

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเหมืองแร่: หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง



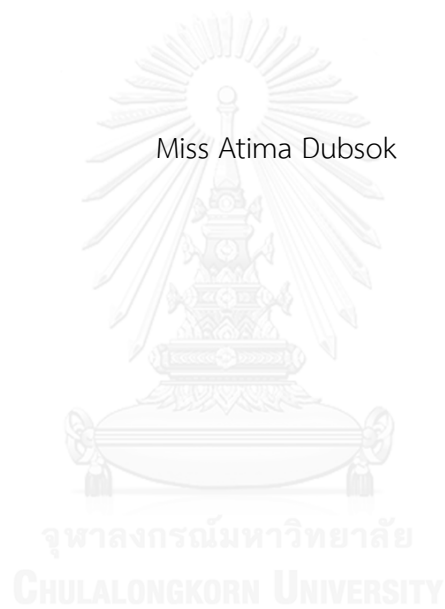
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2559  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM MINING INDUSTRY:  
INDUSTRIAL ROCK-CONSTRUCTION

Miss Atima Dubsok



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรม

เหมืองแร่: หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

โดย

นางสาวอาทิมา ดับโศก

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร. สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ขวาลภาฤทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.ภาติญา เขมาชีวะกุล)

อาทิมา ดับโศก : การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเหมืองแร่: หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง (ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM MINING INDUSTRY: INDUSTRIAL ROCK-CONSTRUCTION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, 119 หน้า.

อุตสาหกรรมเหมืองแร่เป็นภาคการผลิตที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ หากแต่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกและมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง และศึกษารูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิด ตลอดจนเสนอแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่าหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวมระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 เท่ากับ 0.1431 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดยการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งในกระบวนการผลิต (ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง) มีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 0.0832 tCO<sub>2</sub>-eq/ton (ร้อยละ 58.14) รองลงมา คือ การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหิน (ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม) และการใช้วัตถุดิบในขั้นตอนการทำเหมืองแร่ (ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง) เท่ากับ ร้อยละ 30.68 และ 11.18 ตามลำดับ ทั้งนี้ หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย (พ.ศ.2557-2558) สูงสุดเท่ากับ 0.0399 tCO<sub>2</sub>-eq/ton (ร้อยละ 27.89) ขณะที่หินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0313 tCO<sub>2</sub>-eq/ton (ร้อยละ 21.87) โดยเฉลี่ยต่อปี จากผลการศึกษาี้ผู้วิจัยยังได้ออกแบบทดลองโดยจำลองสถานการณ์การขนส่งครอบคลุม 1 รอบ (โรงโม่-เหมือง-โรงโม่) จำแนกเป็น 6 สถานการณ์ย่อยเพื่อวิเคราะห์แนวทางที่มีศักยภาพในการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ผลการทดลองพบว่าสถานการณ์ที่ 4 (ทดลองโดยการลดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะและปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็นร้อยละ 75) เป็นสถานการณ์จำลองที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด (0.39 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton) นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่าความเร็วเฉลี่ย น้ำหนักบรรทุกและระยะเวลาที่ยานพาหนะใช้ในแต่ละกระบวนการขนส่งครบ 1 รอบ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมดังกล่าว

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 5787273420 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: GREENHOUSE GASES EMISSIONS / INDUSTRIAL ROCK-CONSTRUCTION / MINING / MITIGATION / THAILAND

ATIMA DUBSOK: ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM MINING INDUSTRY: INDUSTRIAL ROCK-CONSTRUCTION. ADVISOR: SUTHIRAT KITTIPONGVISES, Ph.D., 119 pp.

In Thailand, industrial sector plays an important role in the national economy, its production (i.e. mining activities) has long been recognized as causing environmental problems such as pollution, resource depletion and also greenhouse gases (GHGs) emissions and climate change. This research aimed to (i) quantify the amount of GHGs emissions emitted from the production of industrial rock-construction, namely limestone, granite, basalt and rhyolite industrial rock-construction, (ii) to investigate the pattern of GHGs emissions of all mining cases, and (iii) to provide recommendations for possible GHGs mitigation options to the mining operators. Results found that the estimated intensity of GHGs emissions of all case studies was 0.1431 tCO<sub>2</sub> per ton product. Combustion of diesel fuel related to transport activities in the mining was found to release the highest amount of GHGs (58%) compared to electricity consumption for crushing-grinding (31%) and the utilization of blasting agent (ANFO) (11%) in the mining processes, respectively. By considering type of industry, the production of basalt industrial-rock construction had the highest GHGs emissions intensity (0.0399 tCO<sub>2</sub>-eq/ton; 27.89%) in 2014-2015. However, the rhyolite industrial-rock construction was among the lowest emitter of GHGs (0.0313 tCO<sub>2</sub>-eq/ton; 21.87%). In addition, six-design scenarios for CO<sub>2</sub> reduction potential were investigated. The experiment showed that scenario 4 (vehicle speed control and 25% load reduction) generated the lowest amount of CO<sub>2</sub> emissions (0.39 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton). In brief, vehicle speed, load and idle time were the major factors affecting vehicular GHGs emissions in the mining industry.

Field of Study: Environmental Science      Student's Signature .....

Academic Year: 2016      Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับเงินทุนจากหน่วยปฏิบัติการวิจัย (Research Unit) ด้านการจัดการเหมืองและอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช) ตลอดจนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย (ศสอ.) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ ที่ให้ความเมตตาในการเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คอยให้ความรู้ แก่ไขและให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จด้วยดี อีกทั้งให้ประสบการณ์ในการทำวิจัย ชี้แนะแนวทางทั้งการทำงานและการใช้ชีวิต ตลอดจนคอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและดูแลลูกศิษย์คนนี้อย่างดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ วิจิตโกสมุ และอาจารย์ ดร.ภาติญา เขมาชีวะกุล ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อทำวิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้ประกอบการและพนักงานของสถานประกอบการเหมืองหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 18 แห่ง ซึ่งเป็นตัวแทนในการศึกษาคั้งนี้ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ศึกษาในการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลและเยี่ยมชมสถานประกอบการฯ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณคุณสิทธิเดช ธีชัยพงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ อนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ในการลงพื้นที่เพื่อทำการทดลองภาคสนามประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณคุณวิษุ อาหาสิเม ที่กรุณาติดต่อประสานงานขอข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลแก่ผู้เขียน จนสำเร็จด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณคุณครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้เขียน ขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่และรุ่นน้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือทั้งการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนบุคลากรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการวิทยานิพนธ์จนสำเร็จด้วยดี

สุดท้าย ลูกขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้โอกาสในการศึกษาคั้งนี้ คอยเป็นแรงใจสนับสนุน ให้กำลังใจ ดูแลและเลี้ยงดูลูกด้วยความรักจนทำให้ลูกประสบความสำเร็จทางการศึกษาอีกหนึ่งขั้น

## สารบัญ

หน้า

|  |    |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....   | ง  |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....  | จ  |
| กิตติกรรมประกาศ.....   | ฉ  |
| สารบัญ.....  | ช  |
| สารบัญตาราง.....   | ญ  |
| สารบัญรูป.....   | ฎ  |
| บทที่ 1 บทนำ.....  | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....  | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....   | 3  |
| 1.3 สมมติฐานของงานวิจัย.....   | 3  |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย.....  | 4  |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....   | 5  |
| บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 6  |
| 2.1 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและนโยบายที่เกี่ยวข้อง.....  | 6  |
| 2.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....   | 6  |
| 2.1.2 กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)..... | 7  |
| 2.1.3 พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol).....   | 10 |
| 2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....   | 13 |
| 2.2.1 ก๊าซเรือนกระจก.....  | 13 |
| 2.2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก.....   | 16 |
| 2.2.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.....   | 18 |
| 2.3 กลุ่มแร่อุตสาหกรรม.....  | 20 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.1 แร่อุตสาหกรรม .....                                       | 20 |
| 2.3.2 ความสำคัญของกลุ่มแร่อุตสาหกรรม .....                      | 20 |
| 2.3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มแร่อุตสาหกรรม .....         | 22 |
| 2.4 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง.....          | 24 |
| 2.5 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ .....                           | 26 |
| 2.5.1 วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ .....                     | 26 |
| 2.5.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ .....             | 27 |
| 2.5.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร .....                   | 27 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                  | 35 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....                                | 41 |
| 3.1 การคัดเลือกกรณีศึกษา .....                                  | 41 |
| 3.1.1 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง .....        | 41 |
| 3.1.2 สถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง .....          | 44 |
| 3.1.3 การคัดเลือกตัวแทนของกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ..... | 44 |
| 3.2 การกำหนดขอบเขตการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก .....          | 45 |
| 3.3 การลงพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูล.....                        | 46 |
| 3.4 การประเมินและเปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....   | 47 |
| 3.4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....                        | 47 |
| 3.4.2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....                      | 49 |
| 3.5 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty).....         | 50 |
| 3.6 การระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก .....                      | 51 |
| 3.6.1 กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง.....                              | 52 |
| 3.6.2 กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าและการใช้วัตถุดิบ .....                 | 52 |



|  |     |
|--|-----|
| 3.7 การจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่<br>เหมาะสม..... | 52  |
| 3.8 การวิเคราะห์แนวทางเลือกในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....                                | 56  |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย.....  | 58  |
| 4.1 ข้อมูลกิจกรรมโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง.....                                  | 58  |
| 4.2 ผลคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง.....                       | 60  |
| 4.2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง .....               | 61  |
| 4.2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง..                | 68  |
| 4.2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการ<br>ก่อสร้าง.....        | 69  |
| 4.2.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง                | 71  |
| 4.3 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างหินอุตสาหกรรมเพื่อการ<br>ก่อสร้าง .....  | 72  |
| 4.3.1 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดหิน.....                             | 72  |
| 4.3.2 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชนิดหิน .....                          | 75  |
| 4.3.3 เปรียบเทียบผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับการศึกษาในอุตสาหกรรมเหมืองแร่<br>อื่นๆ .....   | 81  |
| 4.4 การวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....                                 | 82  |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ .....  | 89  |
| 5.1 สรุปผลการศึกษา .....   | 89  |
| 5.2 ข้อเสนอแนะการทำวิจัย.....  | 90  |
| รายการอ้างอิง .....  | 92  |
| ภาคผนวก.....   | 97  |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....   | 119 |

## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ .....   | 9    |
| ตารางที่ 2.2 ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในระยะเวลา 100 ปี .....   | 16   |
| ตารางที่ 2.3 แนวโน้มและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน (ร้อยละ) .....              | 20   |
| ตารางที่ 2.4 ผลผลิตแร่ของไทยปี พ.ศ. 2549-2553 (หน่วย: ตัน) .....  | 22   |
| ตารางที่ 2.5 กิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง ..... | 26   |
| ตารางที่ 3.1 จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างของประเทศไทย .....                              | 44   |
| ตารางที่ 3.2 ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....   | 46   |
| ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....  | 48   |
| ตารางที่ 3.4 ค่าคะแนนระดับคุณภาพข้อมูล .....  | 51   |
| ตารางที่ 3.5 ค่าคะแนนสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....   | 51   |
| ตารางที่ 3.6 ระดับคะแนนและเกณฑ์การประเมินความไม่แน่นอน .....  | 51   |
| ตารางที่ 4.1 ตัวแทนโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง .....  | 58   |
| ตารางที่ 4.2 แหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง .....                  | 60   |
| ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....  | 60   |
| ตารางที่ 4.4 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน A-C เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 .....                                 | 62   |
| ตารางที่ 4.5 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน D-F เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 .....                                 | 64   |
| ตารางที่ 4.6 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน G-H เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 .....                                 | 65   |
| ตารางที่ 4.7 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน I-K เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 .....                                 | 67   |
| ตารางที่ 4.8 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน L-N เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 .....                                 | 69   |

|  |    |
|--|----|
| ตารางที่ 4.9 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน O-Q เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558..... | 70 |
| ตารางที่ 4.10 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน R เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 ..... | 71 |
| ตารางที่ 4.11 ค่าความแข็งของหินอุตสาหกรรม.....                             | 79 |
| ตารางที่ 4.12 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยศึกษาจาก 6 สถานการณ์จำลอง..... | 84 |
| ตารางที่ 4.13 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของสถานการณ์จำลอง .....                | 87 |



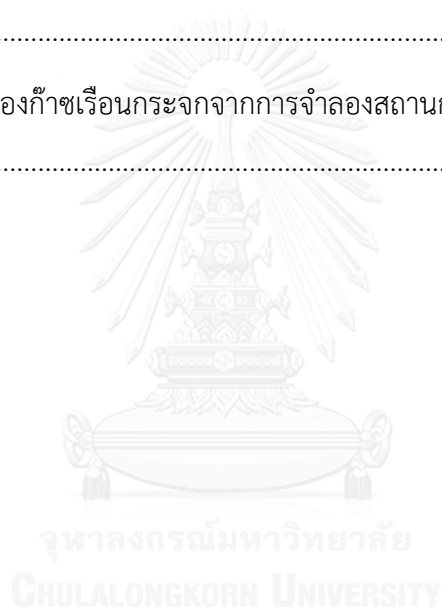
## สารบัญรูป

หน้า

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 2.1  | การแบ่งกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ .....                                     | 9  |
| รูปที่ 2.2  | พัฒนาการนโยบายด้านการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก .....                               | 13 |
| รูปที่ 2.3  | ปรากฏการณ์เรือนกระจก .....  | 14 |
| รูปที่ 2.4  | สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามรายสาขาทั่วโลกในปี พ.ศ.2553 .....          | 17 |
| รูปที่ 2.5  | สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกในปี พ.ศ.2553 .....                         | 17 |
| รูปที่ 2.6  | สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกในปี พ.ศ.2556 .....       | 18 |
| รูปที่ 2.7  | ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามภาคส่วน (ปี พ.ศ. 2555) .....      | 19 |
| รูปที่ 2.8  | มูลค่าผลผลิตแร่ปี พ.ศ.2549-2553 .....   | 21 |
| รูปที่ 2.9  | ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ.2555 .....         | 24 |
| รูปที่ 2.10 | ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....  | 32 |
| รูปที่ 3.1  | พื้นที่แหล่งหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนในประเทศไทย .....                            | 42 |
| รูปที่ 3.2  | พื้นที่แหล่งหินอุตสาหกรรมในประเทศไทย .....                                      | 43 |
| รูปที่ 3.3  | รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ..... | 46 |
| รูปที่ 3.4  | สรุปขั้นตอนศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต .....                    | 50 |
| รูปที่ 3.5  | สถานการณ์ที่ 1 .....  | 53 |
| รูปที่ 3.6  | สถานการณ์ที่ 2 .....  | 53 |
| รูปที่ 3.7  | สถานการณ์ที่ 3 .....  | 54 |
| รูปที่ 3.8  | สถานการณ์ที่ 4 .....  | 54 |
| รูปที่ 3.9  | สถานการณ์ที่ 5 .....  | 55 |

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 3.10 สถานการณ์ที่ 6 .....  | 56 |
| รูปที่ 3.11 สรุปขั้นตอนการศึกษา .....   | 57 |
| รูปที่ 4.1 แผนภาพกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง.....  | 59 |
| รูปที่ 4.2 แผนที่ตั้งตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง .....   | 61 |
| รูปที่ 4.3 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน A-C) .....    | 63 |
| รูปที่ 4.4 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน D-F).....     | 65 |
| รูปที่ 4.5 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน G-H) .....    | 66 |
| รูปที่ 4.6 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน I-K) .....    | 68 |
| รูปที่ 4.7 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน L-N) ..... | 69 |
| รูปที่ 4.8 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน O-Q)..... | 71 |
| รูปที่ 4.9 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทน<br>การศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง .....            | 72 |
| รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อ<br>การก่อสร้าง.....   | 73 |
| รูปที่ 4.11 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิต<br>เพื่อการก่อสร้าง .....   | 74 |
| รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์<br>เพื่อการก่อสร้าง .....  | 75 |
| รูปที่ 4.13 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง .....  | 76 |
| รูปที่ 4.14 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 ชนิดหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง.....  | 77 |

|  |    |
|--|----|
| รูปที่ 4.15 สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งหิน.....        | 78 |
| รูปที่ 4.16 สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้แอมโมเนียมไนเตรทในกระบวนการระเบิดหิน ..... | 79 |
| รูปที่ 4.17 สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหิน.....             | 80 |
| รูปที่ 4.18 ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละขั้นตอนการผลิต .....  | 84 |
| รูปที่ 4.19 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจำลองสถานการณ์ขนส่งทั้ง 6 สถานการณ์.....                           | 88 |
| รูปที่ 4.20 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากการจำลองสถานการณ์ขนส่งทั้ง 6 สถานการณ์.....                           | 88 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาในหลายด้านทั้งทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐกิจ สังคม และสุขภาพของประชาชน ซึ่งปัจจุบันมีหลักฐานหลายอย่างที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว อาทิเช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกเฉลี่ย 0.76 องศาเซลเซียส โดยประมาณ ตั้งแต่ปี ค.ศ.1905-2010 ระดับน้ำทะเลทั่วโลกสูงขึ้นเฉลี่ย 0.17 เซนติเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ.1900-2010 ความหนาของแผ่นน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกลดลงร้อยละ 40 ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960-2015 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013) เป็นต้น เช่นเดียวกับประเทศไทยเองซึ่งมีหลักฐานบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในรอบ 25 ปี (ค.ศ.1982-2007) มีแนวโน้มสูงขึ้น 0.16-0.44 องศาเซลเซียส (Fang และคณะ, 2006) และระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในรอบ 64 ปี (ค.ศ.1940-2004) มีอัตราการเพิ่มขึ้น 0.30-0.50 เซนติเมตรต่อปี (Trisirisatayawong และคณะ, 2011) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบต่อรูปแบบและปริมาณน้ำฝนในภาพรวม โดย (US Global Change Research Program, 2014) รายงานว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของโลกระหว่างปี ค.ศ.1900-2012 มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 โดยประมาณ จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้สันนิษฐานว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจเกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) ในชั้นบรรยากาศที่ปล่อยมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดย United State Environmental Protection Agency (2014) รายงานว่า ภาคพลังงานมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดร้อยละ 31 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก รองลงมา คือ ภาคการขนส่งและคมนาคม และภาคอุตสาหกรรม (ร้อยละ 27 และ 21) ตามลำดับ ในส่วนของประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554) ได้จัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2543 พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งประเทศมีค่าเท่ากับ 350.68 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>-eq) โดยภาคอุตสาหกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 16.39 MtCO<sub>2</sub>-eq (ร้อยละ 7.2) ทั้งนี้ ถึงแม้ว่าภาคอุตสาหกรรมจะเป็นภาคส่วนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศเป็นอันดับ 3 รองลงมาจากภาคพลังงาน (ร้อยละ 69.90) และภาคเกษตรกรรม (ร้อยละ 22.60) หากแต่ภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและมีสัดส่วนมูลค่าการผลิตคิดเป็นร้อยละ 34 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (Gross Domestic

Product: GDP) ในปี พ.ศ.2554 โดยกลุ่มการผลิตที่มีสัดส่วนมูลค่า GDP สูงที่สุดเป็น 3 อันดับแรกของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (ร้อยละ 15) อุตสาหกรรมยานยนต์ (ร้อยละ 13) และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (ร้อยละ 12) ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มแร่อุตสาหกรรมมีสัดส่วนมูลค่า GDP เท่ากับร้อยละ 5 (สำนักคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2558) จากข้อมูลข้างต้น ถึงแม้ว่าสัดส่วนมูลค่า GDP ของกลุ่มแร่อุตสาหกรรมจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ แต่การขยายตัวของมูลค่า GDP ของกลุ่มแร่อุตสาหกรรมมีสัดส่วน ร้อยละ 1.71 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2554 และมีแนวโน้มการขยายตัวของมูลค่าการผลิตร้อยละ 4.4 ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 โดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมพื้นฐานและการก่อสร้างซึ่งมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ มีสัดส่วนมูลค่าการผลิตสูงถึงร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับกลุ่มแร่อุตสาหกรรมอื่นๆ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนต่างๆ จึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากกิจกรรมหรือการดำเนินงานต่างๆ ขององค์กร เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนต่างๆ จึงได้รับความสนใจมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ อาทิเช่น การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ทั่วโลกในปี ค.ศ.1994 ของ Worrell และคณะ (2001) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์จากทั่วโลกมีค่าเท่ากับ 307 MtCO<sub>2</sub>-eq และมีความเข้มข้นปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่ากับ 222 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต ในส่วนของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี Nakapreecha (2012) ได้ทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยในปี ค.ศ. 2008 พบว่า ปริมาณและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีค่าเท่ากับ 11 MtCO<sub>2</sub>eq และ 0.63 MtCO<sub>2</sub>eq ตามลำดับ อีกทั้ง Kanchanapiya และคณะ (2015) ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553 ผลการประเมินพบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 7-9 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 3 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ซึ่งสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ร้อยละ 59 การใช้พลังงานไอน้ำร้อยละ 28 การใช้ไฟฟ้าร้อยละ 10 และจากการรั่วไหลของก๊าซจากระบบการผลิต ร้อยละ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ (Eswarithai and Natarajan, 2015) ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



และความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษในประเทศอินเดียในปี ค.ศ. 2011 ผลการประเมินพบว่า อุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 67.94 tCO<sub>2</sub>-eq และมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.68 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อกิโลกรัมการผลิต โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด เท่ากับ 39.85 tCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นความเข้มข้นพลังงาน เท่ากับ 0.60 kWh ต่อกิโลกรัมการผลิต เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าหลายประเทศได้เริ่มทำการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมผลิตหลายประเภทดังกล่าวข้างต้นแล้ว หากแต่การศึกษาวิจัยและการรวบรวมฐานข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานและอุตสาหกรรมเหมืองแร่ภายในประเทศยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ได้แก่ การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างและศึกษารูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิด ตลอดจนเสนอแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง โดยมุ่งหวังให้สถานประกอบการอุตสาหกรรมสามารถนำผลการวิจัยที่ศึกษาได้ไปเป็นแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมของสถานประกอบการนั้น อันจะเป็นการช่วยลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกได้อีกทางหนึ่ง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดหิน

1.2.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางเลือกสำหรับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

## 1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างเกิดจาก 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า และกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด โดยแต่ละกิจกรรมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ การใช้เชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการขนส่งเป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น

1.3.2 รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดมีลักษณะเดียวกัน

1.3.3 การบริหารจัดการรูปแบบการขนส่งในกระบวนการผลิตเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

#### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 คัดเลือกและประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างในประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 4 ชนิดหิน ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง และหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 18 โรงงาน โดยคัดเลือกจากการกระจายตัวตามลักษณะภูมิประเทศของหินอุตสาหกรรมแต่ละชนิด ความสมัครใจของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง และการที่สถานประกอบการมีการวางแผนนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

1.4.2 การศึกษาที่พิจารณาเลือกขอบเขตการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง 2 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) ครอบคลุมกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการขนส่ง และกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหล (Fugitive Emissions) ไม่นับรวมอยู่ในขอบเขตที่ 1 เนื่องจากไม่พบการรั่วไหลจากกระบวนการผลิต และขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) ครอบคลุมกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการผลิต ส่วนขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emissions) ไม่ถูกนำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากไม่มีกากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

1.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างครอบคลุมระยะเวลา 2 ปี (พ.ศ.2557-2558)

1.4.4 เสนอแนวทางเลือกที่เหมาะสมในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง โดยพิจารณาจากผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปริมาณ กิจกรรม และรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิด

1.5.2 สถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างสามารถนำผลที่ศึกษาได้ไปพิจารณาเลือกแนวทางเลือกที่เหมาะสมในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการฯ อันเป็นการช่วยลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก



## บทที่ 2

### บททวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและนโยบายที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสภาพอากาศในระยะยาว\* (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2007) ซึ่งจากการศึกษาของ National Oceanic and Atmospheric Administration (2007) ได้ติดตามข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงฤดูร้อนพบว่า บริเวณชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแอตแลนติกมีความแห้งแล้งกว่าปกติ ซึ่งความแห้งแล้งที่ปรากฏอย่างต่อเนื่องนี้นับเป็นข้อบ่งชี้หนึ่งของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้จากการสำรวจทางดาวเทียมยังพบหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น 0.28-0.36 เซนติเมตรต่อปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1993 ปริมาณหิมะตกสะสมมากขึ้น (United State Environmental Protection Agency, 2014) รวมถึงอัตราการตายของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นก็นับเป็นตัวบ่งชี้ของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อสุขภาพอนามัย (Centers for Disease Control and Prevention, 2015) เป็นต้น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและรุนแรงมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศโดยเฉพาะกลุ่มที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลง การจัดการทรัพยากรน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค ผลผลิตทางเกษตรและอาหารลดน้อยลง รวมถึงปัญหาต่อสุขภาพอนามัยอันเนื่องมาจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ (United State Environmental Protection Agency, 2014) จากผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้เองทำให้หลายประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยให้ความสนใจและเห็นความสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยประเทศภาคีสมาชิกได้ให้การรับรองต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการประชุมขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (Earth Summit) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554) สำหรับนโยบายที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

---

\*คาบเวลามากกว่า 30 ปี

## 2.1.2 กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)

### 2.1.2.1 ความเป็นมาของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) เป็นอนุสัญญาฯ ที่เกิดจากความพยายามของประชาคมโลกในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจัดให้มีการประชุมเพื่อดำเนินการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา ณ กรุงริโอเดอจาเนโร ประเทศบราซิล ปี พ.ศ. 2535 ประเทศภาคีสมาชิกต่าง ๆ ได้มีการลงนามให้มีการรับรองอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิด และขยายพื้นที่รองรับก๊าซเรือนกระจกซึ่งเกิดจากการกระทำของมนุษย์และมิได้อยู่ในพิธีสารมอลทรีออล (Montreal Protocol) ตลอดจนเป้าหมายให้ประเทศพัฒนาแล้วและประเทศอุตสาหกรรมที่อยู่ในกลุ่มประเทศภาคผนวกที่ 1 (Annex I) ของอนุสัญญาฯ ร่วมกันลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้กลับไปอยู่ในระดับการปล่อยในกรณีฐาน (Business as Usual: BAU) (พ.ศ. 2533) ภายในปี พ.ศ. 2543 โดยปัจจุบัน (พ.ศ. 2559) มีประเทศภาคีสมาชิกทั้งสิ้น 194 ประเทศ และมีการประชุมสมัชชาประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ต่อเนื่องทุกปีจนถึงปีปัจจุบัน (สมัยที่ 21 หรือ Conference of Parties (COP 21) ในปี พ.ศ.2558 ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส)

### 2.1.2.2 หลักการและสาระสำคัญ

วัตถุประสงค์ของอนุสัญญาฯ คือ รักษาความเข้มข้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก ในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อให้ระบบนิเวศธรรมชาติสามารถปรับตัวได้ และเพื่อเป็นการประกันว่าจะไม่มีผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารและการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน แต่ไม่ได้กำหนดระดับหรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะรักษาปริมาณไว้เป็นตัวเลขที่แน่นอน โดยหลักการของอนุสัญญาฯ มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

- 1) หลักการป้องกันไว้ก่อน ภายใต้หลักการป้องกันไว้ก่อนนี้กิจกรรมที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพภูมิอากาศจะต้องมีการจำกัดหรือ

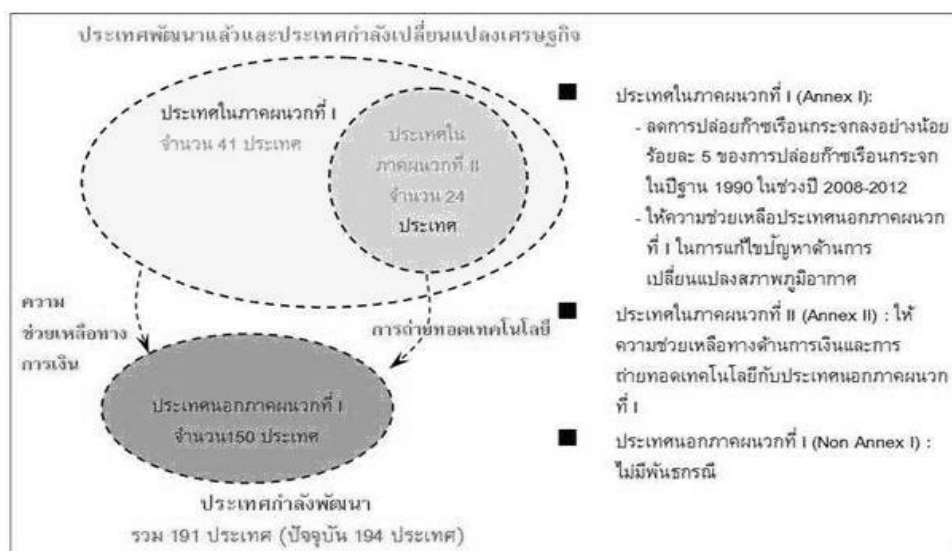
ห้ามดำเนินการ ถึงแม้จะยังพิสูจน์ไม่ได้อย่างชัดเจน เช่น การกำหนดให้มีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในระดับการปล่อย ณ ปี พ.ศ. 2533 ให้ได้ภายในปี พ.ศ. 2543

- 2) หลักการความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่างกัน ทุกประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ มีพันธกรณีในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอนุสัญญาฯ แบ่งประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มประเทศภาคผนวกที่ 1 (Annex I) และกลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 (Non-Annex I)
- 3) หลักการสื่อสารด้านข้อมูลข่าวสาร ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ต้องแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร โดยจัดทำรายงานแห่งชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (National Communication under UNFCCC) ทั้งในกลุ่มประเทศภาคผนวกที่ 1 และกลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1
- 4) หลักการให้ความช่วยเหลือกลุ่มผู้ด้อยกว่า ปัจจุบันอนุสัญญาฯ ได้ใช้กองทุนสิ่งแวดล้อมโลกเป็นกลไกหนึ่งในการสนับสนุนประเทศกำลังพัฒนาในการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และกำหนดให้ประเทศพัฒนาแล้วดำเนินนโยบายถ่ายทอดเทคโนโลยีที่สะอาดให้กับประเทศกำลังพัฒนา

## ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญา

|   |  |
|---|--|
| <b>กลุ่มประเทศภาคผนวกที่ 1</b><br>(Annex I)     | ประกอบด้วยประเทศอุตสาหกรรมซึ่งเป็นกลุ่มที่มีพันธกรณีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในระดับเดียวกับปี พ.ศ. 2533 (ค.ศ. 1990) ภายในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ตามมาตรา 4.2 (ก) และ (ข) นับเป็นกลุ่มที่ยอมรับเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553-2555 ตามมาตรา 3 และภาคผนวก ข ของพิธีสารเกียวโต ประเทศในกลุ่มนี้ประกอบด้วย 24 ประเทศในกลุ่ม Organization of Economic Cooperation and Development (OECD) สหภาพยุโรปและอีก 14 ประเทศที่อยู่ระหว่างการปรับโครงสร้างเป็นระบบตลาดเสรี (โครเอเชีย ลิกเตนสไตน์ โมนาโก และ สโลวาเกีย แทนที่ประเทศเช็กโกสโลวาเกีย) รวมทั้งหมด 41 ประเทศ |
| <b>กลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 (Non-Annex I)</b> | ประกอบด้วยประเทศกำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาทั้งหมด 153 ประเทศ   |

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554)



รูปที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญา

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554)

### 2.1.2.3 พันธกรณีของอนุสัญญาฯ ที่มีต่อประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยได้ลงนามในกรอบอนุสัญญาฯ เมื่อวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2535 โดยให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ.2537 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2538 ซึ่งประโยชน์ที่ประเทศไทยได้รับจากการเข้าเป็นประเทศภาคีสมาชิก คือ การได้รับความช่วยเหลือทางวิชาการเพื่อทำการศึกษาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (UNFCCC, 1994) ซึ่งกรอบอนุสัญญาฯ มีวัตถุประสงค์ที่จะให้ประเทศภาคีสมาชิกดำเนินการรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากการแทรกแซงกิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นอันตรายต่อระบบภูมิอากาศ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554) นอกจากนี้ ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555–2559) และฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560–2559) สนับสนุนให้ประชาชนเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติทางธรรมชาติ อีกทั้งยังรณรงค์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (สำนักคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2558)

### 2.1.3 พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)

#### 2.1.3.1 หลักการสำคัญของพิธีสารเกียวโต

พิธีสารเกียวโตได้กำหนดข้อผูกพันทางกฎหมาย (Legal Binding) โดยมาตรา 3 ได้กำหนดพันธกรณีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศภาคี (ภาคผนวกที่ 1) โดยรวมแล้วไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 จากระดับการปล่อยโดยรวมของกลุ่มในปี พ.ศ. 2533 ภายในช่วง พ.ศ. 2551-2555 โดยที่ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ เช่น ร้อยละ 8 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2533 สำหรับกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป ร้อยละ 10 สำหรับประเทศไอซ์แลนด์ ร้อยละ 6 สำหรับประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น โดยพิธีสารฯ กำหนดชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ โดยกำหนดการลดก๊าซเหล่านี้ให้คิดเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า



(CO<sub>2</sub> equivalent: CO<sub>2</sub>-eq) กำหนดพันธกรณีเพิ่มเติมให้กับประเทศที่พัฒนาแล้ว และไม่มี การเพิ่มพันธกรณีใดๆ ให้กับประเทศกำลังพัฒนา ทั้งนี้ พิธีสารเกียวโต สามารถดำเนินการภายใต้ 3 กลไกยืดหยุ่น (Flexibility Mechanisms) ซึ่งมี รายละเอียดดังนี้

- 1) กลไกการทำโครงการร่วม (Joint Implementation: JI) ประเทศพัฒนาแล้ว สามารถดำเนินโครงการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกันเองระหว่างประเทศในกลุ่ม ภาคผนวกที่ 1 โดยปริมาณที่ก๊าซเรือนกระจกลดได้ เรียกว่า Emission Reduction Units (ERUs)
- 2) กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism CDM): ประเทศในภาคผนวกที่ 1 สามารถดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกับประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศในกลุ่ม Non-Annex I โดย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จะต้องผ่านการรับรองที่เรียกว่า Certified Emission Reduction (CERs)
- 3) กลไกการซื้อขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading: ET) ประเทศในภาคผนวกที่ 1 ที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศตามที่กำหนดไว้ได้ สามารถซื้อสิทธิ์การปล่อยจากประเทศในภาคผนวกที่ 1 ด้วย โดยเรียกสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะซื้อขายกันนี้ว่า Assigned Amount Units (AAUs)

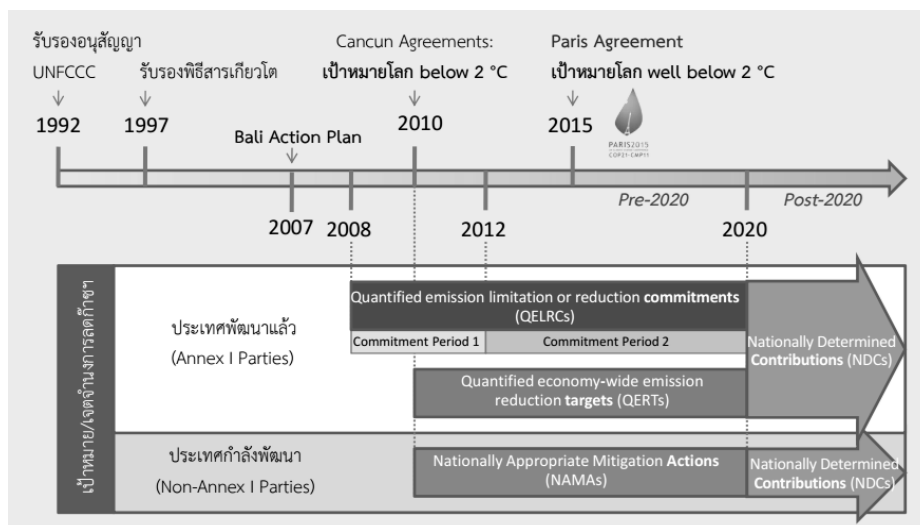
#### 2.1.3.2 พันธกรณีของประเทศไทยภายใต้พิธีสารเกียวโต

ประเทศไทยได้ลงนามรับรองพิธีสารเกียวโต เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 และได้ให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545 ในฐานะภาคีสมาชิกในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา จึงไม่มีพันธกรณีใดๆ ภายใต้พิธีสารเกียวโต แต่มีส่วนร่วมรับผิดชอบดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามขีดความสามารถ และสถานการณ์ของประเทศด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิเข้าร่วมโครงการตาม กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) โดยมีพันธกรณีลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงพันธกรณีแรก พ.ศ. 2551-2555 (ค.ศ.2008-2012) เหมือนกับประเทศในภาคผนวกที่ 1

จากการประชุมประเทศภาคีอนุสัญญาฯ ณ เมืองบาห์ลี ประเทศอินโดนีเซีย ในปี พ.ศ.2550 (COP 12) ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ได้มีแนวคิด

ที่จะบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกตามความเหมาะสมของแต่ละประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) ซึ่งเป็นแนวทางที่ประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาจะร่วมกันรับผิดชอบด้านปัญหาเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามความรับผิดชอบและศักยภาพที่แตกต่างกัน รวมทั้งการดำเนินงานภายใต้มาตรการ NAMAs จะต้องเป็นไปด้วยสมัครใจผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากประเทศพัฒนาแล้วซึ่งเรียกว่า “แผนปฏิบัติการบาหลี่” (Bali Action Plan) เนื่องจากพันธกรณีที่ 1 (วาระแรก) ของพิธีสารเกียวโตได้จบลงในปี พ.ศ.2555 และการประชุมประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 16 (COP16) ณ เมืองแคนคูน ประเทศเม็กซิโก ในปี พ.ศ.2553 ได้มีการจัดทำ “ข้อตกลงแคนคูน” (The Cancun Agreement) ซึ่งเพิ่มเติมรายละเอียดของมาตรการเกี่ยวกับ NAMAs มากขึ้น โดยประเทศกำลังพัฒนาจะต้องจัดทำแผนดำเนินงาน (NAMAs) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศให้ต่ำกว่าระดับการปล่อยในการดำเนินงานตามปกติ (BAU) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

ในปี พ.ศ.2558 การประชุมสมัยที่ 21 (COP21) ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศสมีการรับรอง “ความตกลงปารีส (Paris Agreement) โดยประเทศภาคีสมาชิกได้ตกลงส่งแผนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เรียกว่า “Nationally Determined Contributions” (NDCs) ทุกๆ 5 ปี และจะต้องแสดงถึงความพยายามที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ประเทศพัฒนาแล้วควรเป็นผู้นำในการดำเนินงานผ่านเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกสาขา ในขณะที่ประเทศที่กำลังพัฒนาควรเพิ่มความพยายามในการลดก๊าซเรือนกระจกและมุ่งสู่เป้าหมายการลดหรือจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกสาขา ตามศักยภาพของแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) กรณีประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความเหมาะสม ร้อยละ 7-20 ต่ำกว่าระดับการดำเนินงานตามปกติ (BAU) ในภาคพลังงานและภาคการคมนาคมและขนส่ง ภายในปี ค.ศ.2020 และจะดำเนินงานตามข้อเสนอด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (NDCs) เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 ต่ำกว่าระดับ BAU ภายในปี ค.ศ.2030



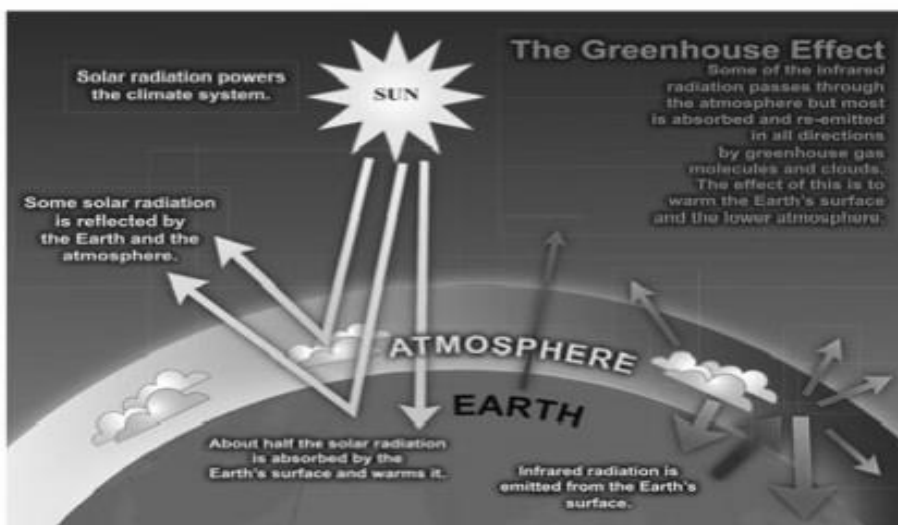
## รูปที่ 2.2 พัฒนาการนโยบายด้านการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2558)

### 2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

#### 2.2.1 ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (GHGs) คือ ก๊าซที่อยู่ในชั้นบรรยากาศซึ่งมีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ซึ่งหากไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัดและในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวันแล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ก๊าซเรือนกระจกที่พบสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และสารซีเอฟซี (CFC) ทั้งนี้ หากในชั้นบรรยากาศมีก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้สะสมอยู่มากเกินไปก็จะเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และส่งผลให้การสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโลกลดลงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” หรือ Greenhouse Effect (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) (แสดงในรูปที่ 2.3)



### รูปที่ 2.3 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ที่มา: Australia Government (2008)

#### 2.2.1.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิดดังที่กล่าวมา หากแต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมตามพิธีสารเกียวโตมีเพียง 7 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic Greenhouse Gases Emissions) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ( $\text{HFC}_s$ ) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน ( $\text{PFC}_s$ ) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ( $\text{SF}_6$ ) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ ( $\text{NF}_3$ ) นอกจากนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สาร CFC (Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) ก๊าซ  $\text{CO}_2$  เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การผลิตไฟฟ้า กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม การใช้สารเคมี รวมถึงการตัดไม้เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัย หรือการเกษตรกรรม เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้มีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับก๊าซ  $\text{CO}_2$  ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลงก๊าซ  $\text{CO}_2$  จึงขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น

- 2) ก๊าซ  $\text{CH}_4$  เกิดจากการทำเกษตรกรรมและการปศุสัตว์ กระบวนการย่อยสลาย รวมถึงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดก๊าซ  $\text{CH}_4$  ในชั้นบรรยากาศสูงถึงร้อยละ 20 ของก๊าซ  $\text{CH}_4$  ในชั้นบรรยากาศทั้งหมด (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013)
- 3) ก๊าซ  $\text{N}_2\text{O}$  เกิดจากการทำเกษตรกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยถ่านหินและน้ำมัน กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใย ไนลอน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมพลาสติก เป็นต้น
- 4) กลุ่มของก๊าซฟลูออรีเนต (Fluorinated Gases) ประกอบด้วย ก๊าซ  $\text{HFC}_5$  ก๊าซ  $\text{PFC}_5$  และก๊าซ  $\text{SF}_6$  ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เช่น การใช้สารทำความเสอาตอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจรไฟฟ้า วงจรคอมพิวเตอร์และชิ้นส่วนรถยนต์ การใช้สารหล่อเย็นในตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ การใช้สารขับเคลื่อนในเครื่องกระป๋องที่เป็นสเปรย์ การใช้เป็นส่วนประกอบพลาสติกจำพวกโฟมใส่อาหารกล่องและใส่เป็นวัสดุกันกระเทือนในบรรจุภัณฑ์และกลุ่มพลาสติกที่เป็นตัวดูดซับ (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013)
- 5) ก๊าซ  $\text{NF}_3$  เป็นก๊าซที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือวงจรรวมขนาดเล็กสำหรับคอมพิวเตอร์ (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013)

#### 2.2.1.2 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมา คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น โดยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และอายุของก๊าซนั้นๆ

(life-time) ในบรรยากาศ โดยจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซ CO<sub>2</sub> ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

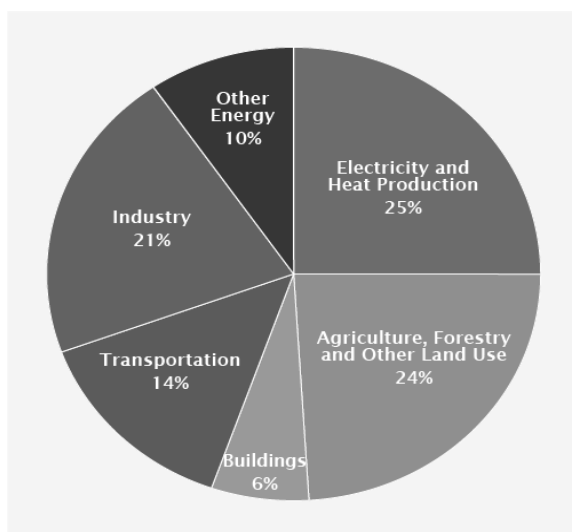
**ตารางที่ 2.2** ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในระยะเวลา 100 ปี

| ก๊าซเรือนกระจก   | อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี) | ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน<br>(เทียบเท่า CO <sub>2</sub> ) |
|------------------|-------------------------|--|
| CO <sub>2</sub>  | 200-450                 | 1  |
| CH <sub>4</sub>  | 9-15                    | 25   |
| N <sub>2</sub> O | 120                     | 298  |
| HFC <sub>5</sub> | 10-220                  | 22,800   |
| PFC <sub>5</sub> | 2,600-50,000            | 124-14,800   |
| SF <sub>6</sub>  | 3,200                   | 7,390-12,200   |
| NF <sub>3</sub>  | 500                     | 16,100   |

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate Change (2013)

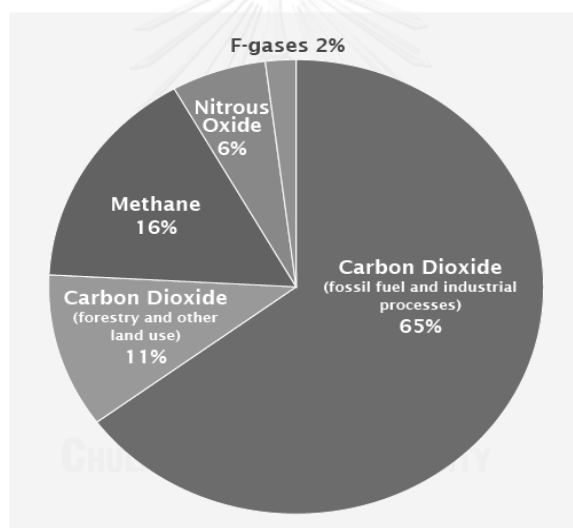
### 2.2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

จากสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกตามรายสาขาในปี พ.ศ.2553 พบว่า ภาคการผลิตไฟฟ้าและความร้อนเป็นภาคส่วนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 25) รองลงมา คือ ภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 24 และ 21 ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 2.4) และหากจำแนกตามชนิดก๊าซเรือนกระจกพบว่า ก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดร้อยละ 65 รองลงมา คือ ก๊าซ CH<sub>4</sub> และ CO<sub>2</sub> ที่เกิดจากภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ร้อยละ 16 และ 11 ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 2.5) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)



รูปที่ 2.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามรายสาขาทั่วโลกในปี พ.ศ.2553

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate (2014)

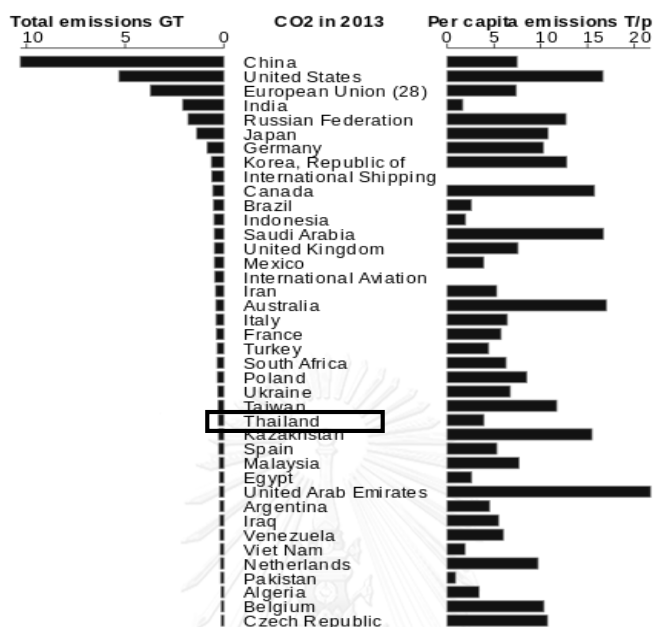


รูปที่ 2.5 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกในปี พ.ศ.2553

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate (2014)

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกจำแนกตามรายประเทศในปี พ.ศ.2554 พบว่า จีนเป็นประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในโลก รองลงมา คือ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และอินเดีย ตามลำดับ ขณะที่ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อประชากรสูงที่สุดในโลก ได้แก่ แคนาดา รองลงมา คือ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และอินเดีย ตามลำดับ (World Resources Institute, 2014)

ในส่วนสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ.2556 พบว่า ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นอันดับที่ 27 เมื่อเทียบกับต่างประเทศทั่วโลก (แสดงในรูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยต่าง ๆ ทั่วโลกในปี พ.ศ.2556

ที่มา: European Union (2015)

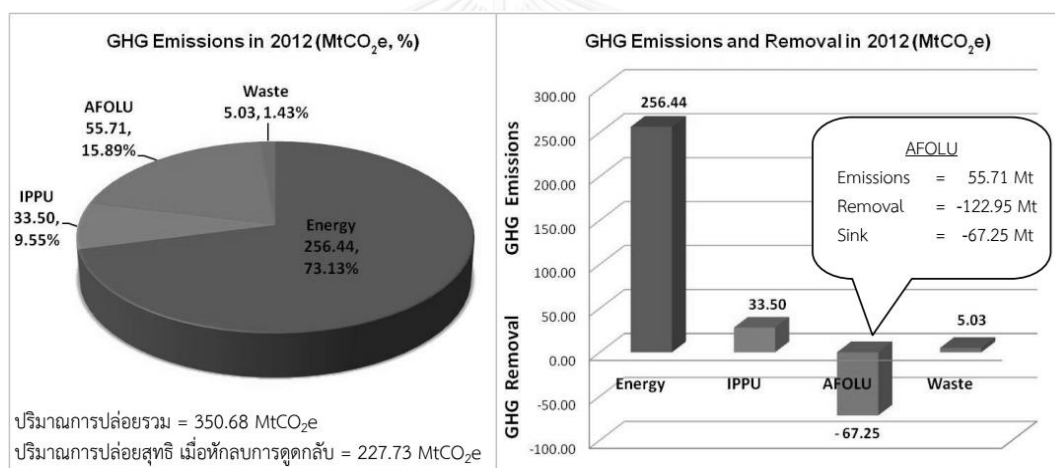
### 2.2.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

จากรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยที่จัดทำในปี พ.ศ.2543 พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 229.08 MtCO<sub>2</sub>-eq โดยภาคพลังงานมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 159.39 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 69.60 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ รองลงมา คือ ภาคเกษตรกรรม และ ภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 51.88 MtCO<sub>2</sub>-eq และ 16.39 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 22.60 และ 7.20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ตามลำดับ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555) และหากจำแนกตาม ชนิดของก๊าซพบว่า ก๊าซ CO<sub>2</sub> มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 68.90) เมื่อเทียบกับก๊าซ CH<sub>4</sub> และก๊าซ N<sub>2</sub>O ซึ่งมีสัดส่วน ร้อยละ 25.70 และ 5.40 ตามลำดับ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555) ขณะเดียวกัน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2556) ได้จัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ.2553 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมมีค่า เท่ากับ 219.91 MtCO<sub>2</sub>-eq ภาคพลังงานมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 230.47 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 68.80 ของปริมาณ



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศเช่นเดียวกับข้อมูลปี พ.ศ. 2543 รองลงมา คือ ภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 64.79 MtCO<sub>2</sub>-eq และ 29.89 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 19.40 และ 8.90 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ตามลำดับ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2556) ดังตารางที่ 2.3

ในปี พ.ศ.2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 227.73 MtCO<sub>2</sub>-eq โดยภาคพลังงานมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 256.44 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 73.13 รองลงมา คือ ภาคเกษตรกรรม ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และภาคอุตสาหกรรม โดยปล่อยในสัดส่วน 55.71 และ 33.50 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 15.89 และ 9.55 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 2.7) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2556)



รูปที่ 2.7 ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามภาคส่วน (ปี พ.ศ. 2555)  
ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556)

ตารางที่ 2.3 แนวโน้มและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน (ร้อยละ)

| ปี (พ.ศ.) | พลังงาน | อุตสาหกรรม | เกษตรกรรม | ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน | การจัดการของเสีย |
|-----------|---------|------------|-----------|-------------------------------|------------------|
| 2543      | 69.60   | 7.20       | 22.60     | -3.40                         | 4.10             |
| 2553      | 68.80   | 8.90       | 19.40     |                               | 3.00             |
| 2555      | 73.13   | 9.55       | 15.89     |                               | 1.43             |

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556)

## 2.3 กลุ่มแร่อุตสาหกรรม

### 2.3.1 แร่อุตสาหกรรม

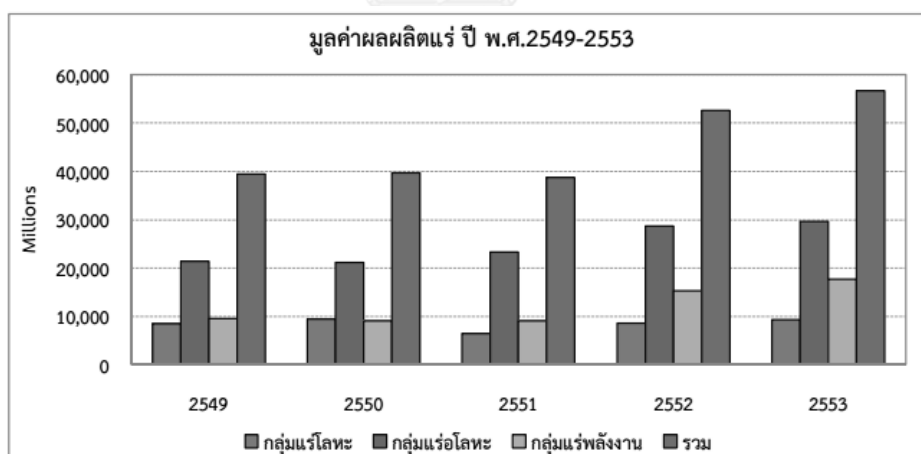
แร่อุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาตามลักษณะการใช้งานแล้วสามารถจำแนกออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) กลุ่มแร่เหล็กและโลหะผสมเหล็ก เช่น เหล็ก ทังสแตน แมงกานีส เป็นต้น 2) กลุ่มโลหะพื้นฐาน เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี พลวง ดีบุก เป็นต้น 3) กลุ่มแร่โลหะมีค่า เช่น ทองคำ ทองคำขาว เป็นต้น 4) กลุ่มแร่ประเภทหายาก เช่น แททาลัม รูทีล ซีโนไทม์ เป็นต้น 5) กลุ่มแร่รัตนชาติ เช่น เพชร พลอย เป็นต้น และ 6) กลุ่มแร่อุตสาหกรรม ประกอบด้วย แร่จำพวกกอลโลหะและหินที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ยังสามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มย่อย คือ 1) กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ เช่น หินปูน ยิปซัม หินดินดาน ดินมาร์ล เป็นต้น 2) กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น หินแกรนิต หินปูน หินบะซอลต์ เป็นต้น 3) กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เช่น บอลเคลย์ เฟลด์สปาร์ ททรายแก้ว ดินขาว โดโลไมต์ เป็นต้น และ 4) กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น แคลไซต์ ฟลูออไรต์ ฟอสเฟต เกลือหิน โพแทช เป็นต้น

### 2.3.2 ความสำคัญของกลุ่มแร่อุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและมีสัดส่วนมูลค่าการผลิตคิดเป็นร้อยละ 34 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (GDP) ในปี พ.ศ.2554 โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนมูลค่า GDP สูงที่สุดเป็น 3 อันดับแรกของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีมูลค่า GDP เท่ากับ ร้อยละ 15 13 และ 12 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มแร่อุตสาหกรรมมีมูลค่า GDP เท่ากับร้อยละ 5 (สำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม

แห่งชาติ, 2558) ถึงแม้ว่าสัดส่วน GDP ของกลุ่มแร่อุตสาหกรรมจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ หากแต่กลุ่มแร่อุตสาหกรรมมีอัตราการขยายตัวของมูลค่า GDP ร้อยละ 1.71 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2554 และมีแนวโน้มการขยายตัวของมูลค่าการผลิตเพิ่มสูงขึ้น (ร้อยละ 4.4 ระหว่างปี พ.ศ.2554-2558) โดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมก่อสร้างซึ่งเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานและมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางระบบเศรษฐกิจของประเทศ มีสัดส่วนมูลค่าการผลิตร้อยละ 75 ของกลุ่มแร่อุตสาหกรรม (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)

ในปี พ.ศ.2553 ประเทศไทยมีการผลิตแร่กว่า 40 ชนิด มีมูลค่าผลผลิต 56,615.6 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.61 เมื่อเทียบกับมูลค่าผลผลิต 52,611.8 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2552 จากมูลค่าผลผลิตดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น ผลผลิตแร่จากกลุ่มแร่โลหะ 29,591.4 ล้านบาท กลุ่มแรพลังงาน 17,663.4 ล้านบาท และกลุ่มแร่โลหะ 9,360.8 ล้านบาท โดยแร่ที่มีมูลค่าผลผลิตสูงที่สุด คือ ถ่านหินลิกไนต์ 17,663.4 ล้านบาท รองลงมา คือ หินปูน 14,816.8 ล้านบาท ยิปซัม 5,224.4 ล้านบาท แร่ทองคำ 5,033.8 ล้านบาท และ แร่สังกะสี 2,099.2 ล้านบาท ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 2.8) (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)



**รูปที่ 2.8** มูลค่าผลผลิตแร่ปี พ.ศ.2549-2553

**ที่มา:** กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (2554)

ขณะเดียวกัน เมื่อจำแนกการผลิตตามกลุ่มแรพบว่า แร่โลหะที่มีสัดส่วนผลผลิตสูงสุดของประเทศในปี พ.ศ. 2553 ได้แก่ แร่เหล็ก (0.97 ล้านตัน) แร่สังกะสี (0.15 ล้านตัน) แร่เงิน (17.56 ล้านกรัม) และแร่ทองคำ (4.05 ล้านกรัม) แร่โลหะที่มีผลผลิตสูงที่สุด ได้แก่ หินปูน (131.80 ล้านตัน) หินปะชอลต (12.49 ล้านตัน) และยิปซัม 10.08 (ล้านตัน)

ตามลำดับ ทั้งนี้ ถ่านหินลิกไนต์เป็นกลุ่มแร่เพียงชนิดเดียวที่ผลิตได้ในกลุ่มแร่พลังงานของประเทศไทยซึ่งมีค่าการผลิต 18.40 ล้านตันโดยประมาณ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลผลิตแร่ของไทยปี พ.ศ. 2549-2553 (หน่วย: ตัน)

|                   | 2549       | 2550        | 2551        | 2552        | 2553        |
|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>แร่โลหะ</b>    |            |             |             |             |             |
| แร่เหล็ก          | 264,289    | 1,551,860   | 1,709,720   | 616,399     | 969,937     |
| แร่สังกะสี        | 214,023    | 176,042     | 118,739     | 183,288     | 146,470     |
| แร่แมงกานีส       | 1,000      | 9,500       | 111,000     | 64,930      | 50,450      |
| แร่เงิน (กรัม)    | 11,240,000 | 7,727,161   | 5,465,479   | 16,263,418  | 17,558,473  |
| แร่ทองคำ (กรัม)   | 3,470,000  | 3,401,384   | 2,721,146   | 4,866,133   | 4,045,567   |
| <b>แร่อโลหะ</b>   |            |             |             |             |             |
| หินปูน            | 49,470,897 | 151,201,575 | 131,333,250 | 130,317,203 | 131,803,809 |
| หินบะซอลต์        | 9,701,543  | 9,942,689   | 8,877,552   | 10,359,374  | 12,489,201  |
| ยิปซัม            | 8,354,901  | 8,643,391   | 8,500,401   | 8,631,797   | 10,083,795  |
| ดินซีเมนต์        | 0          | 116,182     | 3,753,617   | 484,329     | 8,250,738   |
| หินแกรนิต         | 4,470,874  | 5,239,434   | 5,200,408   | 5,216,656   | 5,264,621   |
| <b>แร่พลังงาน</b> |            |             |             |             |             |
| ถ่านหินลิกไนต์    | 19,070,608 | 18,239,176  | 18,095,335  | 17,758,861  | 18,399,399  |

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (2554)

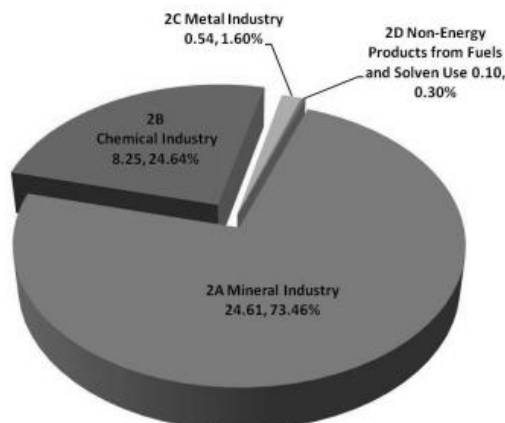
### 2.3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มแร่อุตสาหกรรม

จากผลการศึกษาขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556) พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2553 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 7.70 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ โดยแหล่งกำเนิดหลักมาจากอุตสาหกรรมการผลิตแร่ (22.79 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็น ร้อยละ 76.24 ของการปล่อยทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม) จากข้อมูลข้างต้นพบว่า การผลิตปูนซีเมนต์เป็นภาคอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยมากที่สุด (15.11 MtCO<sub>2</sub>-eq) รองลงมา คือ อุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี (6.33

MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็น ร้อยละ 21.17 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม) ส่วนสาขาอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตโลหะ และการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงในรูปแบบที่ไม่เป็นพลังงาน และการใช้ตัวทำละลายเป็นภาคที่มีการปล่อยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.66 และ 0.11 MtCO<sub>2</sub>-eq หรือคิดเป็น ร้อยละ 2.22 และ 0.11 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มแร่โลหะ (Non-Metallic Minerals) (ภาคผนวก ก) ของประเทศในปี พ.ศ.2554 พบว่าอุตสาหกรรมการผลิตกลุ่มแร่โลหะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 16.05 TgCO<sub>2</sub>-eq (คิดเป็นร้อยละ 97.9 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม) โดยสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีค่าสูงสุด (ร้อยละ 94) รองลงมา คือ กระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (ร้อยละ 6) นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกลุ่มแร่โลหะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในภาคอุตสาหกรรม (73.7 MtCO<sub>2</sub>-eq) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555)

จากผลการศึกษาโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556) ในปี พ.ศ. 2555 พบว่า ภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 33.50 MtCO<sub>2</sub>-eq (คิดเป็น ร้อยละ 9.55 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในระดับประเทศ) โดยกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตแร่ (ปูนซีเมนต์ ปูนขาว เป็นต้น) เป็นกลุ่มที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของประเทศ (24.61 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็น ร้อยละ 73.46 ของการปล่อยทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม) จากสัดส่วนดังกล่าว พบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (21.10 MtCO<sub>2</sub>-eq) รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตเคมี (8.25 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 24.63) ส่วนกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตโลหะ และกลุ่มการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงในรูปแบบที่ไม่เป็นพลังงาน และกลุ่มการผลิตที่มีการใช้ตัวทำละลายมีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.10 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็น ร้อยละ 1.60 และ 0.30 ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ.2555

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556)

## 2.4 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

กระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วย กระบวนการผลิตของเหมืองแร่และกระบวนการผลิตของโรงโม่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)

### 2.4.1 กระบวนการทำเหมืองแร่ (Quarrying) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

#### 2.4.1.1 การเจาะรูระเบิด

การเจาะรูระเบิดชั้นหินหรือแร่ (Blast-Hole Drilling) เป็นการทำให้หินแตกออกเป็นรูเจาะขนาดเล็กที่มีความลึกสำหรับใส่วัตถุระเบิด ซึ่งรถเจาะรูระเบิดสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ รถเจาะใช้ลมอัด (Pneumatic Type/ Air Track) รถเจาะไฮดรอลิก (Hydraulic Type) และรถเจาะแบบหมุน (Rotary Type)

#### 2.4.1.2 การระเบิดชั้นหิน

การระเบิดชั้นหิน (Rock Blasting) เป็นขั้นตอนการนำหินออกจากสภาพธรรมชาติโดยระเบิดให้แตกออกเป็นก้อนตามขนาดที่ต้องการ โดยส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง (Ammonium Nitrate/Fuel Oil: ANFO) เป็นวัตถุระเบิดหลักใส่ในรูเจาะ

#### 2.4.1.3 การขุดและตัก

กระบวนการขุดและตักจะใช้เครื่องจักรในการทำงาน โดยประเภทของเครื่องจักรสามารถจำแนกตามแรงที่ต้องการ เช่น รถขุดแบ็คโฮ (Backhoe) และรถขุดโชเวล (Shovel) มักใช้สำหรับขุดดินแน่น และเครื่องจักรประเภทที่เน้นการตักมากกว่า มักจะใช้รถตักในการตักหินจากกองระเบิดหรือจากกองสต็อกใส่รถบรรทุก

#### 2.4.1.4 การขนส่งลำเลียง

อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงแร่ในเหมืองมีหลายรูปแบบ เช่น รถบรรทุก สายพานลำเลียง และการขนส่งตามท่อ หากแต่รูปแบบที่นิยมใช้งาน คือ การขนส่งลำเลียงด้วยรถบรรทุกโดยเฉพาะรถบรรทุกแบบเทท้าย (Rear Dump Truck) จากนั้นจึงลำเลียงหินเข้าสู่กระบวนการของโรงโม่ต่อไป

### 2.4.2 กระบวนการของโรงโม่ (Milling) ประกอบด้วยกระบวนการหลัก 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

#### 2.4.2.1 การป้อนหินใหญ่

หินขนาดใหญ่ที่ถูกขนส่งมาด้วยรถบรรทุกจากบริเวณหน้าเหมือง เมื่อนำมาเทลงด้วยเครื่องป้อน (Feeder) จะถูกนำไปคัดแยกหินที่มีขนาดเล็กและดินที่เจือปนออกไป ก่อนจะถูกส่งป้อนไปให้เครื่องโม่แรกในกระบวนการบดขั้นต้น

#### 2.4.2.2 การบดขั้นต้น

การบดขั้นต้น (Primary Crushing) เป็นกระบวนการลดขนาดหินที่ถูกลำเลียงมาจากหน้าเหมือง โดยทั่วไปเครื่องโม่ที่นิยมใช้ในการบดมักเป็นเครื่องโม่ที่รองรับปริมาณหินได้ในปริมาณมาก ได้แก่ เครื่องบดจอร์ (Jaw Crusher) และเครื่องบดไซเรทอรี (Gyratory Crusher) เป็นต้น

#### 2.4.2.3 การบดขั้นที่สอง

การบดขั้นที่สอง (Secondary Crusher) เป็นการบดหินหลังจากที่ผ่านกระบวนการบดขั้นต้นมาแล้วโดยบดเพื่อให้ผลผลิตมีขนาดเท่ากับหินที่ต้องการจำหน่าย โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องบดแบบโคน (Cone Crusher) และเครื่องบดแบบอัด (Impact Crusher)

#### 2.4.2.4 การคัดขนาด

การคัดขนาดด้วยตะแกรง (Screen) ทำได้โดยการป้อนหินที่มีขนาดต่างกันไปยังพื้นตะแกรงที่มีช่องรูขนาดต่างๆ ซึ่งตะแกรงอาจมีชั้นตะแกรง (Decks) ตั้งแต่ 1-4 ชั้น โดยทั่วไปตะแกรงสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ ตะแกรงแบบอยู่กับที่ (Stationary Screen) และตะแกรงแบบเคลื่อนไหว (Moving Screen) เป็นตะแกรงที่นิยมใช้ในการคัดขนาดหิน

#### 2.4.2.5 การขนส่งลำเลียงหินโม่

การขนส่งลำเลียงหินนิยมใช้สายพานลำเลียงซึ่งต้องคำนึงถึงมุมลาดชันที่หินสามารถเกาะตัวได้บนสายพานที่เคลื่อนที่ โดยปกติแล้วสายพานจะต้องมีความลาดเอียงที่ 0-25 องศาโดยประมาณ การลำเลียงขนส่งหินเป็นขั้นตอนการนำไปเก็บในกองสต็อกเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

จากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งแบ่งออกเป็นกระบวนการทำเหมืองแร่และกระบวนการของโรงโม่ สามารถจำแนกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างได้ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5** กิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

| กระบวนการผลิต   | กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง   |
|---|--|
| <b>กระบวนการทำเหมืองแร่</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• การระเบิดหิน</li> <li>• การขนส่งลำเลียง</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้วัตถุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรท (ANFO)</li> <li>• การใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซล</li> </ul> |
| <b>กระบวนการของโรงโม่</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• การป้อนหินใหญ่</li> <li>• การบดขั้นต้น</li> <li>• การบดขั้นที่สอง</li> <li>• การคัดขนาด</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรในโรงโม่</li> </ul>  |

## 2.5 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) เป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยประเมินในรูปแบบของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในหน่วยของ “คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า” ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมนั้นๆ สำหรับข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถประเมินได้ในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.5.1 วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถประเมินได้ 2 วิธี (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995) ได้แก่

#### 2.5.1.1 การประเมินจากบนลงล่าง (Top Down Approach)

ประเมินโดยการรวบรวมข้อมูลและจัดทำฐานข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้มีการจัดเตรียมไว้ โดยเป้าหมายของการประเมินจากบนลงล่างนี้เหมาะสำหรับการประเมินในระดับประเทศ ท้องถิ่นและองค์กร



### 2.5.1.2 การประเมินจากล่างขึ้นบน (Bottom Up Approach)

ประเมินโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่สามารถระบุและจำแนกแหล่งกำเนิดได้ชัดเจน ซึ่งเป้าหมายของการประเมินจากบนลงล่างนี้เหมาะสำหรับการประเมินในระดับบุคคล

### 2.5.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint Product: CFP) หมายถึง การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากหลังใช้งาน หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สามารถบ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น โดยให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมียุทธศาสตร์การตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า และกระตุ้นให้ผู้ผลิตเลือกผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

### 2.5.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) หมายถึง การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรในช่วงระยะเวลา 1 ปี หรือ ระยะเวลาหนึ่ง ๆ ทั้งในระดับหน่วยงาน บริษัท หรือ โรงงานอุตสาหกรรมและระดับประเทศ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) ซึ่งการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรเป็นวิธีการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.5.3.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

โดยทั่วไปโครงสร้างองค์กรอาจประกอบด้วยหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานมากกว่าหนึ่งโรง ส่งผลให้มีแหล่งปล่อยหรือแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมากกว่าหนึ่งแหล่ง ดังนั้น การกำหนดขอบเขตขององค์กรเพื่อการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ ซึ่งต้องมีความชัดเจนและเหมาะสม การกำหนดขอบเขตขององค์กรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

### 1) กำหนดเป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้งาน เช่น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงระยะเวลาต่างๆ หรือใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลสู่สาธารณะ หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล

### 2) กำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรครอบคลุมทั้งแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) แบบควบคุม (Control Approach) อาศัยการกำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม สามารถแบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1.1) ควบคุมการดำเนินงาน: องค์กรสามารถประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร โดยไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของแต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

(1.2) ควบคุมทางการเงิน: องค์กรสามารถประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริง และมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก

### 2.5.3.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน

ในขั้นตอนการกำหนดขอบเขตการดำเนินงานต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (รูปที่ 2.10) ได้แก่

ประเภทที่ 1 (Scope 1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) ตัวอย่างเช่น

(1) การผลิตไฟฟ้า ความร้อนและไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กร และ/หรือ เพื่อการส่งออกหรือแจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กรและการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งผ่านพลังงาน ไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

(2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามา โดยองค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการใช้งานนั้น

(3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว

2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ได้แก่ กระบวนการอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการ Calcination ของการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Sources) ตัวอย่างเช่น

(1) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

(2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเช่าเหมามาซึ่งองค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

4) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Fugitive Emissions) ตัวอย่างเช่น

(1) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่บรรยากาศ ณ บริเวณรอยเชื่อมต่อท่อของอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร เช่น สารทำความเย็น หรือการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กรในขณะทำการซ่อมบำรุง เป็นต้น

(2) การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตย่อยภายในโรงงาน เช่น การรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) จากการใช้ Switch Gear เป็นต้น

(3) การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้

(4) ก๊าซ CH<sub>4</sub> ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ

(5) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีเพื่อการชักล้างหรือทำความสะอาดภายในองค์กร

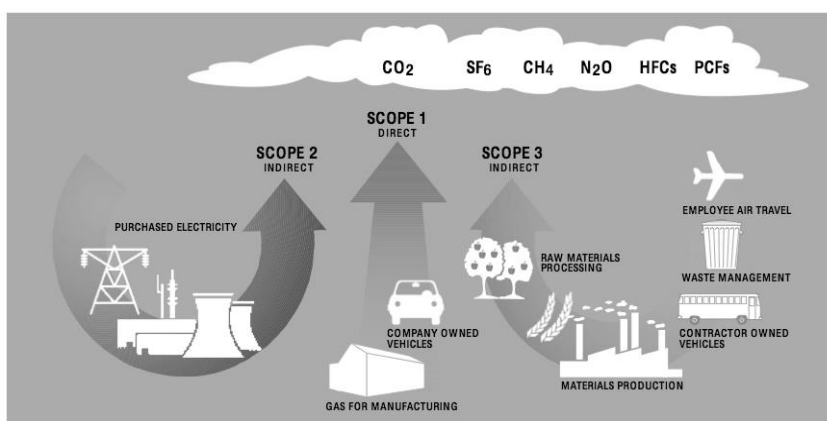
5) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวล

ประเภทที่ 2 (Scope 2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อนหรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 (Scope 3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่

- 1) การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนาและติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัวที่ใช้ภายในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการ รวมทั้งน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร รถไฟ เรือโดยสาร เครื่องบิน
- 2) การเดินทางไป - กลับ ของพนักงานจากที่พักถึงองค์กรด้วย ยานพาหนะส่วนตัวหรือยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กรหรือจ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร หรือระบบขนส่งสาธารณะ เป็นต้น
- 3) การขนส่งผลิตภัณฑ์วัตถุดิบ คนงาน หรือกากของเสียที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้
- 4) กิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเกิดจากการจ้างเหมารับช่วงดำเนินงานโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มจากกิจกรรมการประกอบอาหารภายในโรงอาหารโดยการจ้างเหมาจากบุคคล หน่วยงาน หรือองค์กรภายนอก เป็นต้น
- 5) กระบวนการกำจัดกากของเสีย และการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงาน หรือองค์กรอื่น ๆ ภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้
- 6) ผลิตภัณฑ์หรือบริการขององค์กรในช่วงการใช้งาน (Use Phase) และช่วงหลังใช้งาน (End-of-Life Phase)
- 7) กระบวนการผลิตไฟฟ้า ไอน้ำ และความร้อนที่องค์กรซื้อเข้ามาเพื่อขายต่อไปยังหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นอีกทอดหนึ่ง
- 8) การใช้พลังงาน ไฟฟ้า ไอน้ำ หรือความร้อนของหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นที่มาขอเช่าพื้นที่ขององค์กร
- 9) การใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมของพนักงานภายในองค์กรในกรณีที่มีการเช่าพื้นที่อาคารขององค์กรอื่นเพื่อใช้เป็นสำนักงาน

- 10) การสกัดวัตถุดิบต่างๆ รวมถึงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบตั้งต้นก่อนที่จะมีการนำเข้ามาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นเพื่อใช้งานภายในองค์กร
- 11) การใช้น้ำประปาภายในองค์กร
- 12) วัสดุสำนักงานที่มีการใช้ภายในองค์กร เช่น กระดาษ ของเอกสาร เครื่องเขียน เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: World Resources Institute (2014) และ World Resources Institute and World Business Council on Sustainable Development (2004)

#### 2.5.3.3 การคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณต้องมีขั้นตอนการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ โดยข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

#### 2.5.3.4 การคัดเลือก หรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- 1) ทราบแหล่งที่มา
- 2) เหมาะสมกับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกำเนิด

- 3) เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ
- 4) คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
- 5) ไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือน

#### กระจก

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร หรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ตามลำดับความน่าเชื่อถือและคุณภาพข้อมูล ดังนี้

- (1) ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
- (2) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- (3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรมหรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น
- (4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ องค์กรของสหประชาชาติ เป็นต้น

#### 2.4.3.5 การคัดเลือกวิธีการคำนวณ

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้องและช่วยลดความไม่แน่นอน โดยองค์กรสามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องมีเหตุผลประกอบและต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อนสามารถทำได้ดังนี้

- 1) จากการตรวจวัด โดยบันทึกปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้

มาตรฐานตามวิธีการสากลอื่นจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูงสุด

2) จากการคำนวณ วิธีการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างโมเดล การทำสมการมวลสารสมดุล การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ Facility-Specific หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กรคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับของก๊าซเรือนกระจก แสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub>-eq) ดังสมการที่ 2-1

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก} \quad (2-1)$$

3) จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ โดยองค์กรสามารถประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บได้และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ได้จากการตรวจวัดมาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

#### 2.4.3.6 รายงานผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

การรายงานผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดูดกลับจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรจะต้องประกอบด้วยหลักการสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

##### 1) ความตรงประเด็น (Relevance)

ผู้ตรวจวัดควรเลือกข้อมูลแหล่งปล่อย แหล่งดูดซับและแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก รวมถึงวิธีการวัดและคำนวณที่เหมาะสมกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมหรือประเมินได้นั้นควรสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กร หรือเกี่ยวข้องกับองค์กรเพื่อช่วยส่งเสริมการตัดสินใจสำหรับการวางนโยบายขององค์กร



## 2) ความสมบูรณ์ (Completeness)

ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้ควรเป็นปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร

## 3) ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วต้องไม่ขัดแย้งกัน

## 4) ความถูกต้อง (Accuracy)

ในการประเมินและรายงานผลควรลดความไม่แน่นอนในการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากที่สุด

## 5) ความโปร่งใส (Transparency)

ควรมีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอและเหมาะสมสามารถตรวจสอบได้อย่างสมเหตุสมผล

ทั้งนี้ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรมอ้างอิงจากคู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรม อีกทั้ง ยังได้อาศัยแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในการประเมินด้วย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในและต่างประเทศ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถาบันการศึกษา องค์กร และหน่วยงานต่าง ๆ และถึงแม้ว่าภาคอุตสาหกรรมเริ่มมีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น หากแต่การศึกษาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิจัยในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ การผลิตปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น ส่วนการศึกษาในรายอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเหมืองแร่ยังมีไม่มากนัก จึงทำให้ขาดฐานข้อมูลในส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัย

ได้พยายามรวบรวมผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่จากฐานข้อมูลทั้งในและต่างประเทศ สรุปได้ดังนี้

สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองหินปูนบริเวณภาคกลางของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2551 โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการพัฒนาพื้นที่เหมือง การเจาะรูระเบิด การระเบิด การขุดขนและการบด ผลการประเมินพบว่า อุตสาหกรรมเหมืองหินปูนปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 20,878.42 tCO<sub>2</sub>-eq ซึ่งการขุดขนเป็นขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเท่ากับ 7,245.32 tCO<sub>2</sub>-eq รองลงมา คือ การบดและการระเบิด ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6,573.97 และ 4,524.33 tCO<sub>2</sub>-eq ตามลำดับ

Kittipongvises, Chavalparit and Sutthirat (2016) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความเข้มข้นพลังงานของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างในประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ.2012-2014 ผลการประเมินพบว่าหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 3,387,718 kgCO<sub>2</sub>-eq และมีความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกกับ 2.92 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต โดยค่าความเข้มข้นพลังงานที่ประเมินจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหินมีค่า เท่ากับ 1.84 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh นอกจากนี้ ผลการประเมินยังพบว่าการใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซลในกระบวนการขนส่งมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 68) เมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดและย่อยหินและการใช้วัตถุระเบิดในกระบวนการระเบิด ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ ร้อยละ 31 และ 1 ตามลำดับ

สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหมืองทองคำบริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2551 โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต พิจารณาตั้งแต่กระบวนการเจาะรูระเบิด การระเบิด การขุดขน การบด การชะละลายและดั่งโลหะออกจากสารกัมมันต์ และการจับโลหะทองคำและเงินด้วยไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่าอุตสาหกรรมเหมืองทองคำมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 20,087 tCO<sub>2</sub>-eq โดยกระบวนการชะละลายและดั่งโลหะออกจากสารกัมมันต์มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเท่ากับ 9,861.36 tCO<sub>2</sub>-eq รองลงมา คือ การระเบิด และการขุดขน ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 4,157.45 และ 3,829.95 tCO<sub>2</sub>-eq ตามลำดับ

Norgate and Haque (2010) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ และกระบวนการผลิตแร่เหล็ก แร่บ็อกไซต์และแร่ทองแดงในประเทศออสเตรเลีย ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยโปรแกรม SimaPro ซึ่งผลการประเมินพบว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากกระบวนการผลิตเหมืองแร่มีค่าเท่ากับ 11.9 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต โดยการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 153 Megajule ต่อตันการผลิต ทั้งนี้ การลำเลียงและขนส่งของแร่เหล็กและแร่บ็อกไซต์เป็นกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการบดและโม่ของการผลิตแร่ทองแดงเป็นขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ทางผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตแร่เหล็กและแร่บ็อกไซต์ อาทิเช่น การพัฒนาเทคโนโลยีและเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการขนส่ง และการเพิ่มแรงดันในการบดแร่ทองแดง เป็นต้น

Kittipongvises (2015) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองทองคำในประเทศไทย ผลการประเมินพบว่าอุตสาหกรรมเหมืองทองคำมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 36,866 tCO<sub>2</sub>-eq โดยกระบวนการบดและย่อยแร่ทองคำเป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เท่ากับ 26,387,532 kgCO<sub>2</sub>-eq และหากพิจารณาจากขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วพบว่า ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เท่ากับ 30,010,187 kgCO<sub>2</sub>-eq (ร้อยละ 81) เมื่อเทียบกับขอบเขตอื่น

Ferreira and Leite (2015) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองแร่เหล็กในประเทศบราซิล ผลการประเมินพบว่าอุตสาหกรรมเหมืองแร่เหล็กมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 13.32 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต โดยการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 24.97) รองลงมา คือ การใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งแร่เหล็ก (ร้อยละ 10.78) และหากพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเหมืองแร่เหล็กนี้พบว่า เชื้อเพลิงดีเซลมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 36)

Worrell และคณะ (2001) ประเมินการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ทั่วโลก ในปี ค.ศ.1994 โดยศึกษาจากแหล่งกำเนิดก๊าซ CO<sub>2</sub> อันเกิดจากแต่ละกระบวนการผลิต ได้แก่ (1) กระบวนการบดหินปูน (Calcination) (2) กระบวนการเผาไหม้ (Kiln) และ (3) การใช้ไฟฟ้า โดยผลการประเมินพบว่า การปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ทั่วโลกมีค่าเท่ากับ 307 MtCO<sub>2</sub>-eq ซึ่งมีความเข้มข้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก 222 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต โดยกระบวนการบดหินปูนและกระบวนการเผาไหม้เป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> สูงที่สุดเท่ากับ 160

MtCO<sub>2</sub>-eq ในขณะที่การใช้ไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่ากับ 147 MtCO<sub>2</sub>-eq นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้แก่ การพัฒนาศักยภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตหรือการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง

Nakapreecha (2012) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยปี ค.ศ.2008 ซึ่งได้กำหนดขอบเขตการประเมินออกเป็น 2 ขอบเขต ได้แก่ (1) การใช้พลังงาน ประกอบด้วยการใช้เชื้อเพลิง ไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ และ (2) กระบวนการผลิต ประกอบด้วยการเผาไหม้และน้ำเสีย ผลการประเมินพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเท่ากับ 11 MtCO<sub>2</sub>-eq ขณะเดียวกันได้ประเมินความเข้มข้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลการศึกษพบว่าความเข้มข้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีค่าเท่ากับ 0.63 kgtonCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต จากผลการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต รวมถึงการลงทุนด้านเทคโนโลยี สนับสนุนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม เป็นต้น

Kanchanapiya และคณะ (2015) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและประสิทธิภาพของมาตรการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553 โดยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต 110,000-125,000 Terajoule (TJ) คิดเป็นร้อยละ 5-6 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งประเทศ และมีสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตโอเลฟิน (Olefin) และอะโรมาติก (Aromatic) มีค่าประมาณร้อยละ 73 และ 14 ของปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 7-9 MtCO<sub>2</sub>-eq คิดเป็นร้อยละ 3 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ซึ่งสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ร้อยละ 59 การใช้พลังงานไอน้ำร้อยละ 28 การใช้ไฟฟ้าร้อยละ 10 และจากการรั่วไหลของก๊าซจากระบบร้อยละ 3 ตามลำดับ และความเข้มข้นคาร์บอนของโอเลฟินและอะโรมาติกมีค่าเท่ากับ 1.125-1.309 และ 0.518-0.667 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อตันการผลิต ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาใช้เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ได้ร้อยละ 67 ลดปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำได้ร้อยละ 23 และลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 10

Eswarithai and Natarajan (2015) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษในประเทศอินเดีย ปี ค.ศ.2011 ผลการประเมินพบว่าอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 67.94 tCO<sub>2</sub>-eq และมี

ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.68 kgCO<sub>2</sub>-eq ต่อ กิโลกรัมการผลิต ทั้งนี้ การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เท่ากับ 39.85 tCO<sub>2</sub>-eq หรือคิดเป็นความเข้มข้นพลังงาน เท่ากับ 0.60 kWh ต่อ กิโลกรัมการผลิต

Delgado and Muncrief (2015) ศึกษาการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ (Heavy-Duty) ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) และก๊าซธรรมชาติ (Compressed Nature Gas: CNG) ผลการศึกษาพบว่าเครื่องยนต์ชนิด CNG ปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่พิจารณาจากศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ในช่วงระยะเวลา 20 และ 100 ปี เท่ากับ 2,223 g/mile ซึ่งน้อยกว่าก๊าซ CO<sub>2</sub> จากเครื่องยนต์ชนิด LPG และดีเซล เท่ากับ 2,298 และ 2,420 g/mile ตามลำดับ

Temeng, Otuonye and Frendewey (2007) ใช้แบบจำลองการแก้ไขปัญหาการขนส่ง (Transport Algorithm) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต โดยการจัดสรรระบบขนส่ง เส้นทาง การลำเลียง และขนส่งวัตถุดิบของรถเจาะ รถขุด และรถบรรทุกและระยะเวลาในการรอ (Idle Time) ให้น้อยที่สุดระหว่างรถเจาะ รถขุด และรถบรรทุก ผลการศึกษาพบว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลองฯ ดังกล่าวสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการลดระยะเวลาในการรอ อีกทั้งสามารถจัดการการลำเลียงและขนส่งของรถเจาะ รถขุด และรถบรรทุก ได้แบบ Real Time เช่น เมื่อยานพาหนะเกิดการชำรุดก็สามารถวางแผนจัดการระบบลำเลียงขนส่งยานพาหนะอื่นได้ เป็นต้น

Ercelebi and Bascetin (2009) ศึกษาวิธีการควบคุมและจัดสรรจำนวนรถบรรทุก รถขุด และรถเจาะ รวมไปถึงวิธีการขนส่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินแบบหยาบ (Open-pit Mining) โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ในการวางแผนเส้นทาง การขนส่งระหว่างรถบรรทุก รถขุด และรถเจาะ เนื่องจากกระบวนการลำเลียงและขนส่งในกระบวนการผลิตของเหมืองแร่เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายมากถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมด ซึ่งผลการศึกษาพบว่าโปรแกรมเชิงเส้นนี้ได้จัดสรรระบบขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

Kecojevic and Komljenovic (2010) ศึกษาปริมาณการบริโภคน้ำมันและประเมินการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของรถบรรทุก (Haul Truck) โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการบริโภคน้ำมันของรถบรรทุก ได้แก่ น้ำหนักบรรทุก (Loads) ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) คุณภาพของเชื้อเพลิง (Fuel Quality) กำลังของยานพาหนะ (Power) สภาพพื้นถนน (Road Surface) และพฤติกรรม การขับขี่ของผู้ขับขี่ (Operator's Driving Style) ผลการศึกษาพบว่ากำลังของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการบริโภคน้ำมันที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ น้ำหนักบรรทุกและกำลังของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นยังสัมพันธ์กับปริมาณการบริโภคน้ำมันที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้น การลดปริมาณ

น้ำหนักบรรทุกสามารถลดปริมาณการบริโภคน้ำมันและลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้อย่างมีนัยสำคัญ

Ta, Ingolfsson and Doucette (2013) ใช้แบบจำลองในการจัดสรรรถบรรทุก รถเจาะ และรถขุดของอุตสาหกรรมเหมืองทรายน้ำมัน (Oil Sand Mines) ให้เหมาะสมที่สุด โดยใช้ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear Relation) ในการจัดสรรระบบขนส่งของรถเจาะ และรถขุด (Logistics Management) ต่อจำนวนรถบรรทุกและใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นในการจำลองให้รถเจาะและรถขุด 1 คันต่อการรอรถบรรทุก 1 คัน นอกจากนี้ แบบจำลองนี้ยังสามารถใช้จัดสรรระบบขนส่งของสถานประกอบการฯจริงซึ่งใช้รถบรรทุก รถเจาะและรถขุดที่มีขนาดแตกต่างกันได้

Dindarloo, Osanloo and Frimpong (2015) จำลองสถานการณ์แบบสุ่ม (Stochastic Simulation Framework) ในการคัดเลือกจำนวน ความจุของการบรรทุกและจัดสรรขนาดของรถบรรทุก รถขุดและรถเจาะเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการผลิตของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ซึ่งโดยมากพบว่าค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับกระบวนการลำเลียงและขนส่งสูงถึงร้อยละ 50-60 เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมด ผลการจำลองสถานการณ์ดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรการลำเลียงและขนส่งในเหมืองขนาดใหญ่และนับเป็นการเพิ่มผลผลิตให้แก่ผู้ประกอบการได้ร้อยละ 10

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

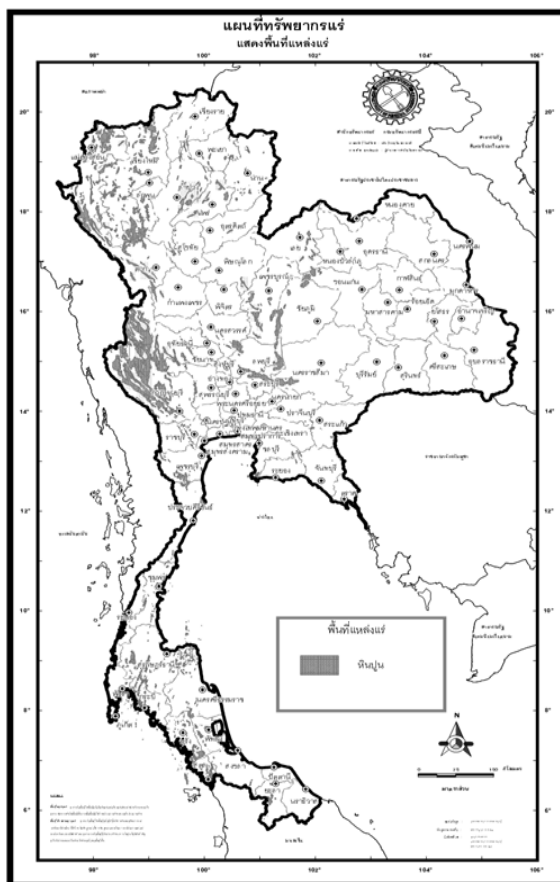
#### 3.1 การคัดเลือกกรณีศึกษา

##### 3.1.1 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้อาศัยการคัดเลือกตัวแทนของกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างในประเทศไทย โดยกลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างหรือหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วย หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินทรายเพื่อการก่อสร้าง และหินอุตสาหกรรมชนิดหินแอนดีไซต์เพื่อการก่อสร้าง (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550) ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการศึกษาค้นคว้าจำนวน 4 ชนิด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ (หัวข้อ 3.1.3) สำหรับข้อมูลการกระจายตัวของกลุ่มหินทางธรณีวิทยา แสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

##### 3.1.1.1 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง

หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเป็นกลุ่มแร่ที่มีการแพร่กระจายมากที่สุดเกือบทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ซึ่งลักษณะการกระจายตัวตามทางธรณีภาคสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ 1) ยุคออร์โดวิเซียน ซึ่งมีการแพร่กระจายกว้างขวางทางเทือกเขาด้านตะวันตกของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณจังหวัดสตูล ตรัง นครศรีธรรมราช สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี 2) ยุคเพอร์เมียน พบการแพร่กระจายกว้างขวางมากที่สุดในประเทศ ได้แก่ บริเวณจังหวัดสระบุรี นครสวรรค์ ราชบุรี เพชรบุรี และชลบุรี และ 3) ยุคไทรแอสซิก พบการแพร่กระจายที่จำกัดอยู่ในภาคเหนือบริเวณจังหวัดลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ แพร่ และน่าน (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) (รูปที่ 3.1) ทั้งนี้ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างมีค่าความแข็งของโมห์ (Moh's hardness scale) หรือมาตราความแข็งของแร่ เท่ากับ 3-4 (US Department of Transportation, 1991) และมีปริมาณสำรองในปะทานับตรและพื้นที่ศักยภาพแร่ประมาณ 297,294,000,000 ตัน (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550)



รูปที่ 3.1 พื้นที่แหล่งหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนในประเทศไทย  
ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2555)

### 3.1.1.2 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง

หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดชลบุรี ระยอง นอกจากนี้ยังพบการแพร่กระจายบริเวณภาคใต้ของประเทศ ได้แก่ จังหวัดสงขลา นราธิวาส และประจวบคีรีขันธ์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) นอกจากนี้ หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตมีค่าความแข็งของโมห์ เท่ากับ 6-7 (US Department of Transportation, 1991) และมีปริมาณสำรองในประเทานับตรและพื้นที่ศักยภาพแร่ของประเทศเท่ากับ 11,562,000,000 ตัน (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550)



### 3.1.1.3 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง

หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์พบมากในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และนครราชสีมา นอกจากนี้ยังพบการแพร่กระจายบางส่วนในบริเวณจังหวัดตราด สำหรับคุณลักษณะทางกายภาพของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์มีค่าความแข็งของโมห์ เท่ากับ 6 (US Department of Transportation, 1991)

### 3.1.1.4 การกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง

โดยทั่วไปหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์มีการแพร่กระจายในวงจำกัดอยู่บริเวณภาคกลางตอนบนของประเทศ ได้แก่ จังหวัดสระบุรี และเพชรบูรณ์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) โดยมีค่าความแข็งของโมห์ เท่ากับ 7 (US Department of Transportation, 1991)



รูปที่ 3.2 พื้นที่แหล่งหินอุตสาหกรรมในประเทศไทย

ที่มา: Tangchawal (2006)

### 3.1.2 สถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง

จากข้อมูลทางธรณีวิทยาดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าแร่จำพวกหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างมีการกระจายตัวตามลักษณะภูมิประเทศส่งผลให้สถานประกอบการฯ ดังกล่าวต้องดำเนินการในบริเวณที่มีการกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมชนิดนั้น ๆ ทั้งนี้ ข้อมูลแหล่งที่ตั้งและจำนวนของสถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย อุตสาหกรรมหินปูนเพื่อการก่อสร้าง อุตสาหกรรมหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง อุตสาหกรรมหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง และอุตสาหกรรมหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง จำแนกตามภูมิภาคประเทศและข้อมูลใบอนุญาตประทานบัตรประกอบกิจการเหมืองแร่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างของประเทศไทย

| ภูมิภาค            | จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง (โรง) |           |            |             |
|--------------------|---|-----------|------------|-------------|
|                    | หินปูน  | หินแกรนิต | หินบะซอลต์ | หินโรโอไลต์ |
| เหนือ              | 55  | -         | -          | -           |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 29  | -         | 34         | -           |
| กลาง               | 89  | 4         | -          | 1           |
| ตะวันตก            | 22  | -         | -          | -           |
| ตะวันออก           | 22  | 16        | 2          | -           |
| ใต้                | 40  | 7         | -          | -           |
| รวม                | 257   | 27        | 36         | 1           |

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (2559)

### 3.1.3 การคัดเลือกตัวแทนของกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดต่อประสานงานไปยังสถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างทุกชนิดหิน และคัดเลือกตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างโดยพิจารณาจากข้อมูลการกระจายตัวตามลักษณะภูมิประเทศของหินอุตสาหกรรมแต่ละชนิด รวมไปถึงความสมัครใจของผู้ประกอบการฯ ตลอดจนแผนนโยบายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของสถานประกอบการฯ นั้น จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสามารถคัดเลือกตัวแทนได้ทั้งสิ้น 18 โรงงาน (กรณีศึกษา) ประกอบด้วย

- อุตสาหกรรมหินปูนเพื่อการก่อสร้างจำนวน 11 โรงงาน ประกอบด้วยสถานประกอบการในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี 3 โรงงาน จังหวัดสระบุรี 3 โรงงาน

จังหวัดชลบุรี 1 โรงงาน จังหวัดเพชรบุรี 1 โรงงาน จังหวัดกาญจนบุรี 2 โรงงาน และจังหวัดราชบุรี 1 โรงงาน

- อุตสาหกรรมหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างจำนวน 3 โรงงาน ประกอบด้วยสถานประกอบการในพื้นที่จังหวัดชลบุรีจำนวน 3 โรงงาน
- อุตสาหกรรมหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างจำนวน 3 โรงงาน ประกอบด้วยสถานประกอบการในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ 1 โรงงาน จังหวัดสุรินทร์ 1 โรงงาน และจังหวัดนครราชสีมา 1 โรงงาน และ
- อุตสาหกรรมหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างจำนวน 1 โรงงาน ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี

ทั้งนี้ กลุ่มตัวแทนอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างจำนวน 18 โรงงานนี้เป็นตัวแทนการศึกษาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดมากที่สุด (รูปที่ 3.2)

### 3.2 การกำหนดขอบเขตการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตามแนวทางการประเมินของ The Greenhouse Gas Protocol: Revised Edition (World Resources Institute and World Business Council on Sustainable Development, 2004) และ (World Resources Institute, 2014) ครอบคลุม ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) และ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions): พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง ได้แก่ 1) กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง ประกอบด้วย การเจาะระเบิด การขุด การตัดและการขนส่งลำเลียง และ 2) กิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด ได้แก่ การระเบิดชั้นหิน

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission): พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้พลังงานของสถานประกอบการ ได้แก่ 3) การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วย การป้อนหินใหญ่ การบดชั้นต้น/สอง การคัดขนาดและการขนส่งลำเลียงหินไม่

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ซึ่งกล่าวถึงรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ทั้งนี้ รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ กิจกรรมหรือแหล่งที่ก่อให้เกิดการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิด ที่เกิดจากกระบวนการทำเหมืองแร่และกระบวนการของโรงโม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

### 3.3 การลงพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษารั้งนี้ ทำได้โดยการลงพื้นที่ภาคสนาม อาศัยการสังเกตกระบวนการผลิตและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในเชิงลึก และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ได้แก่ ข้อมูลปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิด ประเภทและจำนวนของยานพาหนะและเครื่องจักรที่อยู่ภายใต้การดำเนินงานของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างในแต่ละโรงงาน ในงานนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละกิจกรรม ครอบคลุมระยะเวลา 2 ปี (มกราคม ถึง ธันวาคม) ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 โดยการลงพื้นที่และบันทึกข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และแบบฟอร์ม (Template) การเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.2 ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก    | ข้อมูลกิจกรรม                                  | แหล่งที่มา           |
|---------------------------------|--|----------------------|
| ขอบเขตที่ 1 (Direct Emissions)  | กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง                        | -สอบถามข้อมูล        |
|                                 | ได้แก่ การเจาะระเบิด                           | -ใบเสร็จค่าน้ำมัน    |
|                                 | การขุดและตัก และการขนส่งลำเลียง                | -สอบถามข้อมูล        |
|                                 | กิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด                       | -ใบอนุญาตมีฤทธิ์ถาวร |
| ขอบเขตที่ 2 (Indirect Emission) | ได้แก่ การระเบิดชั้นหิน                        | -สอบถามข้อมูล        |
|                                 | กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า                             | -สอบถามข้อมูล        |
|                                 | ได้แก่ การป้อนหินใหญ่ การบด                    | -ใบเสร็จค่าไฟฟ้า     |
|                                 | ขั้นต้น/สอง การคัดขนาดและการขนส่งลำเลียงหินโม่ |                      |

### 3.4 การประเมินและเปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

#### 3.4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างได้ทำการประเมินตามหลักการของ The Greenhouse Gas Protocol (World Resources Institute and World Business Council on Sustainable Development, 2004) และ (World Resources Institute, 2014) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรม (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) ISO 14064-1 (International Organization for Standardization, 2006) และ ISO/TR 14069:2013 (International Organization for Standardization, 2013) ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แต่ละประเทศกำหนดไว้ โดยผลการคำนวณแสดงในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub>-eq) ดังสมการ 3-1

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)} \quad (3-1)$$

โดย:

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แสดงในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>-eq)

ข้อมูลกิจกรรม = ข้อมูลกิจกรรมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง วัสดุระเบิดและไฟฟ้า แสดงในหน่วยของ ลิตร (L) กิโลกรัม (kg) และ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมต่างๆ แสดงในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยของกิจกรรม (kgCO<sub>2</sub>-eq/หน่วย) (แสดงดังตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| ชนิด             | ค่าสัมประสิทธิ์<br>(kgCO <sub>2</sub> -eq/หน่วย) | หน่วย | แหล่งที่มา  |
|------------------|--|-------|---|
| น้ำมันดีเซล      | 2.745  | L     | Intergovernmental Panel on Climate Change (2010)    |
| แอมโมเนียมไนเตรท | 2.390432   | kg    | United State Environmental Protection Agency (1995) |
| ไฟฟ้า            | 0.5113   | kWh   | องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554)            |

จากหลักการดังกล่าวข้างต้น การประเมินก๊าซเรือนกระจกในการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการโดยใช้สมการ (3-2) – (3-4) ซึ่งแต่ละสมการมีขอบเขตการคำนวณดังนี้

- ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) พิจารณาจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{-eq)} = \text{ปริมาณดีเซล (L)} \times \text{EF ของการใช้ดีเซล (kgCO}_2\text{/L)} \quad (3-2)^*$$

\*สมการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงอ้างอิงจาก *IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories, Volume 2 Energy. Chapter 3 Mobile Combustion.*

- ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) พิจารณาจากกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{-eq)} = \text{ปริมาณวัตถุระเบิด (kg)} \times \text{EF ของการใช้วัตถุระเบิด (kgCO}_2\text{/kg)} \quad (3-3)$$

- ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) พิจารณาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{-eq)} = \text{ปริมาณไฟฟ้า (kWh)} \times \text{EF ของการใช้ไฟฟ้า (kgCO}_2\text{/kWh)} \quad (3-4)$$

การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกในการศึกษารั้วนี้ดำเนินการโดยประเมินความเข้มข้นและเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด หิน ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

### 3.4.2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจก

#### 3.4.2.1 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างได้ประเมินในรูปแบบความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก CO<sub>2</sub>-eq/ton (World Resources Institute, 2014)

#### 3.4.2.2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตหินชนิดต่างๆ

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดแสดงผลในรูปแบบความเข้มข้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกและทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิด ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุระเบิดและการใช้ไฟฟ้า

#### 3.4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละกิจกรรม

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดคำนวณได้จากกิจกรรมต่างๆ ของการผลิตหิน ครอบคลุมกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุระเบิดและการใช้ไฟฟ้า

นำผลการประเมินความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตหินแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน รวมถึงเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตหิน อีกทั้ง ศึกษาความแตกต่างของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดด้วย

ทั้งนี้ ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตหินแต่ละชนิดรายงานในรูปแบบของค่าเฉลี่ย 2 ปี (ระหว่าง พ.ศ. 2557-2558) ดังแสดงในสมการที่ 3-5

$$\text{ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจก(CO}_2\text{-eq/ton)} = \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก(CO}_2\text{-eq)/ปริมาณการผลิต(ton)} \quad (3-5)$$

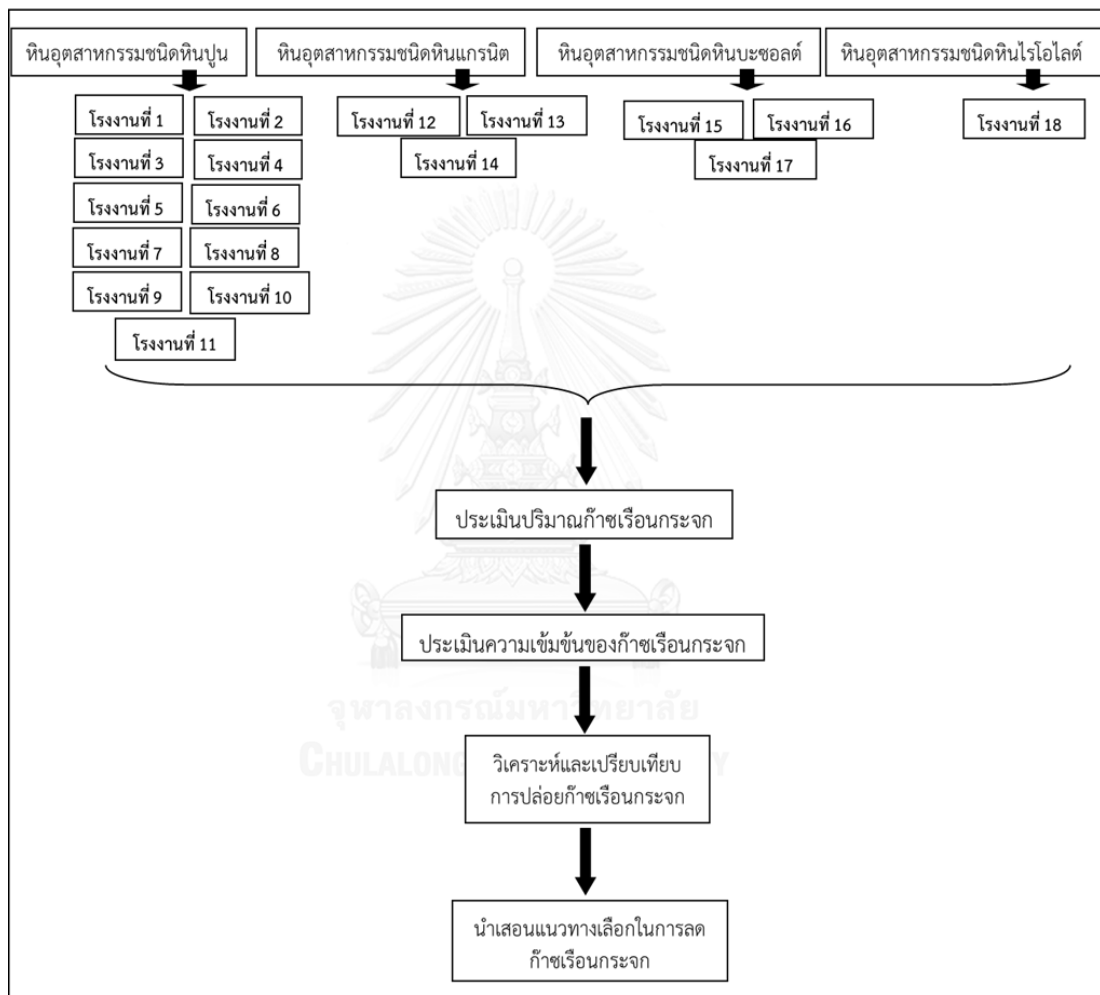
โดย

ความเข้มข้นปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ แสดงในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันการผลิต (tCO<sub>2</sub>-eq/ton)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิด  
ต่างๆ แสดงในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>-eq)

ปริมาณการผลิต = ปริมาณผลิตภัณฑ์ของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแสดงใน  
หน่วยตัน (ton)

ทั้งนี้ ขั้นตอนการคำนวณและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละชนิด  
หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง สรุปรายละเอียดไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 สรุปขั้นตอนศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต  
หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

### 3.5 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty)

การประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้ รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเรือนกระจกจากแหล่ง



อ้างอิงต่างๆ โดยการกำหนดค่าคะแนนความไม่แน่นอนและระดับคุณภาพของข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 3.4-3.6 ทั้งนี้ ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลจะแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ 3.4 ค่าคะแนนระดับคุณภาพข้อมูล

| รายการ              | ระดับคุณภาพของข้อมูล  |                                    |                               |
|---------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
| ลักษณะการเก็บข้อมูล | X = 6 คะแนน   | Y = 3 คะแนน                        | Z = 1 คะแนน                   |
|                     | เก็บข้อมูลอย่าง<br>ต่อเนื่องด้วยการ<br>ติดตั้งระบบอัตโนมัติ | เก็บข้อมูลจากมิเตอร์<br>และใบเสร็จ | เก็บข้อมูลจากการ<br>ประมาณค่า |

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2558)

ตารางที่ 3.5 ค่าคะแนนสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| สัมประสิทธิ์การ<br>ปล่อยก๊าซเรือน<br>กระจก | A = 4 คะแนน              | B = 3 คะแนน | C = 2 คะแนน | D = 1 คะแนน |
|--|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
|  | จากการวัดที่มี<br>คุณภาพ | จากผู้ผลิต  | ระดับประเทศ | ระดับสากล   |

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2558)

ตารางที่ 3.6 ระดับคะแนนและเกณฑ์การประเมินความไม่แน่นอน

| ระดับ | ระดับคะแนนของข้อมูล | คำอธิบาย                                       |
|-------|---------------------|--|
| 1     | 1-6                 | มีความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี        |
| 2     | 7-12                | มีความไม่แน่นอนเล็กน้อย คุณภาพของข้อมูลปานกลาง |
| 3     | 13-18               | มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดี           |
| 4     | 19-24               | มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม     |

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2558)

### 3.6 การระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

การจำแนกแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมครอบคลุมขอบเขตที่ 1 ได้แก่ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงและการใช้ตัวถูกระเบิด และขอบเขตที่ 2 ได้แก่ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการระบุปัจจัยที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดอันจะนำไปสู่แนวทางลด

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมต่อไป และจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างมีทั้งสิ้น 3 กิจกรรมประกอบไปด้วย

### 3.6.1 กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง

การระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ผู้วิจัยได้พิจารณากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิต ประกอบด้วย ชนิดของเชื้อเพลิง (Fuel Type) กำลังของยานพาหนะ (Power) ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ (Average Speed) น้ำหนักบรรทุก (Loads) และการจัดการระบบขนส่ง (Logistics Management) แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.8

### 3.6.2 กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าและการใช้วัตถุระเบิด

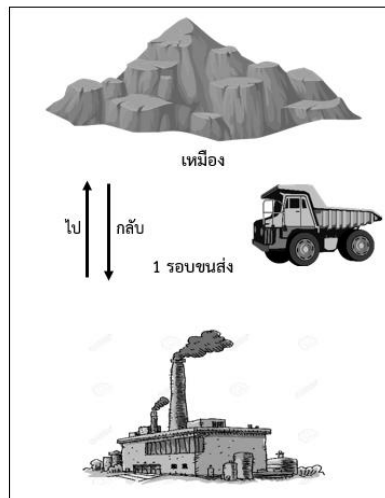
การระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างต้องพิจารณาถึงข้อมูลกำลังของเครื่องจักร (Power) อายุการใช้งานและการดูแลรักษาของเครื่องจักร และกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด สามารถพิจารณาข้อมูลได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม สังเกตการณ์และสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเชิงลึก

## 3.7 การจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม

จากการระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์ (Scenario) สำหรับวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงได้ และจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่ง ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ น้ำหนักบรรทุกหิน ชนิดของเชื้อเพลิงและกำลังของยานพาหนะ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบลงพื้นที่ภาคสนามและจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง

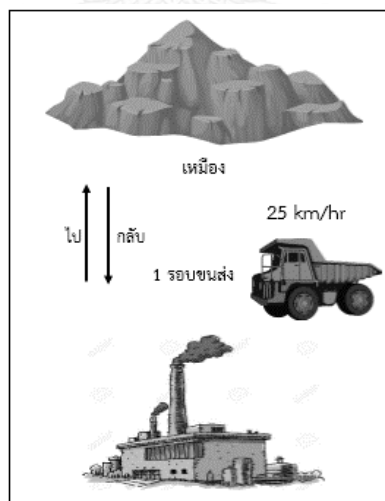
การจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่ง ครอบคลุม 1 รอบการขนส่ง ในระยะทางประมาณ 7 กิโลเมตร (โดยออกแบบให้ยานพาหนะจาก โรงโม่-เหมือง-โรงโม่ ใน 1 รอบขนส่ง) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) สถานการณ์ที่ 1 ออกแบบการขนส่งโดยใช้ยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ดีเซล และกำลัง 270 แรงม้า ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 สถานการณ์ที่ 1

2) สถานการณ์ที่ 2 การปรับเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ย (Average Speed): ทำได้โดยการออกแบบการขนส่งหินด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ปรับลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเป็น 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากการทบทวนงานวิจัยของ Kecojevic และ Komljenovic (2010) พบว่า การขนส่งด้วยความเร็วเฉลี่ยที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สถานการณ์ที่ 2

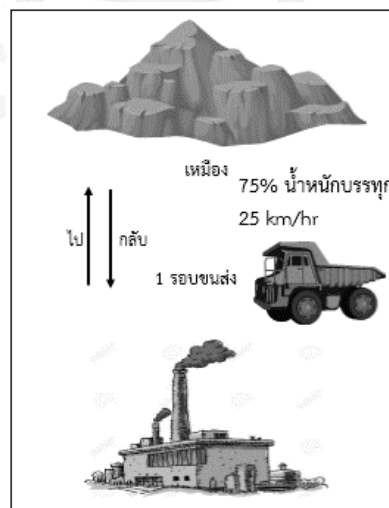
3) สถานการณ์ที่ 3 การปรับเปลี่ยนน้ำหนักบรรทุก (Loads): ทำได้โดยการออกแบบการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็นร้อยละ 75 เทียบกับน้ำหนักบรรทุกในสถานการณ์

ที่ 1 เนื่องจากการทบทวนงานของ Kecojevic และ Komljenovic (2010) พบว่า การขนส่งด้วย  
 น้ำหนักบรรทุกที่ลดลงสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



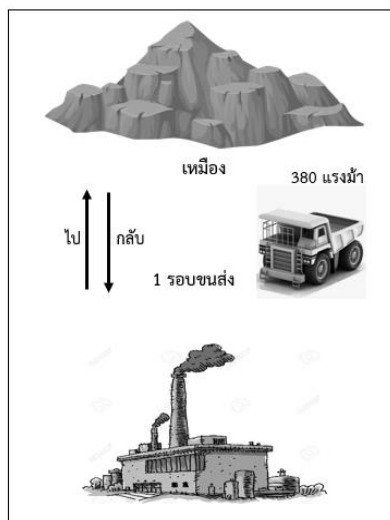
รูปที่ 3.7 สถานการณ์ที่ 3

4) สถานการณ์ที่ 4 การปรับเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) และน้ำหนักบรรทุก  
 (Loads): ทำได้โดยการออกแบบการขนส่งหินด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิด  
 ดีเซล ปรับลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเป็น 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็น  
 ร้อยละ 75 เทียบกับน้ำหนักบรรทุกในสถานการณ์ที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.8



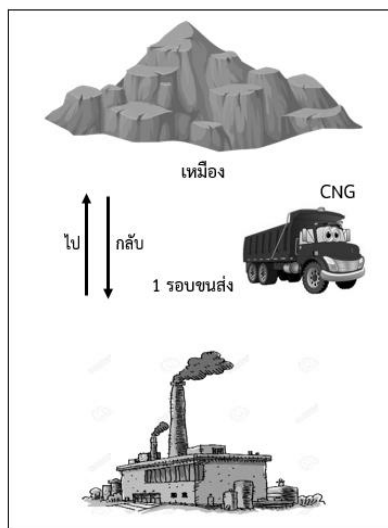
รูปที่ 3.8 สถานการณ์ที่ 4

5) สถานการณ์ที่ 5 การปรับเปลี่ยนกำลังของยานพาหนะ (Power): ทำได้โดยการออกแบบระบบขนส่งที่มีการปรับเปลี่ยนยานพาหนะที่มีกำลัง 380 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากการทบทวนงานวิจัยของ Kecojevic และ Komljenovic (2010) พบว่าการขนส่งด้วยยานพาหนะที่กำลังแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สถานการณ์ที่ 5

6) สถานการณ์ที่ 6 การใช้เชื้อเพลิงทางเลือก: ทำได้โดยกำหนดและเลือกยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติ (Compressed Natural Gas: CNG) กำลัง 380 แรงม้า ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขนส่งหินครอบคลุมระยะทาง 1 รอบการขนส่ง เนื่องจากผลการทบทวนงานวิจัยของ Delgado และ Muncrief (2015) พบว่า ยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดก๊าซธรรมชาติมีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อยกว่ายานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 3.10

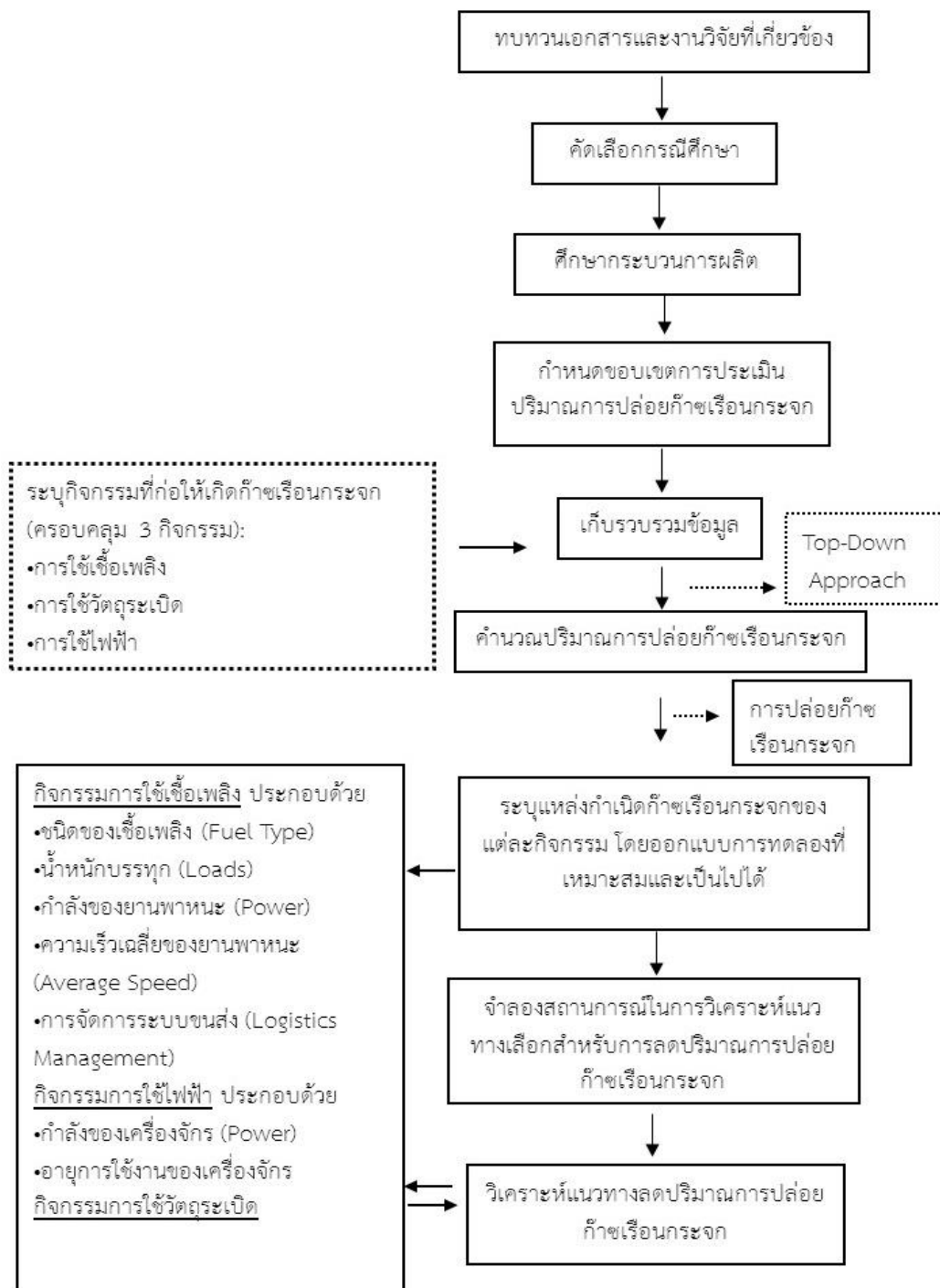


รูปที่ 3.10 สถานการณ์ที่ 6

### 3.8 การวิเคราะห์แนวทางเลือกในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การวิเคราะห์และเสนอแนวทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำได้โดยพิจารณาจากการจำลองสถานการณ์สำหรับกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง และสำหรับกิจกรรมการใช้วัตถุดิบและกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า ผู้วิจัยได้พิจารณาจากขั้นตอนกระบวนการผลิตและรูปแบบของการทำงานของเครื่องจักรภายใต้การดำเนินงานของตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง และคู่มือพัฒนาผลผลิตและประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่และโรงโม่หินของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปขั้นตอนการศึกษาในส่วนของระเบียบวิธีวิจัยได้โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 สรุปขั้นตอนการศึกษา

## บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

### 4.1 ข้อมูลกิจกรรมโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

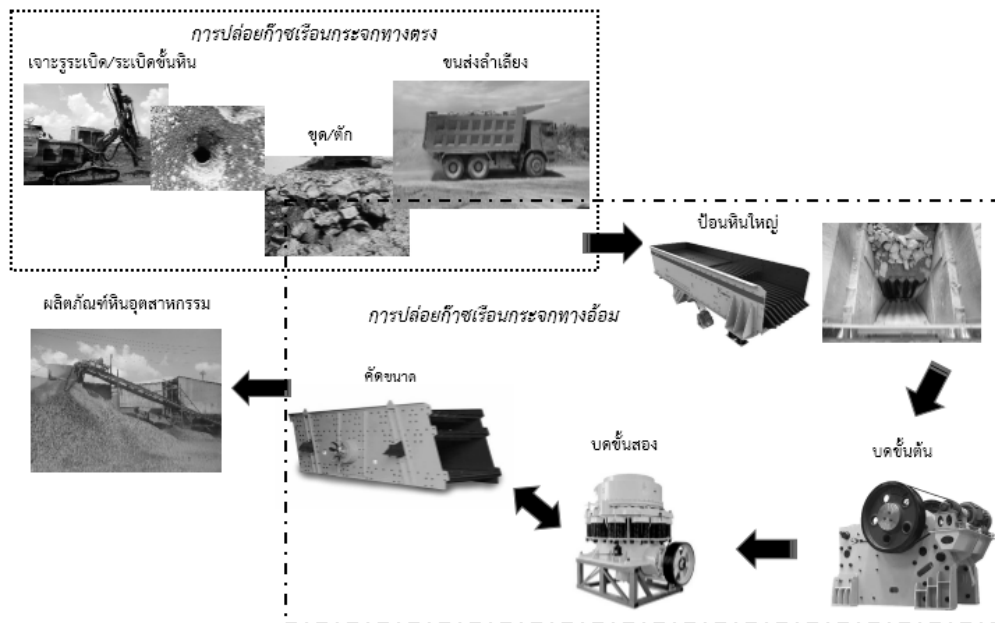
การศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแทนโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้งสิ้น 18 โรงงาน สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย โรงงานหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง จำนวน 11 โรงงาน โรงงานหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง จำนวน 3 โรงงาน โรงงานหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง จำนวน 3 โรงงาน และโรงงานหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง จำนวน 1 โรงงาน โดยคัดเลือกตัวแทนการศึกษาดังกล่าวจากการกระจายตัวของกลุ่มแร่ตามลักษณะภูมิประเทศของหินอุตสาหกรรมแต่ละชนิดและความสมัครใจของสถานประกอบการฯ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนามสมมติ (A-R) เป็นตัวแทนของโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดหิน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และรูปตัวแทนโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.1 ตัวแทนโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

| ชนิดหินอุตสาหกรรม | ชื่อตัวแทนโรงงาน | จำนวน (โรงงาน) |
|-------------------|------------------|----------------|
| หินปูน            | A - K            | 11             |
| หินแกรนิต         | L - N            | 3              |
| หินบะซอลต์        | O - Q            | 3              |
| หินโรโอไลต์       | R                | 1              |
| รวม               |                  | 18             |

สำหรับภาพรวมของกิจกรรมการผลิตของโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดหินสามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนกระบวนการเหมืองแร่ (Quarrying) ประกอบด้วยกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิดและการใช้เชื้อเพลิง และ 2) ส่วนกระบวนการโรงโม่หิน (Milling) ประกอบด้วย การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์และเครื่องจักร (ภาคผนวก ค) ซึ่งในแต่ละกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมของกรณีศึกษาทั้ง 18 โรงงานมีลักษณะและขั้นตอนการผลิตแบบเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการเจาะระเบิดหิน ขนส่งและบดย่อย ตามลำดับ โดยรายละเอียดขอบเขตกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนการผลิต แสดงดังรูปที่ 4.1





**รูปที่ 4.1** แผนภาพกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

สำหรับแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างครอบคลุมขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) และ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) โดยรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ปี (พ.ศ.2557-2558) ส่วนขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect Emission) เป็นกิจกรรมที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

| ขอบเขต  | กิจกรรม   | หน่วย                           | ปี (พ.ศ.) | แหล่งที่มา                         |
|---|---|---------------------------------|-----------|------------------------------------|
| ขอบเขตที่ 1: การปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจกทางตรง<br>(Direct Emissions)   | การใช้เชื้อเพลิง:<br>น้ำมันดีเซล                        | ลิตร/<br>เดือน                  | 2557-2558 | -ใบเสร็จค่าน้ำมัน<br>-สอบถามข้อมูล |
|   | การใช้วัตถุระเบิด:<br>แอมโมเนียม<br>ไนเตรท (ANFO)       | กิโลกรัม/<br>เดือน              | 2557-2558 | -ใบอนุญาตมีซึ่ง<br>ยุทธภัณฑ์       |
| ขอบเขตที่ 2: การปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม<br>(Indirect Emission) | การใช้ไฟฟ้า<br>สำหรับเครื่องจักร<br>ในกระบวนการ<br>ผลิต | กิโลวัตต์-<br>ชั่วโมง/<br>เดือน | 2557-2558 | -ใบเสร็จค่าไฟฟ้า                   |

#### 4.2 ผลคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง พิจารณาจากกิจกรรมการดำเนินงานของโรงงานหินอุตสาหกรรมทั้ง 18 โรงงาน (กรณีศึกษา) คำนวณได้จากข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ในแต่ละกิจกรรม นั้นๆ ซึ่งกำหนดไว้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 4.3) ดังแสดงในสมการ 3-1 (กล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.5.1)

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| ชนิด             | ค่าสัมประสิทธิ์<br>(kgCO <sub>2</sub> -eq/หน่วย) | หน่วย | แหล่งที่มา  |
|------------------|--|-------|---|
| น้ำมันดีเซล      | 2.745  | L     | Intergovernmental Panel on Climate Change (2010)    |
| CNG              | 2.2472   | kg    | Intergovernmental Panel on Climate Change (2010)    |
| แอมโมเนียมไนเตรท | 2.390432   | kg    | United State Environmental Protection Agency (1995) |
| ไฟฟ้า            | 0.5113   | kWh   | องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554)            |

ผลคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดตัวแทน การศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิต เพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหิน ไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

#### 4.2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง

ตัวแทนหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งสิ้น 11 โรงงาน คือ โรงงาน A – K ซึ่งข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล การใช้ไฟฟ้า การใช้ แอมโมเนียมไนเตรทและปริมาณการผลิตของตัวแทนศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลเฉลี่ยใน ระยะเวลา 2 ปี ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แผนที่ตั้งตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง

### กลุ่มที่ 1: โรงงาน A-C จ.สระบุรี

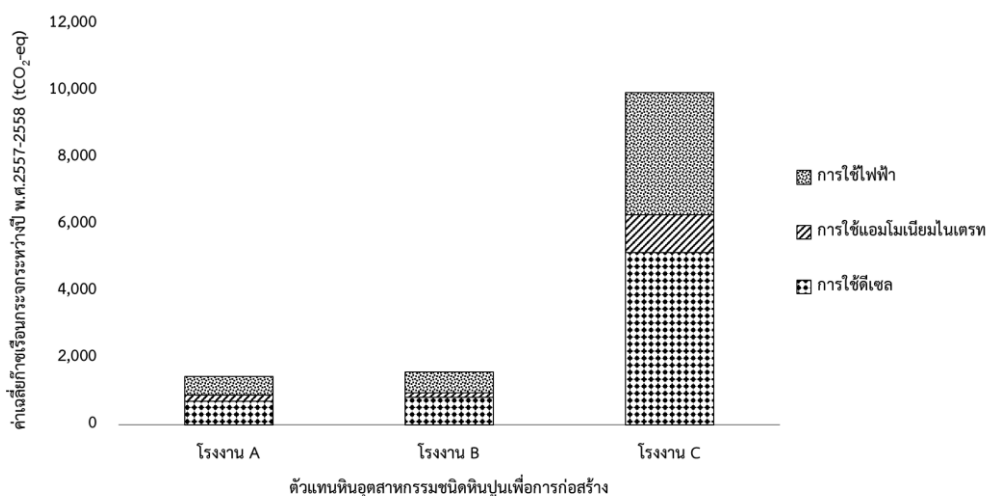
ตัวแทนศึกษาประเภทหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนกลุ่มที่ 1 (โรงงาน A-C) มีพื้นที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรี ผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนเฉลี่ย 1,492,593 ตันต่อปี

จากการสัมภาษณ์ตัวแทนการศึกษาพบว่า โรงงาน C มีแผนเร่งการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 จึงทำให้ค่าการผลิตของโรงงาน C ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 มีสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับโรงงาน A และ B ที่มีอัตราการผลิตในระดับปกติ ซึ่งข้อมูลปริมาณการผลิตหินดังกล่าวย่อมมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้วัตถุดิบและไฟฟ้าในกระบวนการผลิต รวมไปถึงน้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับยานพาหนะในการขนส่งลำเลียงหินจากบริเวณหน้าเหมืองไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ จากข้อสังเกตพบว่าโรงงาน B ซึ่งมีปริมาณผลผลิตหินน้อยกว่าโรงงาน A หากแต่มีปริมาณการใช้ดีเซลที่สูงกว่า ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากระยะทางการขนส่งหินจากบริเวณหน้าเหมืองมายังโรงโม่ของโรงงาน B (1 รอบการขนส่งระยะทางประมาณ 7 กิโลเมตร) มีระยะทางที่ไกลกว่าโรงงาน A อีกทั้ง มีลักษณะเส้นทางที่ขรุขระและลาดชัน จึงอาจส่งผลทำให้โรงงาน B มีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่สูง ทั้งนี้ โรงงาน A-C มีการใช้ทรัพยากรดังกล่าวสำหรับการผลิตหินเท่ากับ 211,591 กิโลกรัม แอมโมเนียมไนเตรท 4,602,216 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ไฟฟ้า) และ 813,235 ลิตร (น้ำมันดีเซล) โดยเฉลี่ยต่อปี (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน A-C เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต<br>(ตัน) | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| A      | 801,592                | 255,839               | 1,095,978                    | 77,610                         |
| B      | 604,005                | 301,512               | 948,560                      | 58,697                         |
| C      | 3,072,182              | 1,882,352             | 7,159,893                    | 498,465                        |

จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรทั้ง 3 กิจกรรมข้างต้น สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างในแต่ละโรงงาน A-C ได้ โดยพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 6,524 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปี โดยการใช้ น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น (รูปที่ 4.3)



**รูปที่ 4.3** ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ น้ำมันดีเซล วัสดุระเบิดและไฟฟ้าของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน A-C)

#### กลุ่มที่ 2: โรงงาน D-F จ.สุพรรณบุรี

ตัวแทนศึกษาประเภทหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนกลุ่มที่ 2 (โรงงาน D-F) ตั้งอยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี มีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนเฉลี่ยในปี พ.ศ.2557-2558 เท่ากับ 2,666,472 ตันต่อปี

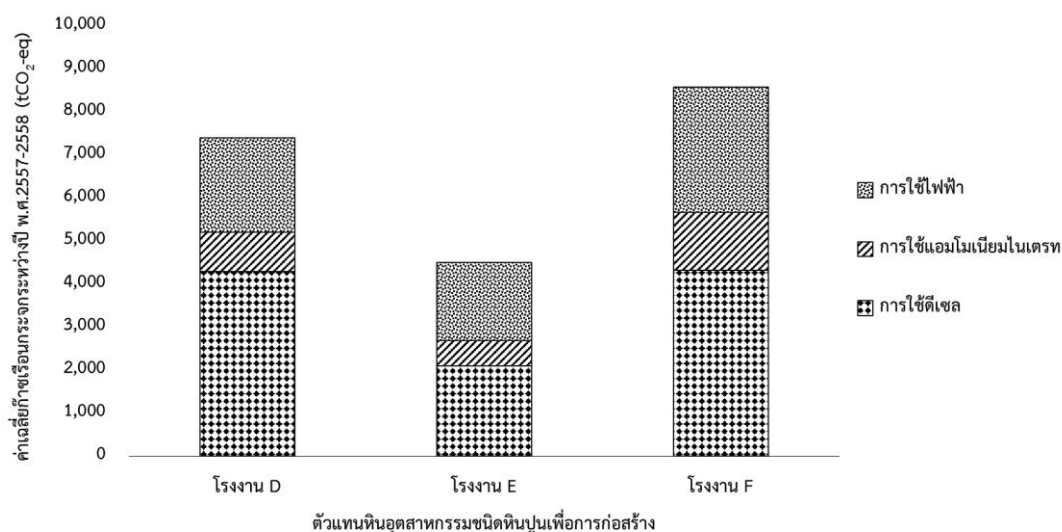
จากข้อมูลการผลิตดังกล่าวพบว่า โรงงาน F มีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 สูงเมื่อเทียบกับโรงงาน D และ E โดยมีสาเหตุมาจากโรงงาน F มีการใช้ยานพาหนะสำหรับขนส่งหินจากบริเวณหน้าเหมืองมายังโรงโม่และใช้เครื่องจักรสำหรับการบดย่อยหินในแต่ละวันมากกว่าโรงงาน D และ E ซึ่งปริมาณการผลิตหินดังกล่าวส่งผลต่อปริมาณการใช้ น้ำมันดีเซลที่ใช้ในกระบวนการขนส่ง อีกทั้ง จากข้อสังเกตพบว่าโรงงาน D ซึ่งมีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนน้อยกว่าร้อยละ 50 ของโรงงาน F หากแต่มีปริมาณการใช้ น้ำมันดีเซลสำหรับการขนส่งหินจากบริเวณเหมืองไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไปใกล้เคียงกับโรงงาน F เนื่องมาจากระยะทางระหว่างหน้าเหมืองไปยังบริเวณโรงโม่ของเพื่อนำหินเข้าสู่กระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ของโรงงาน D มีระยะทางที่ไกล (ประมาณ 5 กิโลเมตร) จึงทำให้ยานพาหนะมีใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่สูงรวมถึงการใช้ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรทของโรงงาน D พบว่ามีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบดย่อยหินและวัสดุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตหินซึ่งอาจมีสาเหตุจากเครื่องจักรของโรงงาน D เช่น เครื่องป้อนหิน (Feeder) เครื่องบดจอร์ เป็นต้น มีอายุการใช้งานที่นานและไม่ได้รับการดูแลบำรุงรักษาที่เหมาะสม จึงอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้โรงงาน D มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสูง เนื่องจากการศึกษา

ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า) สำหรับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแร่ของ Moray และคณะ (2005) พบว่าการดูแลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตแร่ได้ และจากการสังเกตกระบวนการผลิตของโรงงาน D พบว่าโรงโม่ไม่มีการทำงานของเครื่องจักรตลอดเวลาถึงแม้จะไม่มีการผลิตในกระบวนการของโรงโม่ก็ตาม ซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน สำหรับปริมาณการใช้แอมโมเนียมไนเตรทที่สูงของโรงงาน D จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่า ทางโรงงานไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลการใช้วัตถุดิบโดยเฉพาะเป็นระบบจึงอาจทำให้ข้อมูลปริมาณการใช้แอมโมเนียมไนเตรทไม่ถูกต้องและมีความคลาดเคลื่อน ขณะที่โรงงาน D-F ใช้ทรัพยากรสำหรับการผลิตหินเท่ากับ 1,300,020 ลิตร (น้ำมันดีเซล) 4,507,548 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ไฟฟ้า) และ 406,639 กิโลกรัมแอมโมเนียมไนเตรท (วัตถุดิบ) โดยเฉลี่ยต่อปี (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน D-F เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต<br>(ตัน) | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| D      | 1,425,658              | 1,562,000             | 4,276,965                    | 407,500                        |
| E      | 2,118,990              | 764,898               | 3,561,931                    | 246,924                        |
| F      | 4,454,768              | 1,573,163             | 5,683,748                    | 565,494                        |

จากข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล การใช้ไฟฟ้าและการใช้แอมโมเนียมไนเตรทซึ่งเป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบในการทำเหมือง สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมที่เกิดจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างในแต่ละโรงงาน (D-F) ได้ ผลการคำนวณพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากทั้ง 3 กิจกรรมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 6,826 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปี โดยกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งเป็นแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น (รูปที่ 4.4)



**รูปที่ 4.4** ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน D-F)

#### กลุ่มที่ 3: โรงงาน G-H จ.กาญจนบุรี

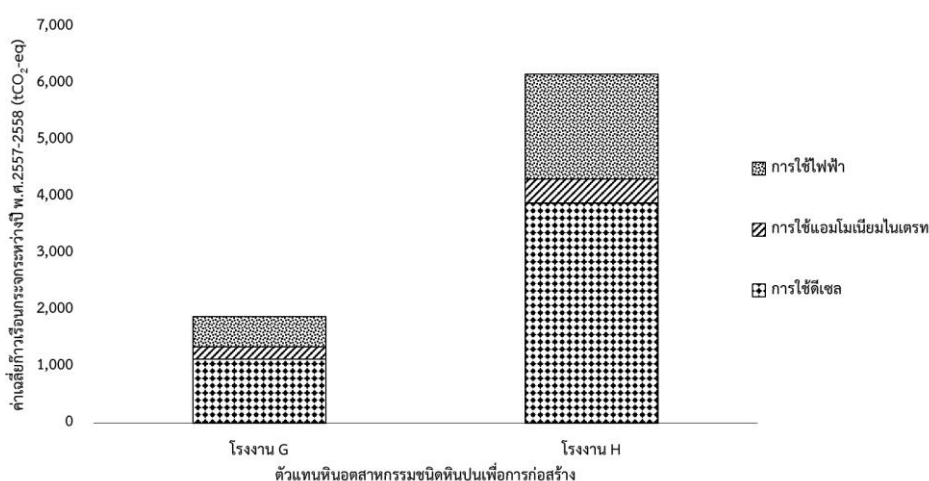
ตัวแทนศึกษาประเภทหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนกลุ่มที่ 3 มีพื้นที่ตั้งอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรี โดยโรงงาน G-H ผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างชนิดหินปูนเฉลี่ย 1,045,184 ตันต่อปี

จากการลงพื้นที่ศึกษาพบว่าโรงงาน H ซึ่งมีขนาดและพื้นที่เหมืองที่ใหญ่และมีจำนวนเครื่องจักรในกระบวนการผลิตจำนวนมาก จึงทำให้มีปริมาณการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 มีค่าสูงเมื่อเทียบกับโรงงาน G ทั้งนี้ โรงงาน G และ H มีการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตหิน ได้แก่ น้ำมันดีเซล 914,827 ลิตร ไฟฟ้า 2,342,714 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และแอมโมเนียมไนเตรท 130,260 กิโลกรัม โดยเฉลี่ยต่อปี (ตารางที่ 4.6)

**ตารางที่ 4.6** ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน G-H เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต (ตัน) | น้ำมันดีเซล (ลิตร) | ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท (กิโลกรัม) |
|--------|---------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|
| G      | 637,113             | 413,250            | 1,052,290                 | 88,900                      |
| H      | 1,453,254           | 1,416,404          | 3,633,137                 | 171,620                     |

จากข้อมูล การใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรทในกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของโรงงาน G และ H ได้เท่ากับ 4,027 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปีโดยเฉลี่ย โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแหล่งใหญ่มาจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งเมื่อเทียบกับแหล่งปล่อยอื่น (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุระเบิดและไฟฟ้าของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน G-H)

#### กลุ่มที่ 4: โรงงาน I-K จ.ชลบุรี เพชรบุรีและราชบุรี

กลุ่มที่ 4 ของตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน I-K) มีพื้นที่ตั้งอยู่ในบริเวณจังหวัดชลบุรี เพชรบุรี และราชบุรี มีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 เท่ากับ 995,126 ตันต่อปี

ผลศึกษาพบว่าโรงงาน I มีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558) น้อยเมื่อเทียบกับโรงงาน J และ K หากแต่มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในขั้นตอนการขนส่งหินจากบริเวณหน้าเหมืองไปยังโรงโม่สูงกว่าโรงงาน J และ K ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากลักษณะเส้นทางในการขนส่งลำเลียงหิน 1 รอบการขนส่ง (จากโรงโม่-หน้าเหมือง-โรงโม่) มีความขรุขระและลาดชัน อีกทั้ง มีการใช้เส้นทางขนส่งร่วมกับโรงงานข้างเคียง ทำให้ยานพาหนะที่บรรทุกหินจากบริเวณหน้าเหมืองไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไปต้องจอดรอกและขนส่งด้วยความเร็วต่ำ จึงมีปริมาณการบริโภคเชื้อเพลิงสูง ซึ่งได้มีการศึกษาของ Svenson และ Fjeld (2012) พบว่าการขนส่งของรถบรรทุกบนเส้นทางที่ขรุขระจะส่งผลทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 77 เมื่อ

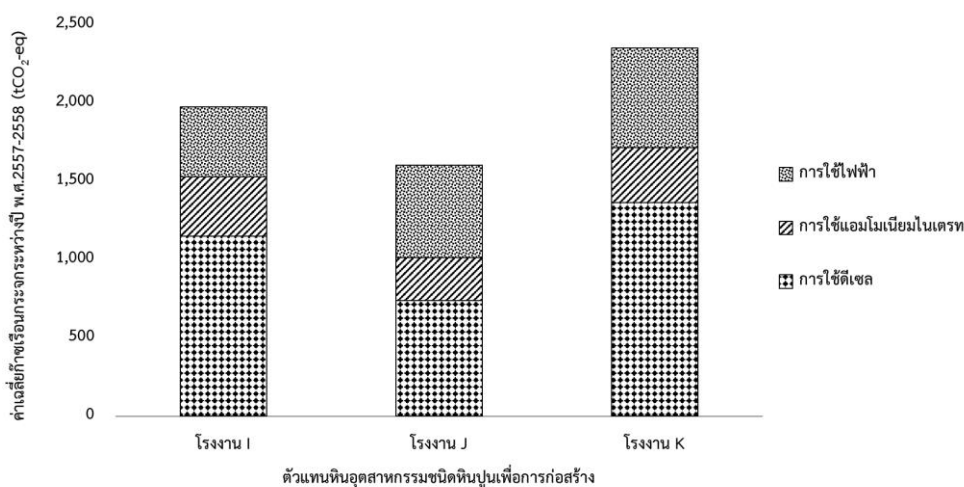


เทียบกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกบนพื้นถนนที่เรียบ และจากการศึกษาผลของความลาดชันต่อการใช้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกโดย Kecojevic and Komljenovic (2010) พบว่าเส้นทางที่มีความลาดชันแปรผันตรงกับปริมาณการใช้ดีเซลของรถบรรทุก นอกจากนี้ โรงงาน I ยังมีปริมาณการใช้แอมโมเนียมไนเตรทสูงกว่าโรงงาน J และ K จากข้อสังเกตของผู้วิจัยพบว่าทางโรงงานได้มีการจ้างบริษัทภายนอกในการดูแลและควบคุมขั้นตอนการระเบิดหิน จึงอาจทำให้คุณภาพในการบันทึกและเก็บข้อมูลการใช้วัตถุระเบิดไม่ดีนัก โดยโรงงาน I-K มีการใช้ทรัพยากรสำหรับการผลิตหิน ประกอบด้วย น้ำมันดีเซล 312,779 ลิตร ไฟฟ้า 1,037,120 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และแอมโมเนียมไนเตรท 140,463 กิโลกรัม โดยเฉลี่ยต่อปี (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน I-K เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต<br>(ตัน) | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| I      | 775,450                | 292,732               | 871,732                      | 160,046                        |
| J      | 987,525                | 149,427               | 999,757                      | 113,455                        |
| K      | 1,222,402              | 496,177               | 1,239,870                    | 147,888                        |

จากข้อมูลการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตทั้ง 3 กิจกรรม ได้แก่ การใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและวัตถุระเบิดที่มีแอมโมเนียมไนเตรทเป็นองค์ประกอบ สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างในแต่ละโรงงาน (I-K) ได้เท่ากับ 1,937 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปีโดยประมาณ ซึ่งกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลสำหรับการลำเลียงขนส่งเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น (รูปที่ 4.6)



**รูปที่ 4.6** ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้าของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน I-K)

#### 4.2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง

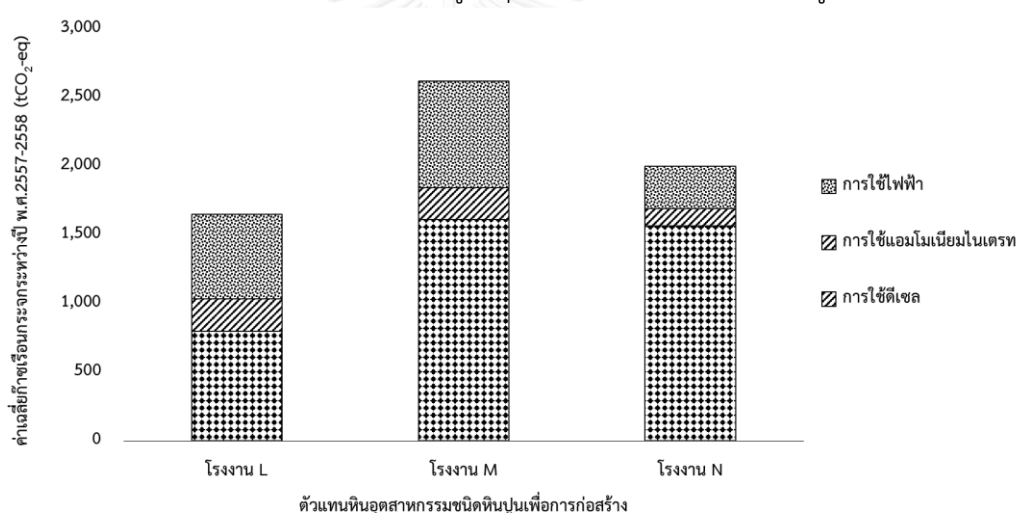
ตัวแทนกรณีศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างที่เป็นตัวแทนในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน L-N ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ซึ่งข้อมูลกิจกรรมที่ทางผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูล ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล การใช้ไฟฟ้าและการใช้แอมโมเนียมไนเตรทเป็นข้อมูลเฉลี่ยในระยะเวลา 2 ปี (ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558) สำหรับผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างของโรงงาน L-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 703,959 ตันต่อปี

ผลศึกษาพบว่าโรงงาน L ซึ่งมีปริมาณผลผลิตหินเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 สูงกว่าโรงงาน N หากแต่โรงงาน L ใช้น้ำมันดีเซล สำหรับขนส่งลำเลียงหินจากบริเวณหน้าเหมืองไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไปที่น้อยกว่าโรงงาน N สาเหตุเนื่องมาจากระยะทางระหว่างบริเวณหน้าเหมืองและโรงโม่ของโรงงาน L มีระยะทางที่สั้นกว่าโรงงาน M และ N (ประมาณ 1 กิโลเมตร) จึงทำให้ยานพาหนะขนส่งลำเลียงหินเพื่อผลิตในขั้นตอนต่อไปในระยะทางที่สั้น ส่งผลให้มีปริมาณการใช้ดีเซลที่น้อย นอกจากนี้ จากการลงพื้นที่พบว่าโรงงาน L มีการใช้วัตถุประสงค์จำพวกแอมโมเนียมไนเตรทที่สูงกว่าโรงงาน M และ N ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรงงานดังกล่าวไม่ได้บันทึกข้อมูลการใช้วัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบ อีกทั้ง มีการจ้างบริษัทภายนอกมาควบคุมและดูแลกระบวนการระเบิดหิน จึงอาจส่งผลทำให้ข้อมูลการใช้วัตถุประสงค์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้ โรงงาน L-N ใช้ทรัพยากร น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรทซึ่งเป็นส่วนประกอบของวัตถุประสงค์เท่ากับ 483,511 ลิตร 1,109,139 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 82,162 กิโลกรัมเฉลี่ยต่อปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน L-N เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต<br>(ตัน) | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| L      | 662,454                | 291,732               | 1,202,359                    | 97,937                         |
| M      | 948,860                | 588,301               | 1,517,180                    | 96,200                         |
| N      | 500,562                | 570,500               | 607,877                      | 52,350                         |

จากข้อมูลกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าและกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด จำพวกแอมโมเนียมไนเตรท สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างของโรงงาน L-N ได้ ซึ่งผลคำนวณทั้ง 3 กิจกรรมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,091 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปี โดยการใช้้ำมันดีเซลสำหรับลำเลียงขนส่งหิน นับเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น (รูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.7 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุระเบิดและไฟฟ้า

ของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน L-N)

#### 4.2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง

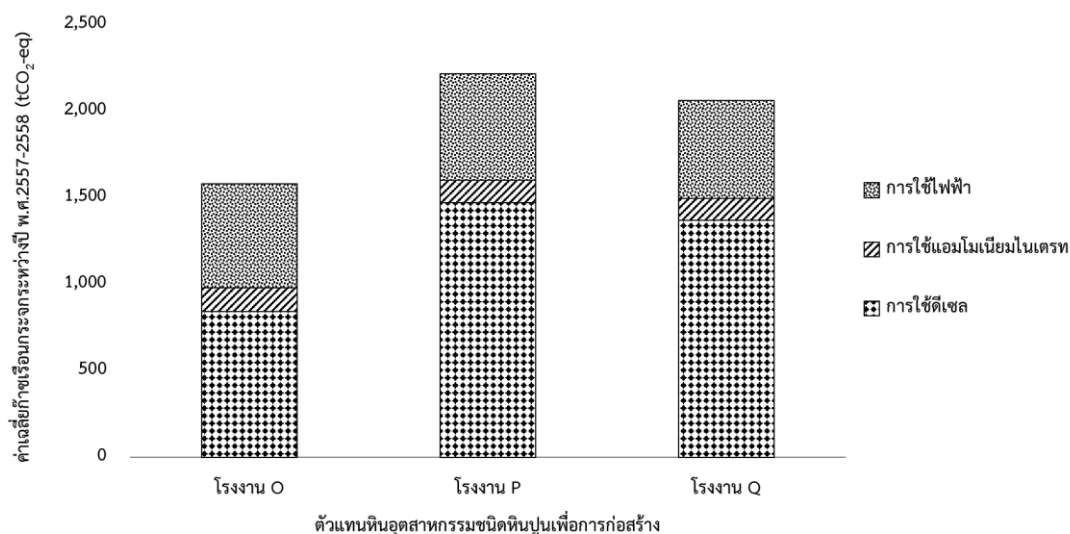
ตัวแทนหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างในการศึกษารั้งนี้มีทั้งสิ้น 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน O - Q ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ และนครราชสีมา ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลกิจกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล การใช้ไฟฟ้าและการใช้วัตถุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรท สำหรับผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน O-Q) เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 มีค่าเท่ากับ 683,157 ตันต่อปี โดยประมาณ

ผลการรวบรวมข้อมูลพบว่าโรงงาน O มีปริมาณการผลิตหินต่ำกว่าโรงงาน P และ Q หากแต่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 ใกล้เคียงกับโรงงาน P และ Q จากข้อสังเกตพบว่าเครื่องจักรสำหรับกระบวนการบดและย่อยหินในกระบวนการโรงโม่ของโรงงานดังกล่าว เช่น เครื่องบดจอร์ เครื่องบดแบบโค่น เป็นต้น ไม่ได้รับการดูแลรักษา ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในโรงงาน จึงอาจส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าของโรงงาน O มีค่าสูงกว่าโรงงานอื่นๆ (Moray และคณะ, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าโรงงานดังกล่าว มีปริมาณการใช้วัตถุดิบที่สูงกว่าโรงงานอื่น สาเหตุเนื่องมาจากคุณภาพการบดบดและจัดเก็บข้อมูลการใช้วัตถุดิบไม่ค่อยดีนัก ทั้งนี้ ค่าการผลิตหินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุดิบและการใช้ไฟฟ้า โดยโรงงาน O-Q มีการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตหินดังกล่าวเท่ากับ 447,406 ลิตร (น้ำมันดีเซล) 50,918 กิโลกรัม แอมโมเนียมไนเตรทและ 1,218,664 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ไฟฟ้า) โดยเฉลี่ยต่อปี (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน O-Q เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | ปริมาณการผลิต<br>(ตัน) | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| O      | 582,481                | 307,336               | 1,357,614                    | 52,189                         |
| P      | 809,131                | 536,000               | 1,196,748                    | 50,370                         |
| Q      | 657,858                | 499,481               | 1,101,630                    | 50,195                         |

จากข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล การใช้ไฟฟ้าและการใช้วัตถุดิบจำพวกแอมโมเนียมไนเตรท สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมอันเกิดจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างในของโรงงาน O-Q โดยผลคำนวณพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้ง 3 กิจกรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,962 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปี ซึ่งกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลสำหรับการลำเลียงขนส่งลำเลียงผลผลิตหินบะซอลต์เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสูงสุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น (รูปที่ 4.8)



**รูปที่ 4.8** ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัสดุระเบิดและไฟฟ้าของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน O-Q)

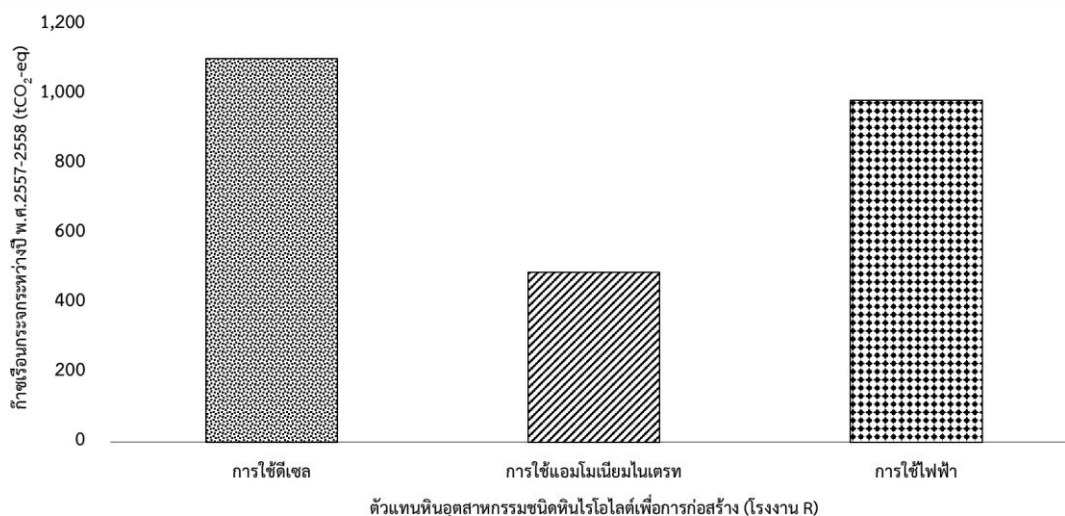
#### 4.2.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอลด์เพื่อการก่อสร้าง

หินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอลด์เพื่อการก่อสร้างที่เป็นตัวแทนในการศึกษาคั้งนี้มี 1 โรงงาน (โรงงาน R) ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นเหมืองอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอลด์เพื่อการก่อสร้างแห่งเดียวในประเทศไทย โดยมีผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอลด์เพื่อการก่อสร้างเฉลี่ย 1,062,178 ตันต่อปี ดังตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้า และวัสดุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

**ตารางที่ 4.10** ข้อมูลกิจกรรมของโรงงาน R เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

| โรงงาน | น้ำมันดีเซล<br>(ลิตร) | ไฟฟ้า<br>(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | แอมโมเนียมไนเตรท<br>(กิโลกรัม) |
|--------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| R      | 401,835               | 2,077,979                    | 204,935                        |

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมดังกล่าว สามารถคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกวมซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตของหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอลด์เพื่อการก่อสร้างของโรงงาน R ได้เท่ากับ 2,575 tCO<sub>2</sub>-eq ต่อปีโดยประมาณ ทั้งนี้ การใช้น้ำมันดีเซลสำหรับการลำเลียงขนส่งลำเลียงหินนับเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้าและวัสดุระเบิด ตามลำดับ (รูปที่ 4.9)



**รูปที่ 4.9** ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์และไฟฟ้า  
ของตัวแทนการศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง

#### 4.3 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

การเปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างอาศัยการพิจารณาจากทุกกิจกรรมครอบคลุมทุกขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยรายงานผลและเปรียบเทียบในรูปแบบของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในสมการที่ 3-5 (บทที่ 3 หัวข้อ 3.5.2) ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

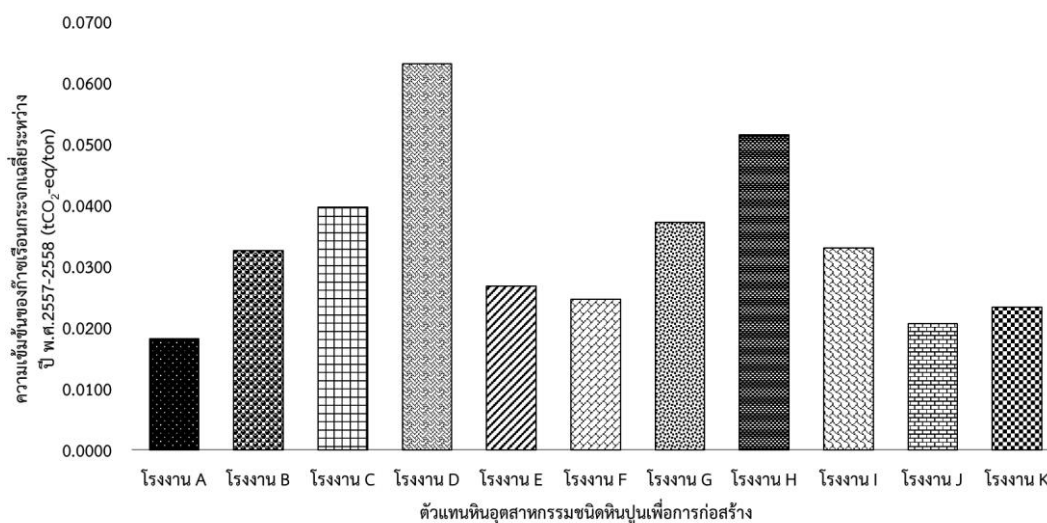
##### 4.3.1 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดหิน

การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างของตัวแทนศึกษาทั้งสิ้น 18 โรงงาน ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง 11 โรงงาน หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง 3 โรงงาน หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง 3 โรงงาน และหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง 1 โรงงาน ซึ่งผลการคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.3.1.1 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง

จากการคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 พบว่าหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.3703 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดยโรงงาน D มีความเข้มข้นของก๊าซเรือน

กระจกเฉลี่ยสูงสุด (0.0631 tCO<sub>2</sub>-eq/ton) เมื่อเทียบกับโรงงานอื่น และหากพิจารณาจากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งของโรงงานดังกล่าวพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตรวม จึงอาจส่งผลทำให้สัดส่วนระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวมกับปริมาณการผลิตสูงด้วย เช่นเดียวกับโรงงาน I ซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าโรงงาน J และ K (กลุ่มที่ 4) สาเหตุเนื่องจากโรงงานดังกล่าวมีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลที่สูงเมื่อเทียบกับโรงงานอื่นในกลุ่มเดียวกันแต่มีปริมาณผลผลิตหินน้อยกว่าโรงงาน J และ K ทั้งนี้ ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ทรัพยากรในการผลิตหิน ได้แก่ การใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรทเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตหิน อีกทั้ง จากข้อสังเกตที่พบจากการลงพื้นที่ภาคสนามพบว่าโรงงานที่มีสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลสูงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตรวมย่อมส่งผลทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.10



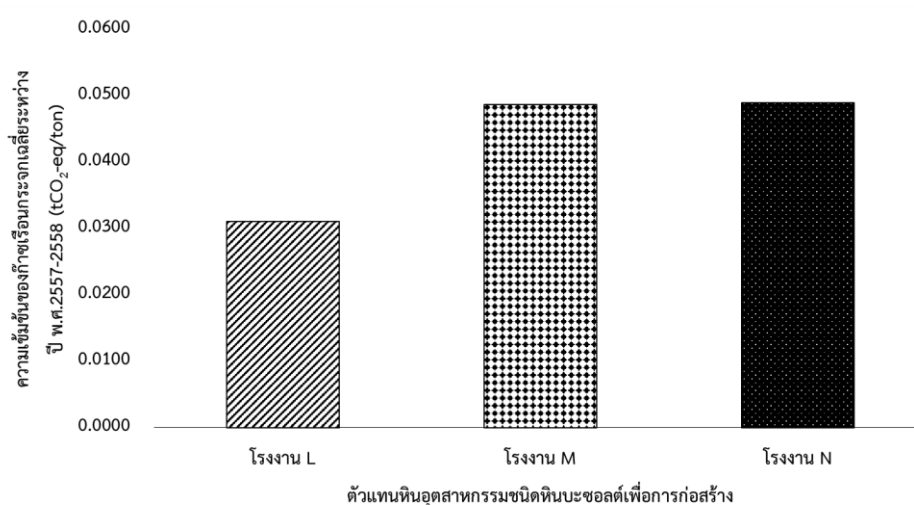
รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรม

ชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558

4.3.1.2 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง

ผลการคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างพบว่า หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวม (พ.ศ. 2557-2558) เท่ากับ 0.1774 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดยโรงงาน N มีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือน

กระจกเฉลี่ยสูงสุด (ร้อยละ 38.04) เนื่องจากโรงงานดังกล่าวมีปริมาณผลผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างน้อยเมื่อเทียบกับโรงงาน L และ M หากแต่มีการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตหินที่สูง ขณะที่โรงงาน L มีปริมาณการผลิตใกล้เคียงกับโรงงาน M แต่มีการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งที่น้อยกว่าโรงงาน M ส่งผลให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโรงงานอื่น ดังแสดงในรูปที่ 4.11

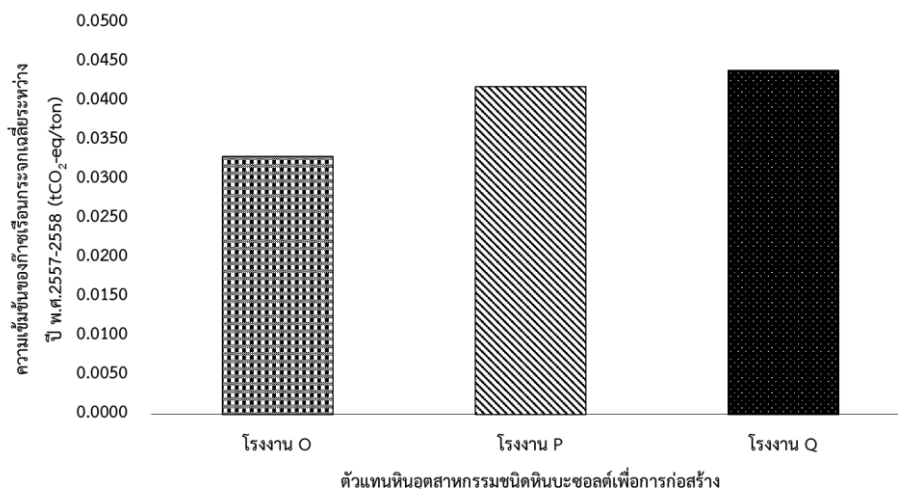


รูปที่ 4.11 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558

#### 4.3.1.3 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง

ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยรวมระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 มีค่าเท่ากับ 0.1043 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดยโรงงาน Q มีสัดส่วนความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสูงสุด (ร้อยละ 42.18) สาเหตุเนื่องจากโรงงานดังกล่าวมีปริมาณผลผลิตหินสูงส่งผลให้มีการใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและวัตถุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทในปริมาณที่สูงเช่นกัน นอกจากนี้ จากข้อสังเกตพบว่าโรงงาน O มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสูงกว่าโรงงาน P เนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรทของโรงงานดังกล่าวมีปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตหิน จึงทำให้โรงงาน O มีสัดส่วนระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับปริมาณผลผลิตที่สูงเมื่อเทียบกับโรงงาน P ดังแสดงในรูปที่ 4.12





รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง

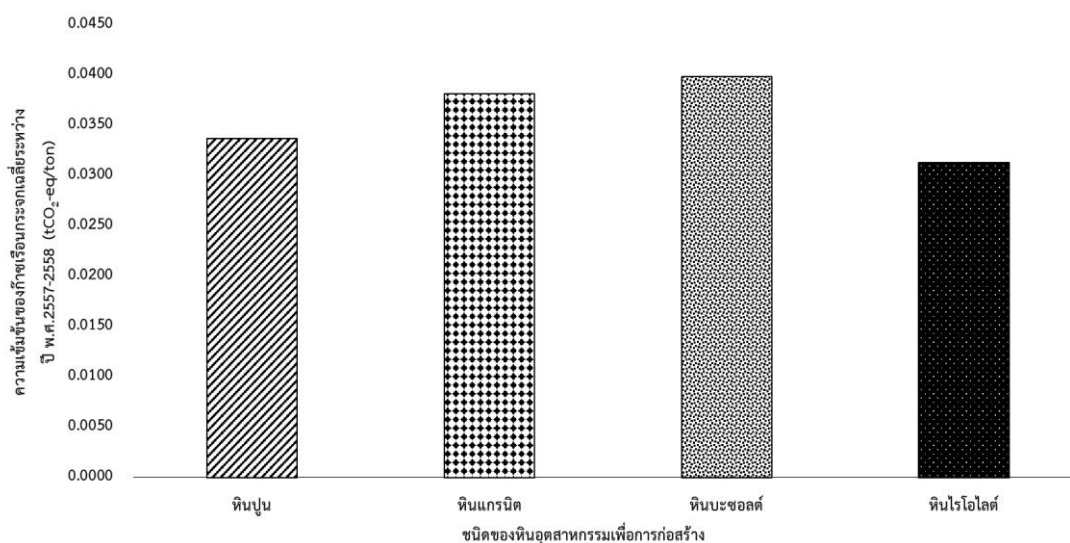
#### 4.3.1.4 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง

หินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน R) มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวมระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 เท่ากับ 0.0313 tCO<sub>2</sub>-eq/ton ซึ่งโรงงาน R เป็นตัวแทนโรงงานหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างเพียงโรงงานเดียวในการศึกษา

จากผลคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิด ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 ดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ากิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซล ไฟฟ้าและแอมโมเนียมไนเตรท เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตหินที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งหากมีการใช้ทรัพยากรดังกล่าวในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตหินก็จะส่งผลทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของตัวแทนหรือโรงงานนั้นๆ มีปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน

#### 4.3.2 เปรียบเทียบรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชนิดหิน

จากผลคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2557-2558 ทั้ง 4 ชนิดหิน รวมทั้งสิ้น 18 โรงงานตัวแทนศึกษา ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.3.1 นั้น สามารถคำนวณค่าความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกเพื่อเป็นตัวแทนของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



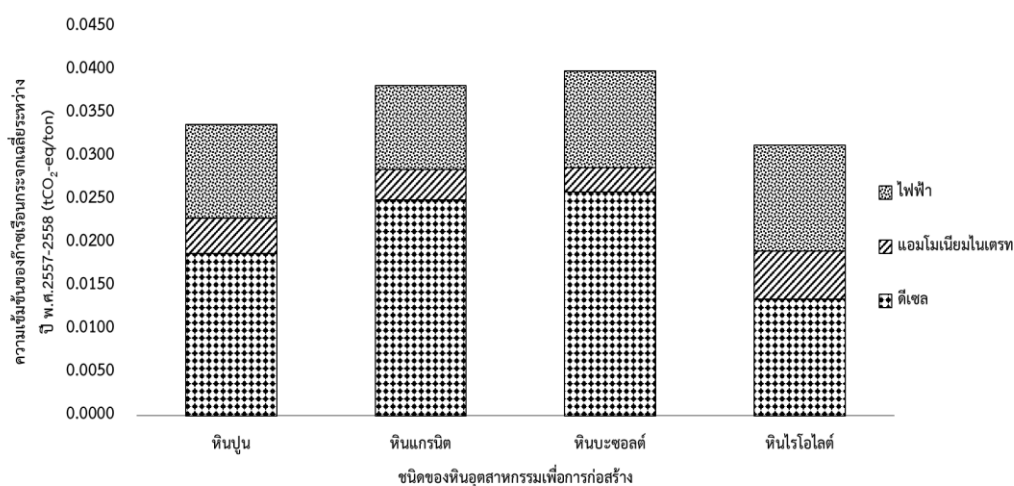
#### รูปที่ 4.13 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง

จากรูปที่ 4.13 พบว่าตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิด มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวม (พ.ศ. 2557-2558) เท่ากับ 0.01431 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดยหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 27.89) จากข้อสังเกตพบว่าปริมาณการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตหินชนิดดังกล่าวมีปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตที่ได้ จึงส่งผลให้มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงด้วยเช่นกัน หากแต่พิจารณาในแต่ละโรงงานย่อยแล้วพบว่าตัวแทนศึกษาหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (โรงงาน D) เมื่อเทียบกับโรงงานอื่นในทุกชนิดหิน ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนของการเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างแต่ละชนิดอาจเกิดเนื่องจากจำนวนตัวแทนโรงงานที่ใช้ในการศึกษาของหินแต่ละชนิดไม่เท่ากัน

#### 4.3.3 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแหล่งกำเนิด (ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก)

The Greenhouse Gas Protocol ได้กำหนดขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแหล่งกำเนิดทั้ง 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) และ ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect Emission) (World Resources Institute and World Business Council on Sustainable Development, 2004) และ (World Resources Institute, 2014) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมเฉพาะขอบเขต

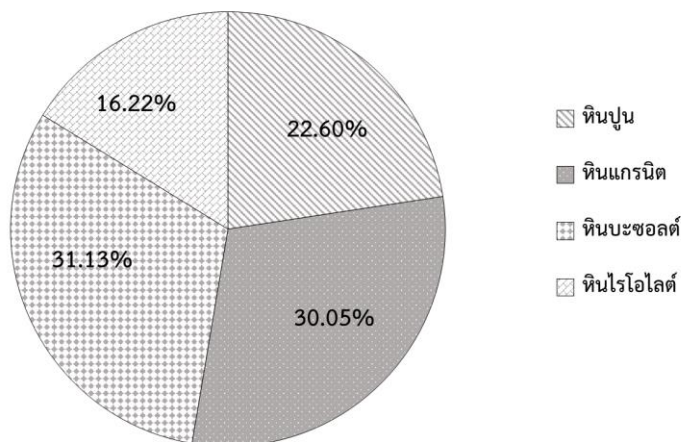
ที่ 1 และขอบเขตที่ 2 ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 สำหรับผลการคำนวณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้งสิ้น 18 โรงงาน แสดงดังรูปที่ 4.14



**รูปที่ 4.14** ความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 ชนิดหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง  
พิจารณาจากแหล่งกำเนิดหรือขอบเขตการปล่อย

จากรูปที่ 4.14 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกรวมซึ่งพิจารณาจากแหล่งกำเนิดและขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิดหินมีค่าเท่ากับ 0.1431 tCO<sub>2</sub>-eq/ton โดย ขอบเขตที่ 1 (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลและการใช้วัตถุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรท) มีค่าความเข้มข้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0832 และ 0.0160 tCO<sub>2</sub>-eq/ton ตามลำดับ และ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม คือ การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตหินมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0439 tCO<sub>2</sub>-eq/ton

นอกจากนี้ ยังได้พิจารณาความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกโดยจำแนกตามกิจกรรม ได้แก่ การใช้น้ำมันดีเซล การใช้แอมโมเนียมไนเตรทและการใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกลุ่มหินอุตสาหกรรม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

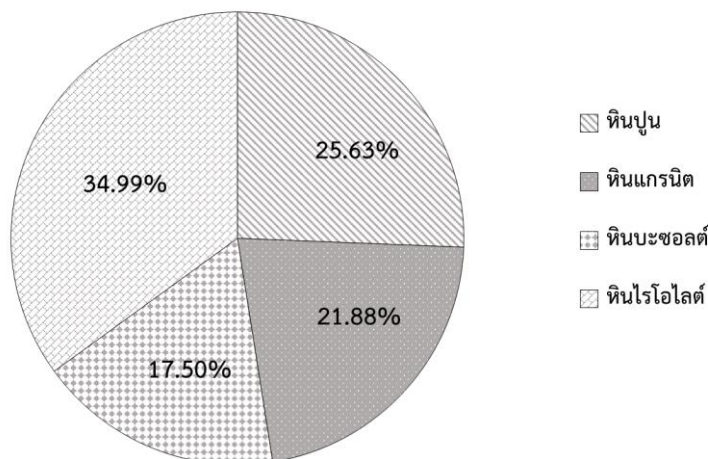


**รูปที่ 4.15** สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรม  
การใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งหิน

ผลการศึกษาพบว่า หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกซึ่งเกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งสูงสุด (0.0259 tCO<sub>2</sub>-eq/ton) รองลงมา คือ หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง ตามลำดับ (รูปที่ 4.15) ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ในการลงพื้นที่ภาคสนามสำหรับขั้นตอนการขนส่งลำเลียงหินจากบริเวณหน้าเหมืองไปยังโรงโม่ของตัวแทนหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างทั้ง 3 โรงงาน พบว่าลักษณะเส้นทางการขนส่งลำเลียงหินของโรงงานค่อนข้างมีความขรุขระและยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วที่ต่ำ จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงสูงเมื่อเทียบกับการขนส่งลำเลียงในหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น

สำหรับสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบที่มีแอมโมเนียมไนเตรทเป็นองค์ประกอบในขั้นตอนการระเบิดหินพบว่า หินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (0.0056 tCO<sub>2</sub>-eq/ton) รองลงมา คือ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง ตามลำดับ (รูปที่ 4.16) ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุเนื่องจากค่าความแข็งของหินหรือค่าความแข็งโมห์ของหินอุตสาหกรรมชนิดดังกล่าว เท่ากับ 7 (US Department of Transportation, 1991) (ตารางที่ 4.11) ซึ่งเป็นค่าความแข็งที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น ส่งผลทำให้ต้องใช้

วัตถุประสงค์จำพวกแอมโมเนียมไนเตรทในปริมาณที่สูงในการระเบิดชั้นหินให้แตกออกเพื่อการผลิตในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.16 สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรม

การใช้แอมโมเนียมไนเตรทในกระบวนการระเบิดหิน

ตารางที่ 4.11 ค่าความแข็งของหินอุตสาหกรรม

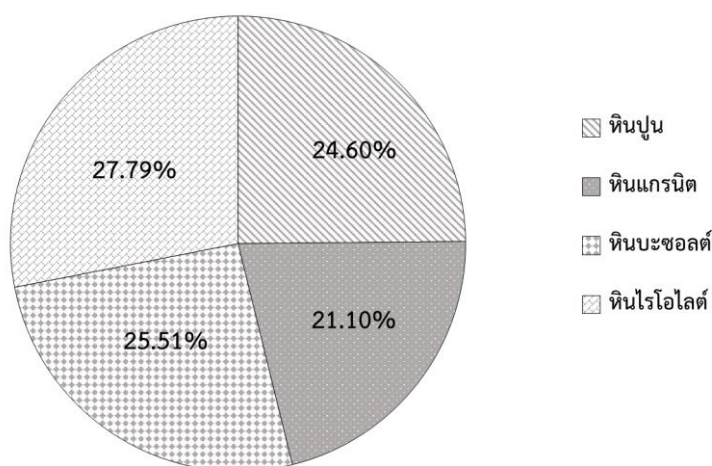
| ชนิดหินอุตสาหกรรม | ค่าความแข็ง (โมห์) |
|-------------------|--------------------|
| หินปูน            | 3-4                |
| หินแกรนิต         | 6-7                |
| หินบะซอลต์        | 6                  |
| หินไรโอไลต์       | 7                  |

ที่มา: US Department of Transportation (1991)

นอกจากนี้ ผลศึกษาค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการบดย่อยหิน (รูปที่ 4.17) พบว่าหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (0.0122 tCO<sub>2</sub>-eq) รองลงมา คือ หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง ตามลำดับ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีค่าความแข็งโมห์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับหินอุตสาหกรรมชนิดอื่นดังกล่าวข้างต้น ซึ่งอาจส่งผลทำให้ต้องใช้ไฟฟ้าใน

กระบวนการบดย่อยหินในปริมาณที่สูง จึงส่งผลต่อความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าที่มาก ซึ่งมีแนวโน้มในภาพรวมเช่นเดียวกับกิจกรรมการใช้วัตถุดิบของหินอุตสาหกรรมในกลุ่มดังกล่าวเช่นกัน

อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าค่าโมห์ของหินอุตสาหกรรมชนิดปูน (3-4) จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น หากแต่มีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหินเป็นอันดับที่ 3 ทั้งนี้ อาจมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการโม่ของกระบวนการผลิตหินแต่ละชนิดนอกเหนือจากค่าความแข็งของหิน อาทิเช่น ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเครื่องจักร จึงเสนอแนะให้มีการศึกษาวิจัยเชิงลึกถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 4.17 สัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหิน

กล่าวโดยสรุป จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกเมื่อพิจารณาจากขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วพบว่า ขอบเขตที่ 1 (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งประกอบด้วย การใช้น้ำมันดีเซลและการใช้วัตถุดิบจำพวกแอมโมเนียมไนเตรท) มีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่า ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม คือ การใช้ไฟฟ้า และหากพิจารณาในแต่ละกิจกรรมของแต่ละชนิดหิน ตัวแทนการศึกษาพบว่า หินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าและกิจกรรมการใช้วัตถุดิบจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทสูงกว่าหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น สาเหตุอาจเนื่องมาจากค่าความแข็งของหินหรือค่าโมห์ของหินอุตสาหกรรมในกลุ่มไรโอไลต์มีค่าสูงกว่าหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น จึงทำให้ต้องใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยและวัตถุดิบจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทในการ

ระเบิดชั้นหินในปริมาณที่สูง ในส่วนของกิจกรรมการใช้น้ำมันดีเซลพบว่าหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น ซึ่งอาจเกิดจากสภาพและลักษณะเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะในการขนส่งลำเลียงหินจากบริเวณหน้าเหมืองมายังโรงโม่ จึงทำให้มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูง

#### 4.3.3 เปรียบเทียบผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับการศึกษาในอุตสาหกรรมเหมืองแร่อื่นๆ

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในและต่างประเทศ เกี่ยวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเหมืองแร่พบว่า Kittipongvises, Chavalparit and Sutthirat (2016) ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซลในกระบวนการขนส่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (ร้อยละ 68) เมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหินและการใช้วัตถุระเบิดในกระบวนการระเบิด อีกทั้ง ผลการศึกษาของ สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553) ซึ่งได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองหินปูนบริเวณภาคกลางของประเทศไทย พบว่ากระบวนการขุดขน (ขนส่ง) เป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ คือ หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมการผลิตอื่น นอกจากนี้ Ercelebi and Bascetin (2009) และ Dindarloo, Osanloo and Frimpong (2015) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเหมืองแร่แบบเปิด (Open-pit) พบว่าการลำเลียงและขนส่งของเหมืองแร่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด เช่นเดียวกับผลประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมแร่เหล็กของ Norgate and Haque (2010) ที่พบว่าการลำเลียงและขนส่งแร่เหล็กมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด หากแต่ ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองทองคำบริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยโดยสำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553) พบว่ากระบวนการชะละลายและดั่งโลหะออกจากสารกัมมันต์มีการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกสูงสุดเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตอื่นๆ รวมถึงการศึกษาในอุตสาหกรรมเหมืองทองคำของ Kittipongvises (2015) ซึ่งพบว่าการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (ร้อยละ 81) ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ในขณะที่การทำเหมืองแร่ฟอสเฟตจากการศึกษาของ Silva and Kulay (2003) พบว่า การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด เช่นเดียวกันกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมแร่ยูเรเนียมของ Parker, Naughton and Sparks (2016) พบว่า การใช้ไฟฟ้าจากกระบวนการบดแร่ยูเรเนียมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด อีกทั้ง การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมถ่านหินของ Sterling (2009) Warmuzinski (2008) และ Carras และคณะ (2009) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดมีส่วนสูงที่สุด Silva and Kulay (2003) การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของเหมืองแร่ฟอสเฟตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ทั้งนี้ รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิตและประเภทของอุตสาหกรรมเหมืองนั้นๆ

#### 4.4 การวิเคราะห์แนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดแนวทางเลือกซึ่งเป็นแนวทางที่อาจมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยออกแบบการทดลองและจำลองสถานการณ์ (Scenarios) การใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่ง 6 สถานการณ์ ซึ่งการจำลองในแต่ละสถานการณ์นั้นจะมุ่งเน้นการทดลองภาคสนามเพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลงพื้นที่ภาคสนามได้ทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2559 โดยกำหนดให้ยานพาหนะขนส่งครอบคลุมระยะทาง 1 รอบการขนส่งประมาณ 7 กิโลเมตร (โรงโม่-เหมือง-โรงโม่) ซึ่งเส้นทางการขนส่งหินมีลักษณะเป็นทางลูกรัง ขรุขระ สลับกับถนนพื้นเรียบและมีทางลาดชัน (ประมาณ 45 องศา) ร่วมด้วย ทั้งนี้ การจำลองสถานการณ์ทั้ง 6 สถานการณ์มีเงื่อนไขและรายละเอียด ดังนี้ (รูปการจำลองสถานการณ์แสดงในภาคผนวก ข)

**สถานการณ์ที่ 1:** ขนส่งด้วยยานพาหนะมีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และน้ำหนักบรรทุกหินประมาณ 33.00 ตัน

**สถานการณ์ที่ 2:** จำลองการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ปรับลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเป็น 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีน้ำหนักบรรทุกหินประมาณ 32.03 ตัน



**สถานการณ์ที่ 3:** จำลองการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็นร้อยละ 75 เทียบกับน้ำหนักบรรทุกในสถานการณ์ที่ 1 โดยประมาณ (26.80 ตัน)

**สถานการณ์ที่ 4:** จำลองการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ปรับลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเป็น 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็นร้อยละ 75 เทียบกับน้ำหนักบรรทุกในสถานการณ์ที่ 1 โดยประมาณ (25.95 ตัน)

**สถานการณ์ที่ 5:** จำลองการขนส่งโดยปรับเปลี่ยนยานพาหนะที่มีกำลัง 380 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดดีเซล ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และน้ำหนักบรรทุก 33.77 ตัน

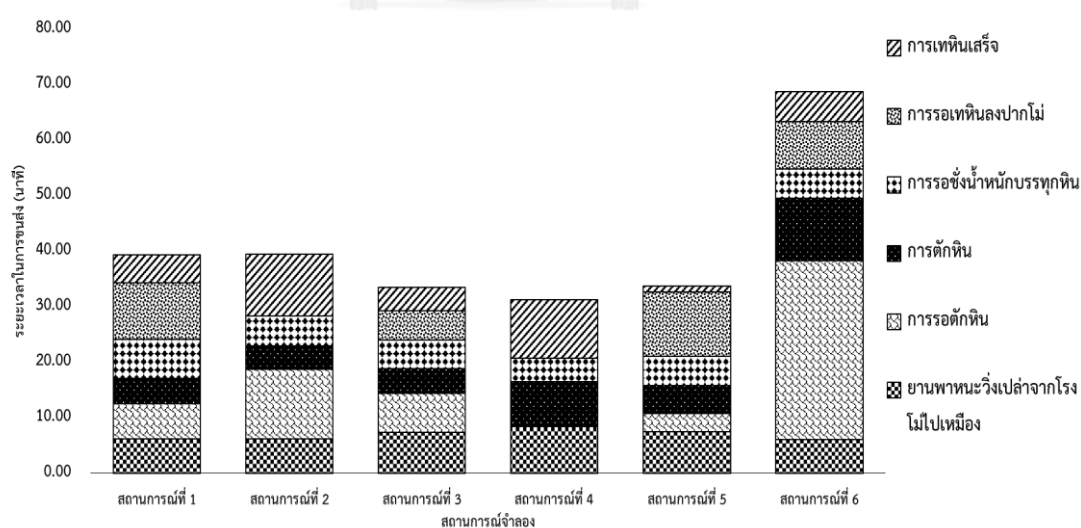
**สถานการณ์ที่ 6:** จำลองการขนส่งโดยปรับเปลี่ยนยานพาหนะที่มีกำลัง 380 แรงม้า เชื้อเพลิงชนิดก๊าซธรรมชาติ (CNG) ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และน้ำหนักบรรทุก 34.00 ตัน

โดยรายละเอียดการจำลองภาคสนามทั้ง 6 สถานการณ์สามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 4.12

นอกจากการออกแบบทดลองเพื่อให้ทราบถึงปริมาณการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ยานพาหนะใช้ในแต่ละขั้นตอนการลำเลียงขนส่งหินครบ 1 รอบ (โรงโม่-เหมือง-โรงโม่) ประกอบด้วย ช่วงที่ 1: 1) ยานพาหนะวิ่งเปล่าจากโรงโม่ไปยังหน้าเหมือง ช่วงที่ 2: ยานพาหนะรอตักหินบริเวณเหมือง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 2) การรอตักหินบริเวณหน้าเหมือง และ 3) การตักหิน และช่วงที่ 3: ยานพาหนะวิ่งบรรทุกหินจากบริเวณเหมืองกลับไปยังโรงโม่ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 4) การรอขังน้ำหนักบรรทุกหิน 5) การรอเทหินลงเครื่องป้อน และ 6) การเทหินเสร็จ จากการจำลองสถานการณ์ขนส่งทั้ง 6 สถานการณ์ดังกล่าวพบว่า สถานการณ์ที่ 6 เป็นสถานการณ์ที่ใช้ระยะเวลารวมในการขนส่ง 1 รอบนานที่สุด (69.54 นาที) โดยขั้นตอนการรอตักหินบริเวณเหมืองเป็นขั้นตอนที่มีระยะเวลาดำเนินงานนานที่สุด (32.20 นาที) เนื่องจากในระหว่างที่ทำการจำลองสถานการณ์อยู่นั้น มีการเคลื่อนดินและปูพื้นทางเพื่อให้รถบรรทุกซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้ทำการทดลองสามารถขับผ่านไปได้ อีกทั้ง มีรถบรรทุกที่กำลังรอตักหินอยู่บริเวณเดียวกันก่อนหน้าอีก 2 คัน ในขณะที่ สถานการณ์ที่ 4 ใช้ระยะเวลารวมในการขนส่ง 1 รอบ สั้นที่สุด (32.01 นาที) โดยไม่ต้องรอในขั้นตอนการตักหินบริเวณเหมืองและการเทหินลงเครื่องป้อน หากพิจารณาในภาพรวมของแต่ละขั้นตอนการขนส่งจะพบว่า ขั้นตอนการรอตักหินและ/หรือการรอเทหินลงเครื่องป้อนใช้ระยะเวลาดำเนินงานนานที่สุดในแต่ละสถานการณ์จำลอง แสดงรายละเอียดดัง รูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยศึกษาจาก 6 สถานการณ์จำลอง

| สถานการณ์จำลอง                                     | ชนิดเชื้อเพลิง | กำลัง (แรงม้า) | ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | น้ำหนักบรรทุก (ตัน) |
|--|----------------|----------------|-------------------------------------|---------------------|
| สถานการณ์ที่ 1                                     | ดีเซล          | 270            | 35                                  | 33.00               |
| สถานการณ์ที่ 2: ลดความเร็วยานพาหนะ                 | ดีเซล          | 270            | 25                                  | 32.03               |
| สถานการณ์ที่ 3: ลดน้ำหนักบรรทุกลงร้อยละ 25         | ดีเซล          | 270            | 35                                  | 26.80               |
| สถานการณ์ที่ 4: ลดความเร็วยานพาหนะและน้ำหนักบรรทุก | ดีเซล          | 270            | 25                                  | 25.95               |
| สถานการณ์ที่ 5: เปลี่ยนกำลังยานพาหนะ               | ดีเซล          | 380            | 35                                  | 33.77               |
| สถานการณ์ที่ 6: เปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง           | (CNG)          | 380            | 35                                  | 34.00               |



รูปที่ 4.18 ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละขั้นตอนการผลิต

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 6 สถานการณ์เพื่อศึกษาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขการขนส่ง ได้แก่ การปรับลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง การปรับลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินและการปรับเปลี่ยนกำลังของยานพาหนะ ได้ผลการจำลองสถานการณ์ ดังนี้

#### **การปรับลดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ:**

สถานการณ์ที่ 2 ได้ปรับลดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในการขนส่งเท่ากับ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ภายใต้การจำลองสถานการณ์ที่มีการควบคุมน้ำหนักบรรทุกทุกหินที่เท่ากัน ผลการทดลองพบว่าปริมาณการใช้ดีเซลของสถานการณ์ดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 1 ดังนั้น การลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเป็นปัจจัยที่ช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้

#### **การปรับลดน้ำหนักบรรทุกทุกของยานพาหนะ:**

สถานการณ์ที่ 3 มีการปรับลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินลงร้อยละ 75 เทียบกับน้ำหนักบรรทุกทุกหินของสถานการณ์ที่ 1 ภายใต้การจำลองสถานการณ์ที่มีการควบคุมความเร็วเฉลี่ยที่เท่ากัน ผลการทดลองพบว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลของสถานการณ์ที่ 3 ลดลงเมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ 1 ดังนั้น การปรับลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

#### **การปรับลดความเร็วเฉลี่ยและน้ำหนักบรรทุกทุกของยานพาหนะ:**

สถานการณ์ที่ 4 ได้จำลองโดยการลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งเท่ากับ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินลงร้อยละ 75 เทียบกับสถานการณ์ที่ 1 ผลการจำลองสถานการณ์พบว่า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของสถานการณ์ที่ 4 มีค่าน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งลดความเร็วเฉลี่ย และสถานการณ์ที่ 3 ที่ได้ลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การลดน้ำหนักบรรทุกทุกหินและการลดความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งทั้ง 2 ปัจจัยพร้อมกัน สามารถช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซึ่งมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

#### **การปรับเปลี่ยนกำลังของยานพาหนะ:**

สถานการณ์ที่ 5 ปรับเปลี่ยนยานพาหนะที่มีกำลัง 380 แรงม้า ภายใต้การจำลองสถานการณ์ที่มีการควบคุมความเร็วเฉลี่ยและน้ำหนักบรรทุกทุกหินที่เท่ากัน ผลการจำลองพบว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลของสถานการณ์ดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลังเท่ากับ 270 แรงม้า ดังนั้น การเพิ่มกำลังของยานพาหนะในกระบวนการขนส่งมีผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การปรับเปลี่ยน

ยานพาหนะที่มีกำลังขนส่งที่สูงขึ้น เช่น จากกำลัง 270 แรงม้าเป็น 380 แรงม้า ถึงแม้จะส่งผลให้อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อรอบขนส่งสูงขึ้น แต่ในภาพรวมแล้วการบรรทุกด้วยยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจช่วยลดจำนวนรอบการขนส่ง ซึ่งอาจมีผลต่อปริมาณการใช้ น้ำมันในภาพรวม จึงเสนอแนะให้มีการศึกษาเชิงลึกโดยเฉพาะความสัมพันธ์ของกำลัง ยานพาหนะกับจำนวนเที่ยวขนส่งต่อไป

#### การปรับเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง:

สถานการณ์ที่ 6 ปรับเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงของยานพาหนะในการขนส่งจากเชื้อเพลิง ดีเซลเป็นก๊าซธรรมชาติ (CNG) ภายใต้การจำลองสถานการณ์ที่มีการควบคุมกำลังของ ยานพาหนะ (380 แรงม้า) ความเร็วเฉลี่ยและน้ำหนักบรรทุกทุกหินที่เท่ากัน ผลการจำลอง พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 5 ซึ่งขนส่งด้วยยานพาหนะที่ใช้ดีเซล ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกจึงเป็นปัจจัยที่ช่วยลด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

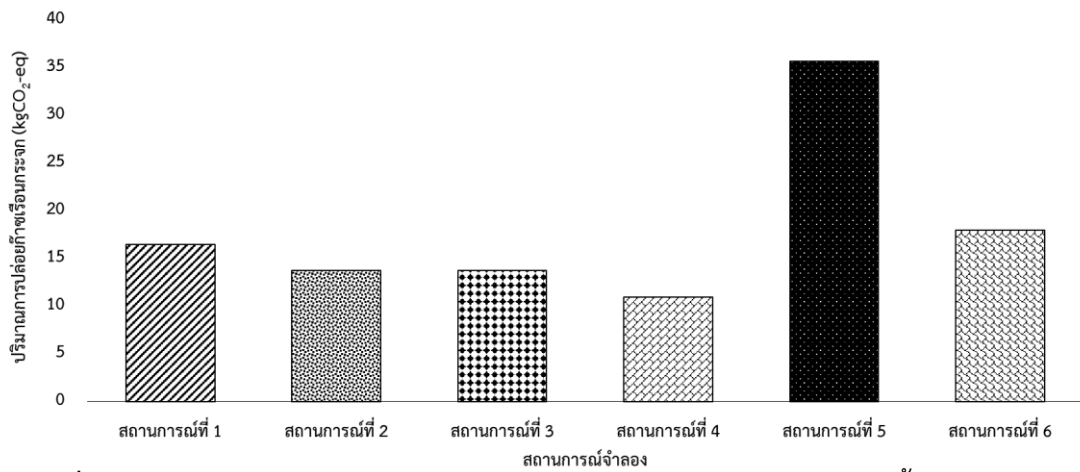
กล่าวโดยสรุป ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะจากการจำลองทั้ง 6 สถานการณ์ พบว่าสถานการณ์ที่ 4 เป็นสถานการณ์ที่มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่ง 1 รอบน้อย ที่สุด (4 ลิตร) ภายใต้เงื่อนไขการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลังของเครื่องยนต์ 270 แรงม้า ปรึบลด ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่ง (25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และปรับลดน้ำหนักบรรทุกลงร้อยละ 75 เมื่อ เทียบกับน้ำหนักบรรทุกในสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในสถานการณ์ดังกล่าว นั้น ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ อื่น (10.98 kgCO<sub>2</sub>-eq) ทั้งนี้ จากข้อสังเกตของผู้ศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในสถานการณ์ ที่ 4 อาจมีผลมาจากระยะเวลารวมในกระบวนการขนส่งที่สั้นด้วย เนื่องจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมี ความสัมพันธ์กับกำลังเครื่องยนต์และความเร็วของยานพาหนะ รวมไปถึงน้ำหนักบรรทุกหินและ ระยะเวลาในการขนส่ง (Kecojevic และ Komljenovic, 2010)

ดังนั้น ปัจจัยซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากกระบวนการขนส่งของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ได้แก่ การปรับลดความเร็ว เฉลี่ยในการขนส่ง การปรับลดน้ำหนักบรรทุกหินและการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก โดยแสดงปริมาณการ ใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจำลองสถานการณ์ดัง ตารางที่ 4.13 และ รูปที่ 4.19 ตามลำดับ

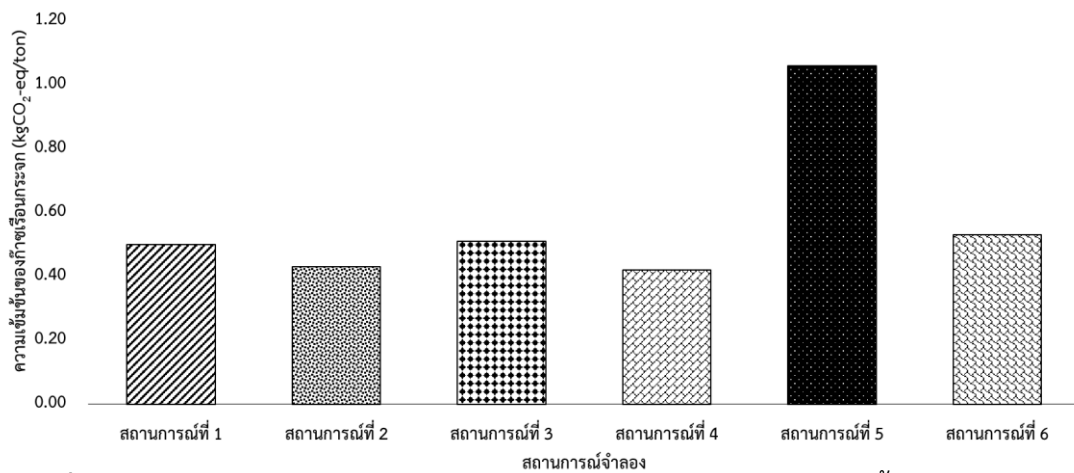
ตารางที่ 4.13 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของสถานการณ์จำลอง

| สถานการณ์จำลอง | ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร) |
|----------------|-------------------------------|
| สถานการณ์ที่ 1 | 6                             |
| สถานการณ์ที่ 2 | 5                             |
| สถานการณ์ที่ 3 | 5                             |
| สถานการณ์ที่ 4 | 4                             |
| สถานการณ์ที่ 5 | 9.5                           |
| สถานการณ์ที่ 6 | 8 กิโลกรัม (CNG)              |

สำหรับผลศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจำลองสถานการณ์ (ภาคผนวก ข) พบว่า ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 4 (ลดความเร็วของยานพาหนะและลดน้ำหนักบรรทุก) เป็นสถานการณ์จำลองที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด ซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.39 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton ขณะที่ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 5 (ปรับเปลี่ยนกำลังของยานพาหนะขนส่ง) พบความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์อื่นเท่ากับ 1.12 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton และสำหรับสถานการณ์จำลองที่ 6 โดยการปรับเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลเป็นก๊าซธรรมชาติ (CNG) พบว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมีค่าเท่ากับ 0.52 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการใช้เชื้อเพลิงชนิด CNG สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ (Delgado และ Muncrief, 2015) อย่างไรก็ดี ผลการศึกษานี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากระยะเวลารวมที่ใช้ในกระบวนการขนส่งในสถานการณ์ดังกล่าวค่อนข้างนาน ส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่สูงและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกไม่ต่างจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.19 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจำลองสถานการณ์ขนส่งทั้ง 6 สถานการณ์



รูปที่ 4.20 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากการจำลองสถานการณ์ขนส่งทั้ง 6 สถานการณ์

อย่างไรก็ดี การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาและพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกทุกหินที่จะส่งผลต่อจำนวนรอบในการขนส่งซึ่งมีส่วนแปรผันตรงกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้างนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง อีกทั้ง ยังศึกษา รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างโดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตในแต่ละชนิดหินและแต่ละขอบเขตหรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงเสนอแนะแนวทางเลือกในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง โดยสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้ง 4 ชนิด (18 โรงงานตัวแทน) มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวม (ระหว่างปี พ.ศ.2557-2558) เท่ากับ  $0.01431 \text{ tCO}_2\text{-eq/ton}$  โดยหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด รองลงมา คือ หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้างและหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง ตามลำดับ ในขณะที่หินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด

5.1.2 กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซลสำหรับการขนส่งหินในกระบวนการผลิต) เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุดของกลุ่มอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้าง เท่ากับ ร้อยละ 58.14 ( $0.0832 \text{ tCO}_2\text{-eq/ton}$ ) รองลงมา คือ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าและ กิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด (แอมโมเนียมไนเตรท) ร้อยละ 30.68 และ 11.18 ตามลำดับ

5.1.3 เมื่อพิจารณาในส่วนของชนิดหิน (ประเภทหินอุตสาหกรรม) แล้วพบว่าหินอุตสาหกรรมชนิดหินโรโอไลต์เพื่อการก่อสร้างมีส่วนความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุระเบิดจำพวกแอมโมเนียมไนเตรทและการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด (ร้อยละ 34.99 และ 27.79 ตามลำดับ) ขณะที่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้างมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ น้ำมันดีเซลในกระบวนการขนส่งสูงที่สุด ( $0.0399 \text{ tCO}_2\text{-eq/ton}$ ) เมื่อเทียบกับหินอุตสาหกรรมชนิดอื่น

5.1.4 ผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์การขนส่งเพื่อวิเคราะห์แนวทางที่มีศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าสถานการณ์ที่ 4 ซึ่งออกแบบโดยการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีกำลัง 270 แรงม้า ลดความเร็วเฉลี่ยของงานพาหนะและปรับลดน้ำหนักบรรทุกเป็นร้อยละ 75 เป็นสถานการณ์จำลองที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด ขณะที่สถานการณ์ที่ 5 (ขนส่งด้วยยานพาหนะขนส่งที่มีกำลังสูงขึ้น) เป็นสถานการณ์ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์อื่น ทั้งนี้ สถานประกอบการอุตสาหกรรมหินเพื่อการก่อสร้างสามารถนำผลการศึกษาคำนี้ไปพิจารณา วางแผนและเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการฯ ต่อไปได้

5.1.5 การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบดย่อยหินสามารถทำได้โดยการบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงโม่ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ปรับลดรอบเวลาในการผลิตและติดตามควบคุมการผลิตอย่างใกล้ชิด ในขณะที่การลดการใช้แอมโมเนียมไนเตรทจากกิจกรรมการใช้วัตถุระเบิด ควรพิจารณาอัตราการใช้วัตถุระเบิดที่เหมาะสมตามชนิด ลักษณะโครงสร้างและความแข็งแรงของชั้นหิน (Hardness) (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556) ซึ่งการลดปริมาณการใช้ทรัพยากรดังกล่าวย่อมส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างที่ลดลง

5.1.6 ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างของงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาวินิจฉัยต่อยอดด้านการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่ภายในประเทศ เนื่องจากการศึกษาในหัวข้อดังกล่าวยังมีอยู่อย่างค่อนข้างจำกัด

## 5.2 ข้อเสนอแนะการทำวิจัย

จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

5.2.1 การศึกษานี้ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง โดยนำค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ในระดับสากลมาใช้ในการคำนวณสำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางกิจกรรม จึงทำให้เกิดความไม่แน่นอนของข้อมูล ด้วยเหตุนี้จึงเสนอแนะให้สถานประกอบการฯ จัดทำระบบบันทึกและจัดเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ถูกต้องและทันสมัยอยู่เสมอ รวมถึงควรเพิ่มจำนวนตัวแทนหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง (โรงงาน) ในการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อให้ผลการศึกษามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



5.2.2 ศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างครอบคลุมกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์แร่ชนิดอื่นเพื่อเป็นฐานข้อมูลและสามารถดูแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมและเหมืองแร่ชนิดต่างๆ ของประเทศไทย

5.2.3 ศึกษาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้เชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการขนส่ง โดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นร่วมด้วย เช่น ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง ความลาดชันของเส้นทางขนส่ง ลักษณะพื้นผิวถนน ประสิทธิภาพของยานพาหนะ ลักษณะและรูปแบบการทำเหมืองแร่ เป็นต้น รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่งด้วยยานพาหนะที่มีขนส่งที่สูงขึ้นกับจำนวนเที่ยวขนส่ง ในรูปแบบของอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง

5.2.4 ศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบดย่อยหินอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอน รวมถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงโม่ เนื่องจากมีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า อีกทั้ง กระบวนการระเบิดหินที่มีผลต่อปริมาณการใช้แอมโมเนียมไนเตรท ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างทั้งสิ้น

5.2.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาตรการทางเลือกหรือข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษานี้ไปใช้ในสถานประกอบการฯ จริงเพื่อช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต โดยพิจารณาถึงปัจจัยเชิงปฏิบัติและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย

## รายการอ้างอิง

- Australia Government. 2008. Climate change. Canberra, Australia.
- Carras, J.N., Day , S. J., Saghafi, A. and Williams, D. J. 2009. Greenhouse gas emissions from lowtemperature oxidation and spontaneous combustion at open-cut coal mines in Australia. International Journal Coal Geology, (78): 161-168.
- Centers for Disease Control and Prevention. 2015. Climate Change and Extreme Heat Events. Georgia, USA.
- Delgado, O. and Muncrief, R. 2015. Assessment of Heavy-Duty Natural Gas Vehicle Emissions: Implications and Policy Recommendations. Washington, DC, USA.
- Dindarloo, S., R., , Osanloo, M. and Frimpong, S. 2015. A stochastic simulation framework for truck and shovel selection and sizing in open pit mines. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, (115): 209-219.
- Ercelibi, S., G. and Bascetin, A. . 2009. Optimizing of shovel-truck system for surface mining. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, (109): 433-439.
- Eswarithai, V. and Natarajan, E. 2015. Carbon footprinting for pulping process in paper industry. International Journal of Research in Engineering , Science and Technologies, (1): 13-17.
- European Union. 2015. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2013 and inventory report 2015. Copenhagen K, Denmark.
- Fang, G., Chen, H., Wei, Z., Wang, Y. and Wang, X. 2006. Trends and interannual variability of the South China Sea surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade. Journal of Geophysical Research, 111: (c11).
- Ferreira, H. and Leite, M. 2015. A life cycle assessment (LCA) study of iron ore mining. Journal of Cleaner Production: 1081-1091.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995. Climate Change 1995: IPCC Second Assessment Report. Geneva, Switzerland.

- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2010. IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories, Volume 2 Energy. Geneva, Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. Climate Change 2013: IPCC Fifth Assessment Report. Geneva, Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Greenhouse gas emissions. Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization. 2006. ISO 14064-1: 2006 Greenhouse gases Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization. 2013. ISO/TR 14069: 2013 Greenhouse gases - Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations - Guidance for the application of ISO 14064-1. Geneva, Switzerland.
- Kanchanapiya, P., Limphitakphong, N., Pharino, C. and Chavalparit, O. 2015. Evaluation of greenhouse gas emissions and reduction from the petrochemical industry in Thailand. Greenhouse Gas Measurement and Management, (4): 161-177.
- Kecojevic, V. and Komljenovic, D. 2010. Haul truck fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission under various engine load conditions. Mining Engineering Magazine, (13): 44-48.
- Kittipongvises, S. 2015. Feasibility of applying clean development mechanism and ghgs emission reductions in the gold mining industry: a case of Thailand. Environmental and climate technologies, (15): 34-47.
- Kittipongvises, S., Chavalparit, O. and Sutthirat, C. 2016. Greenhouse gases and energy intensity of granite rock mining operations in Thailand: a case of industrial rock-construction Environmental and climate technologies, (18): 64-75.
- Moray, S., Troop, N., Seryak, J., Schmidt, C., Fisher, C. and Antonio, M. 2005. Energy Efficiency Opportunities in the Stone and Asphalt Industry. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, (3): 71-83.
- Nakapreecha, N. 2012. Carbon Emissions Management of the Petrochemical Industries in Thailand. Durham University.

- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2007. Climate and Global Change. Washington, DC, USA. .
- Norgate, T. and Haque, N. 2010. Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. Journal of Cleaner Production, (18): 266-274.
- Parker, J., D., Naughton, C., S. and Sparks, G. A. 2016. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Uranium Mining and Milling in Canada. Environmental Science and Technology, 50(17): 9746–9753.
- Silvia, A., G. and Kulay, A., L. 2003. Application of life cycle assessment to the LCA case studies single superphosphate production. The International Journal of Life Cycle Assessment, 8(4): 209-214.
- Sterling, D. 2009. Identifying opportunities to reduce the consumption of energy across mining and processing plants. Schneider-Electric.
- Svenson, G. and Fjeld, D. 2012. The Influence of Road Characteristics on Fuel Consumption for Logging Trucks. The 12nd International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology, 16-16 September 2012, Stockholm, Sweden.
- Ta, C., H., Ingolfsson, A. and Doucette, J. 2013. A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities. European Journal of Operational Research, (231): 770-778.
- Tangchawal, S. 2006. Quarry Evaluation and Control of Bench Blasting. ASEAN journal on science and technology for development, (23): 19-26.
- Temeng, A. V., Otuonye, F. O. and Frendewey, J. O. 2007. Real-time truck dispatching using a transportation algorithm. International journal of surface mining, reclamation and environmental and climate technologies, (11): 203-207.
- Tririsatayawong, I., Naeije, M., Simons, W. and Fenoglio-Marc, L. 2011. A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities. European Journal of Operational Research, (231): 770-778.
- United State Environmental Protection Agency. 1995. Explosives Detonation. Washington, DC, USA.
- United State Environmental Protection Agency. 2014. Global Greenhouse Gas Emissions Data. Washington, DC, USA.

- US Department of Transportation. 1991. Rock and Mineral Identification for Engineers. Federal Highway Administration.
- US Global Change Research Program. 2014. Categories of Climate Indicators. Washington, DC, USA.
- Warmuzinski, K. 2008. Harnessing methane emissions from coal mining. Process safety environmental protection, (86): 315-320.
- World Resources Institute. 2014. Greenhouse Gas Data and International Climate Policy: Emissions Intensity. Washington, DC, USA.
- World Resources Institute and World Business Council on Sustainable Development. 2004. The Greenhouse Gas Protocol (A Corporate Accounting and Reporting Standard: Revised Edition). Geneva, Switzerland.
- Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C. and Meida, L. O. 2001. Carbon Dioxide Emissions from Global Cement Industry. Annual Review of Environmental and Resources, (26): 303-329.
- กรมทรัพยากรธรณี. 2555. ธรณีวิทยาประเทศไทย. ราชเทวี, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2550. ลักษณะของแร่. ราชเทวี, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2550. สถานภาพปริมาณสำรองแร่ของประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www1.dpim.go.th/dpimdoc/ores/>. [15 เมษายน 2559].
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2554. สถานการณ์อุตสาหกรรมเหมืองแร่ของไทย. ราชเทวี, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556. คู่มือพัฒนาผลผลิตและประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่และโรงโม่หิน. ราชเทวี, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2559. ฐานข้อมูลใบอนุญาตประทานประกอบกิจการเหมือง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dpim.go.th/webservices/report.php>. [7 มีนาคม 2559].
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. พญาไท, กรุงเทพมหานคร.
- สำนักคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change). ป้อมปราบศัตรูพ่าย, กรุงเทพมหานคร.

- สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2553. รายงานโครงการกำหนดแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่สู่กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM). กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. หลักสี่, กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2555. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย. หลักสี่, กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2556. รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2555. หลักสี่, กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2558. คู่มือจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรรายสาขาอุตสาหกรรม. หลักสี่, กรุงเทพมหานคร.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2558. NAMAs (Nationally Appropriate Mitigation Actions). หลักสี่, กรุงเทพมหานคร.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ภาคผนวก ก

#### ประเภทของแร่ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550)

แร่สามารถจำแนกตามลักษณะการใช้งานได้ 6 ประเภท ได้แก่

1. กลุ่มแร่เหล็ก และโลหะผสมเหล็ก เช่น เหล็ก ทังสแตน แมงกานีส
2. กลุ่มโลหะพื้นฐาน เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี พลวง ดีบุก
3. กลุ่มแร่โลหะมีค่า เช่น ทองคำ ทองคำขาว
4. กลุ่มแร่ประเภทหายาก เช่น แทนทาไลต์ รูไทล์ ซีโนไทม์
5. กลุ่มแร่รัตนชาติ เช่น เพชร พลอย
6. กลุ่มแร่อุตสาหกรรม ได้แก่ แร่จำพวกกอลโลหะ และหินที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

6.1 กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ เช่น หินปูน ยิปซัม หินดินดาน ดินมาร์ล

6.2 กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น หินแกรนิต หินปูน หินบะซอลต์ หินทราย


6.3 กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เช่น บอลเคลย์ เฟลด์สปาร์ ทรายแก้ว ดินขาว โดโลไมต์

6.4 กลุ่มแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น แคลไซต์ ฟลูออไรต์ ฟอสเฟต เกลือหิน โปแทช



## ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ตารางเก็บข้อมูลการดำเนินงานของตัวแทนศึกษา: ข้อมูลทั่วไป

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| ชื่อโรงงาน                       |   |
| ที่อยู่                          |   |
| รายละเอียด/<br>กระบวนการ<br>ผลิต |  |

ตารางที่ ข.2 ตารางเก็บข้อมูลการดำเนินงานของตัวแทนศึกษา: ข้อมูลปริมาณการผลิต

| ปริมาณการผลิต (ตัน) | ปี พ.ศ.2557 | ปี พ.ศ.2558 |
|---------------------|-------------|-------------|
| มกราคม              |             |             |
| กุมภาพันธ์          |             |             |
| มีนาคม              |             |             |
| เมษายน              |             |             |
| พฤษภาคม             |             |             |
| มิถุนายน            |             |             |
| กรกฎาคม             |             |             |
| สิงหาคม             |             |             |
| กันยายน             |             |             |
| ตุลาคม              |             |             |
| พฤศจิกายน           |             |             |
| ธันวาคม             |             |             |
| รวม                 |             |             |

**ตารางที่ ข.3** ตารางเก็บข้อมูลการดำเนินงานของตัวแทนศึกษา: ข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง  
ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558

| ประเภทเชื้อเพลิง   | เดือน/ปี   | ปริมาณการใช้ (ลิตร/กิโลกรัม) |
|--------------------|------------|------------------------------|
| (ประเภทเชื้อเพลิง) | (ปี)       |                              |
|                    | มกราคม     |                              |
|                    | กุมภาพันธ์ |                              |
|                    | มีนาคม     |                              |
|                    | เมษายน     |                              |
|                    | พฤษภาคม    |                              |
|                    | มิถุนายน   |                              |
|                    | กรกฎาคม    |                              |
|                    | สิงหาคม    |                              |
|                    | กันยายน    |                              |
|                    | ตุลาคม     |                              |
|                    | พฤศจิกายน  |                              |
|                    | ธันวาคม    |                              |
| รวม                |            |                              |

**ตารางที่ ข.4** ตารางเก็บข้อมูลการดำเนินงานของตัวแทนศึกษา: ข้อมูลกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า  
ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558

| เดือน      | ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามใบเสร็จค่าไฟ (kWh) |
|------------|--|
| มกราคม     |  |
| กุมภาพันธ์ |  |
| มีนาคม     |  |
| เมษายน     |  |
| พฤษภาคม    |  |
| มิถุนายน   |  |
| กรกฎาคม    |  |
| สิงหาคม    |  |
| กันยายน    |  |
| ตุลาคม     |  |
| พฤศจิกายน  |  |
| ธันวาคม    |  |
| รวม        |  |



**ตารางที่ ข.6** ตารางเก็บข้อมูลการดำเนินงานของตัวแทนศึกษา: ข้อมูลกิจกรรมการใช้วัสดุระเบิด  
ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558

| เดือน      | ชนิดของวัสดุระเบิด | ปริมาณ (kg) |
|------------|--------------------|-------------|
| มกราคม     |                    |             |
| กุมภาพันธ์ |                    |             |
| มีนาคม     |                    |             |
| เมษายน     |                    |             |
| พฤษภาคม    |                    |             |
| มิถุนายน   |                    |             |
| กรกฎาคม    |                    |             |
| สิงหาคม    |                    |             |
| กันยายน    |                    |             |
| ตุลาคม     |                    |             |
| พฤศจิกายน  |                    |             |
| ธันวาคม    |                    |             |
| รวม        |                    |             |

## ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 ประเภทและจำนวนของยานพาหนะและเครื่องจักร

| โรงงาน   | ประเภทของยานพาหนะ/เครื่องจักร | จำนวน   | กำลัง (แรงม้า) |
|----------|-------------------------------|---------|----------------|
| โรงงาน A | ยานพาหนะ                      | N/A     | 2,100          |
|          | เครื่องจักร                   | N/A     | 1,240          |
| โรงงาน B | รถแบ็คโฮ (ตักหิน)             | 4 คัน   | 960            |
|          | รถบรรทุกหิน                   | 9 คัน   | 2,540          |
|          | รถเจาะหิน                     | 2 คัน   | 650            |
|          | ฮอปเปอร์                      | 1 ตัว   | N/A            |
|          | สายพานลำเลียง                 | 25 เส้น | 750            |
|          | ตะแกรงสั่น                    | 6 อัน   | 180            |
|          | โคนครีซเซอร์                  | 2 ตัว   | 350            |
|          | จอร์ครีซเซอร์                 | 1 ตัว   | 150            |
| โรงงาน C | รถแบ็คโฮ (ตักหิน)             | 16 คัน  | 4,000          |
|          | รถบรรทุกหิน                   | 18 คัน  | 5,400          |
|          | รถเจาะหิน                     | 2 คัน   | 700            |
|          | รถกระบะ                       | 4 คัน   | 576            |
|          | ตะแกรงสั่น                    | 4 อัน   | N/A            |
|          | โคนครีซเซอร์                  | 4 ตัว   | N/A            |
|          | จอร์ครีซเซอร์                 | 3 ตัว   | N/A            |
| โรงงาน D | รถแบ็คโฮ (ตักหิน)             | 6 คัน   | N/A            |
|          | รถบรรทุกหิน                   | 10 คัน  | N/A            |
|          | รถเจาะหิน                     | 2 คัน   | N/A            |
|          | รถกระบะ                       | 4 คัน   | N/A            |
|          | ฮอปเปอร์                      | 2 ตัว   | N/A            |
|          | ตะแกรงสั่น                    | 4 อัน   | N/A            |
|          | สายพาน                        | 17 เส้น | N/A            |
|          | พีดีเตอร์                     | 3 ตัว   | N/A            |

|          |                   |         |       |
|----------|-------------------|---------|-------|
|          | ครัชเซอร์         | 3 ตัว   | N/A   |
| โรงงาน E | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 5 คัน   | 1,600 |
|          | รถบรรทุกหิน       | 8 คัน   | 2,160 |
|          | รถเจาะหิน         | 2 คัน   | 400   |
|          | พีตเตอร์          | 4 ตัว   | 12    |
|          | สายพานลำเลียง     | 25 เส้น | 500   |
|          | ตะแกรงสั่น        | 5 อัน   | 250   |
|          | โคนครัชเซอร์      | 3 ตัว   | 885   |
|          | จอร์ครัชเซอร์     | 1 ตัว   | 200   |
| โรงงาน F | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 16 คัน  | N/A   |
|          | รถบรรทุกหิน       | 25 คัน  | N/A   |
|          | รถเจาะหิน         | 4 คัน   | N/A   |
|          | รถกระบะ           | 10 คัน  | N/A   |
|          | ฮอปเปอร์          | 4 ตัว   | N/A   |
|          | พีตเตอร์          | 3 ตัว   | 75    |
|          | สายพานลำเลียง     | 35 เส้น | 1,750 |
|          | ตะแกรงสั่น        | 12 อัน  | 600   |
|          | โคนครัชเซอร์      | 5 ตัว   | 1,350 |
|          | จอร์ครัชเซอร์     | 3 ตัว   | 810   |
| โรงงาน G | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 2 คัน   | N/A   |
|          | รถบรรทุกหิน       | 6 คัน   | N/A   |
|          | รถเจาะหิน         | 1 คัน   | N/A   |
|          | รถกระบะ           | 2 คัน   | N/A   |
|          | ตะแกรงสั่น        | 5 อัน   | N/A   |
|          | สายพานลำเลียง     | 18 เส้น | N/A   |
|          | โคนครัชเซอร์      | 1 ตัว   | N/A   |
|          | จอร์ครัชเซอร์     | 1 ตัว   | N/A   |
| โรงงาน H | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 6 คัน   | 2,640 |



|          |                   |         |       |
|----------|-------------------|---------|-------|
|          | รถบรรทุกหิน       | 14 คัน  | 4,760 |
|          | รถเจาะหิน         | 4 คัน   | 1,240 |
|          | ฮอปเปอร์          | 4 ตัว   | N/A   |
|          | พีตเตอร์          | 5 ตัว   | 200   |
|          | สายพานลำเลียง     | 25 เส้น | 495   |
|          | ตะแกรงสั่น        | 5 อัน   | 130   |
|          | โคนครีซเซอร์      | 3 ตัว   | 810   |
| โรงงาน I | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 3 คัน   | N/A   |
|          | รถบรรทุกหิน       | 6 คัน   | N/A   |
| โรงงาน J | รถแบ็คโฮ          | 6 คัน   | N/A   |
|          | รถบรรทุก          | 10 คัน  | 2,700 |
|          | รถเจาะหิน         | 1 คัน   | N/A   |
|          | พีตเตอร์          | 1 ตัว   | N/A   |
|          | ฮอปเปอร์          | 1 ตัว   | N/A   |
|          | สายพานลำเลียง     | 18 เส้น | N/A   |
|          | ตะแกรงสั่น        | 3 อัน   | N/A   |
|          | โคนครีซเซอร์      | 2 ตัว   | N/A   |
| โรงงาน K | พีตเตอร์          | 1 ตัว   | 17    |
|          | ฮอปเปอร์          | 1 ตัว   | 200   |
|          | สายพานลำเลียง     | 20 เส้น | 200   |
|          | ตะแกรงสั่น        | 4 อัน   | 100   |
|          | โคนครีซเซอร์      | 3 ตัว   | 750   |
| โรงงาน L | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 2 คัน   | N/A   |
|          | รถบรรทุกหิน       | 5 คัน   | N/A   |
| โรงงาน M | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 4 คัน   | 1,100 |
|          | รถบรรทุกหิน       | 6 คัน   | 1,980 |
|          | รถเจาะหิน         | 2 คัน   | N/A   |
|          | พีตเตอร์          | 3 ตัว   | 330   |

|          |                   |         |     |
|----------|-------------------|---------|-----|
|          | สายพานลำเลียง     | 22 เส้น | 660 |
|          | ตะแกรงสั่น        | 6 อัน   | 180 |
|          | โคนครีชเซอร์      | 3 ตัว   | 900 |
|          | จอร์ครีชเซอร์     | 2 ตัว   | 400 |
| โรงงาน N | รถแบ็คโฮ (ตักหิน) | 3 คัน   | N/A |
|          | รถบรรทุกหิน       | 10 คัน  | N/A |
|          | รถเจาะหิน         | 2 คัน   | N/A |
|          | พีตเตอร์          | 3 ตัว   | N/A |
|          | สายพานลำเลียง     | 20 เส้น | N/A |
|          | ตะแกรงสั่น        | 4 อัน   | N/A |
|          | โคนครีชเซอร์      | 2 ตัว   | N/A |
|          | จอร์ครีชเซอร์     | 1 ตัว   | N/A |
| โรงงาน O | รถแบ็คโฮ          | 4 คัน   | N/A |
|          | รถบรรทุก          | 8 คัน   | N/A |
|          | รถเจาะหิน         | 2 คัน   | N/A |
|          | โคนครีชเซอร์      | 2 ตัว   | N/A |
| โรงงาน P | รถแบ็คโฮ          | 5 คัน   | N/A |
|          | รถบรรทุก          | 11 คัน  | N/A |
|          | รถเจาะหิน         | 2 คัน   | N/A |
|          | รถกระบะ           | 3 คัน   | N/A |
|          | พีตเตอร์          | 1 ตัว   | 220 |
|          | สายพานลำเลียง     | 15 เส้น | 230 |
|          | ตะแกรงสั่น        | 5 อัน   | 100 |
|          | โคนครีชเซอร์      | 4 ตัว   | 705 |
| โรงงาน Q | พีตเตอร์          | 2 ตัว   | 70  |
|          | ฮอปเปอร์          | 2 ตัว   | N/A |
|          | สายพานลำเลียง     | 20 เส้น | 600 |
|          | ตะแกรงสั่น        | 7 อัน   | 350 |

|          |               |         |       |
|----------|---------------|---------|-------|
|          | โคนครซ์เซอร์  | 4 ตัว   | 1,360 |
| โรงงาน R | ฮอปเปอร์      | 1 ตัว   | N/A   |
|          | ฟีดเดอร์      | 2 ตัว   | 40    |
|          | สายพานลำเลียง | 22 เส้น | 660   |
|          | ตะแกรงสั่น    | 7 อัน   | 140   |
|          | โคนครซ์เซอร์  | 5 ตัว   | 1,100 |
|          | จอร์ครซ์เซอร์ | 2 ตัว   | 440   |

\* N/A มีข้อจำกัดในการได้มาของข้อมูล



## ภาคผนวก ง



รูปที่ ง.1 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน A



รูปที่ ง.2 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน B



รูปที่ ง.3 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน C



รูปที่ ง.4 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน D



รูปที่ ง.5 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน E



รูปที่ ง.6 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน F



รูปที่ ง.7 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน G



รูปที่ ง.8 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน H



รูปที่ ง.9 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน I



รูปที่ ง.10 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน J



รูปที่ ง.11 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน K



รูปที่ ง.12 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน L



รูปที่ ง.13 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน M



รูปที่ ง.14 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง โรงงาน N



รูปที่ ง.15 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง โรงงาน O



รูปที่ ง.16 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง โรงงาน P



รูปที่ ง.17 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง โรงงาน Q



รูปที่ ง.18 ตัวแทนเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง โรงงาน R





## ภาคผนวก จ

## การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง 4 ชนิด ได้แก่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิตเพื่อการก่อสร้าง หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อการก่อสร้าง และหินอุตสาหกรรมชนิดหินไรโอไลต์เพื่อการก่อสร้าง ทั้งหมด 18 โรงงาน และการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล สามารถประเมินได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากหัวข้อ 3.6 (ตารางที่ 3.4-3.6) มาคำนวณ โดยมีรายละเอียดการประเมินดังตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

| ขอบเขตของกิจกรรม | กิจกรรม          | คะแนนระดับคุณภาพข้อมูล | EF | ผลการประเมิน | ระดับคุณภาพ |
|------------------|------------------|------------------------|----|--------------|-------------|
| 1                | การใช้เชื้อเพลิง | 3                      | 2  | 6            | 1           |
| 1                | การใช้วัตถุดิบ   | 3                      | 1  | 3            | 1           |
| 2                | การใช้ไฟฟ้า      | 3                      | 2  | 6            | 1           |

จากตารางที่ จ.1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลพบว่า ระดับคะแนนข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงและการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 6 และระดับคะแนนข้อมูลกิจกรรมการใช้วัตถุดิบ เท่ากับ 3 ซึ่งระดับคะแนนข้อมูลของกิจกรรมดังกล่าวมีความไม่แน่นอนสูงส่งผลให้ระดับคุณภาพของข้อมูลทั้ง 3 กิจกรรม มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากลักษณะการเก็บข้อมูลซึ่งได้จากมิเตอร์และใบเสร็จ และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ที่ได้จากข้อมูลระดับประเทศและสากล ทั้งนี้ แนวคิดการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลมีจุดมุ่งหมายเพื่อผลักดันให้ภาคอุตสาหกรรมปรับปรุงระบบการเก็บข้อมูลให้มีความต่อเนื่องด้วยการติดตั้งระบบอัตโนมัติ และพัฒนาให้ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผู้ผลิตที่มาจากการตรวจวัดที่มีคุณภาพ เพื่อเป็นตัวแทนที่ถูกต้องและทำให้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นในอนาคต (ขุติมา สุขอนันต์, 2555; นุชนาถ วรารักษ์ประภัสร์ลำไย ณีรัตน์พันธุ์ และเตือนใจ ดุลย์จินดาชบาพร, 2557)

## ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการศึกษาทั้ง 6 สถานการณ์

| สถานการณ์จำลอง | ปริมาณก๊าซเรือนกระจก<br>(kgCO <sub>2</sub> -eq) | ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก<br>(kgCO <sub>2</sub> -eq/ton) |
|----------------|---|---|
| สถานการณ์ที่ 1 | 16.47   | 0.50  |
| สถานการณ์ที่ 2 | 13.72   | 0.43  |
| สถานการณ์ที่ 3 | 13.72   | 0.51  |
| สถานการณ์ที่ 4 | 10.98   | 0.42  |
| สถานการณ์ที่ 5 | 35.68   | 1.06  |
| สถานการณ์ที่ 6 | 17.98   | 0.53  |

## ภาคผนวก ข



รูปที่ ข.1 ยานพาหนะวิ่งเปล่าจากโรงโม่ไปยังหน้าเหมือง



รูปที่ ข.2 การรื้อตัดหินบริเวณหน้าเหมือง



รูปที่ ข.3 การตักหิน



รูปที่ ข.4 การรอซึ่งน้ำหนักบรรทุกหิน



รูปที่ ข.5 การรอเทหินลงเครื่องป้อน



รูปที่ ข.6 การเทหินเสร็จ

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอาทิมา ดับโศก เกิดเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2533 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมต้นและมัธยมปลายจากโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี และเข้าศึกษาจนสำเร็จการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

