนที่แน่นอน ซึ่งการกำหนดแผนการผลิต  
ถ่านหินดังกล่าวเกิดจากการสำรวจปริมาณถ่านหินสะสมที่  
มีอยู่ในแอ่งเหมือง และจากการสำรวจพบว่ามีปริมาณ  
สำรองทางธรณีวิทยา (Geological reserves) ประมาณ  
1,140 ล้านตัน เป็นปริมาณที่คุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ  
(Economic mineable reserves) ประมาณ 814 ล้าน  
ตัน โดยปริมาณถ่านหินที่ถูกขุดไปแล้วถึงเดือนธันวาคม  
2549 ประมาณ 264 ล้านตัน (รายงานสิ่งแวดล้อม เหมือง  
แม่เมาะ, 2551) นั่นคือแผนการผลิตถ่านหินจะถูกจัดสรร  
จนกว่าปริมาณถ่านหินที่คุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจจะหมดไป นั่น

คือในปี พ.ศ.2571 ทั้งนี้จากแผนการผลิตถ่านหินจะทำให้  
สามารถวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต  
โดยใช้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่วิเคราะห์ได้จากการ  
ดำเนินงานของทั้ง 5 กระบวนการ ในปี พ.ศ.2551 ดังแสดง  
ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนการผลิตถ่านหินและปริมาณก๊าซเรือนกระจก  
ที่จะเกิดขึ้นจากการผลิตถ่านหินในอนาคต

จากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากทั้ง 3  
กรณี ให้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ กระบวนการหลักทั้ง 5  
กระบวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นจำนวน 28.49  
กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันถ่านหิน การ  
ได้มาซึ่งเครื่องจักรกลที่ใช้ในเหมืองถ่านหินปลดปล่อย  
ก๊าซเรือนกระจกจำนวน 9,019.64 ตันคาร์บอนไดออกไซด์  
เทียบเท่า และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้ถ  
อยาง ใน เหมือง ถ่าน หิน มี จ าน ว น 174.38 ตัน  
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ข้างต้นเป็นการวิเคราะห์เพื่อหา  
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีต่างๆ ของการ  
ดำเนินงานเหมืองถ่านหินเพื่อให้ผู้ประกอบการได้เห็นถึง  
ผลกระทบที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน แต่ในความเป็นจริง  
แล้วการดำเนินงานจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ หลาย  
ส่วน ไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนการเริ่มเตรียมพื้นที่ก่อนการ  
ทำเหมือง ขั้นตอนการปรับปรุงพื้นที่หลังการทำเหมือง  
เป็นต้น ซึ่งการเกิดก๊าซเรือนกระจกในเหมืองถ่านหิน  
สามารถเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน เนื่องจาก

หากมีการใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานย่อมมีผลกระทบต่างๆ ตามมาเสมอ ไม่เพียงแต่ก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น ดังนั้นหากผู้ประกอบการต้องการลดผลกระทบที่เกิดจากการดำเนินงานอาจต้องทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการต่างๆ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงและพลังงาน รวมถึงทำให้การดำเนินงานในทุกกระบวนการมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 4. ข้อเสนอแนะและแนวทางการจัดการพลังงาน เพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การดำเนินงานในเมืองถ่านหินแบบเปิดมีการใช้พลังงานและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกกระบวนการ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือทำให้เกิดผลกระทบด้านโลกร้อน ดังนั้นหากผู้ประกอบการสามารถหาวิธีการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานลงได้ก็จะช่วยให้การดำเนินงานในเมืองถ่านหินเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งผู้ประกอบการสามารถหาวิธีการเพื่อลดการใช้พลังงานได้หลากหลายวิธี โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการจัดการพลังงานในเมืองเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจำนวน 3 แนวทาง ที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปปฏิบัติได้ ดังนี้

1. ปรับปรุงความสมดุลด้านระยะทางและระดับระหว่าง เครื่องโม้ดินและสายพานในกระบวนการขุดขนดินเพื่อขนส่งดินไปสู่ที่ทิ้งดินให้มีระยะทางสั้นที่สุด โดยวิเคราะห์สภาพแวดล้อมหน้าเหมืองรวมถึงแผนการดำเนินงานในอนาคตที่มีความสอดคล้องกัน และมีการตรวจสอบดินก่อนเข้าเครื่องโม้ เนื่องจากปัจจุบันดินที่ถูกนำมาทิ้งจะต้องผ่านเครื่องโม้ดินทุกครั้งซึ่งบางครั้งไม่จำเป็นต้องโม้ดินก่อนทิ้ง ฉะนั้นหากมีการตรวจสอบลักษณะดินก่อนการทิ้ง อาจมีดินเพียงบางส่วนที่ต้องผ่านการโม้เพื่อลดขนาดก่อนนำไปทิ้ง ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินงานในกระบวนการขุดขนดินมีการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด

2. ปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรในทุกกระบวนการ โดยเลือกเชื้อเพลิงชนิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันมีเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า น้ำมันดีเซลอยู่หลายชนิดที่ผู้ประกอบการสามารถเลือกใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ โดยต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และเครื่องจักรที่จะรับได้หากมีการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงด้วย

3. ปรับปรุงวิธีการหรือรูปแบบการระเบิดในกระบวนการระเบิดเพื่อลดปริมาณการใช้วัตถุระเบิด เนื่องจากปัจจุบันการเปิดหน้าดินส่วนใหญ่เป็นงานของผู้รับเหมาที่ต้องดำเนินการซึ่งไม่มีการตรวจสอบสภาพดินก่อนการเปิดหน้าดินทำให้ต้องใช้วัตถุระเบิดเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ผู้ควบคุมงานต้องควบคุมการดำเนินงานอย่างเคร่งครัดเพื่อให้การลดก๊าซเรือนกระจกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยบางพื้นที่อาจมีการใช้เครื่องเจาะไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการเปิดหน้าดินที่ไม่จำเป็นต้องใช้ระเบิด

#### 5. สรุป

การประเมินวัฏจักรชีวิตก๊าซเรือนกระจกสำหรับเหมืองถ่านหินแบบเปิด เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ผู้ประกอบการเหมืองถ่านหินได้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดจากการดำเนินงานของเหมืองถ่านหินในปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์ทั้งหมดทำให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดก๊าซเรือนกระจกได้ถูกต้อง และยังเป็นแนวทางที่จะทำให้ผู้ประกอบการเหมืองแร่สามารถดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตถ่านหินได้ โดยผู้ประกอบการสามารถเลือกปฏิบัติแนวทางใดแนวทางหนึ่งได้ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินงานของหน้าเหมืองและเกิดประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างสูงสุด เป็นผลให้การดำเนินงานของอุตสาหกรรมเหมืองแร่กลายเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการแร่. 2551. “อุตสาหกรรมเหมืองแร่ในประเทศไทย” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [www.dpim.go.th](http://www.dpim.go.th) (25 กรกฎาคม 2552)
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานการตรวจติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม เหมืองแร่ลิคนัดแม่เมาะ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สิงหาคม 2550.
- [3] พันธุ์พล หัตถโกศล, การทำเหมืองและการออกแบบเหมืองผิวดิน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [4] กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ. 2551. “Petrochemicals inland: coal, available online” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.dmf.go.th> (พฤษภาคม 2553)
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2008). “คำศึกษาในการทำให้โลกร้อน” [ระบบออนไลน์] <http://www.ipcc.ch/> (พฤษภาคม 2553)
- [6] Norgate, T., Haque, N. (2009). Energy and Greenhouse Gas Impacts of Mining and Mineral Processing Operations. Australia.
- [7] William, David. (1998). Greenhouse Gas Emission from Australian Coal Mining. Australia.
- [8] Mangena, S.J. and Brent, A.C. (2005). Application of a Life Cycle Impact Assessment Framework to Evaluate and Compare Environmental Performances with Economic Values of Supplied Coal Products. Life Cycle Engineering, Department of Engineering and Technology Management, University of Pretoria, South Africa.

ลิขสิทธิ์คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright©by

Faculty of Engineering

Chiang Mai University

All Rights Reserved