

รายงานวิชาการ

ฉบับที่ สรข.๑ ๑/๒๕๖๑

แนวทางการประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจ
ภูมิประเทศจากดาวเทียมร่วมกับข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์: กรณีศึกษา
สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ
บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

รายงานวิชาการ

ฉบับที่ สรข.๑ ๑/๒๕๖๑

แนวทางการประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจ
ภูมิประเทศจากดาวเทียมร่วมกับข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์: กรณีศึกษา
สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ
บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

รักษาราชการแทนอธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
นายวิษณุ ทับเที่ยง

ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑
นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ

หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี
นางรัชฎา รุจิพัฒนพงศ์

จัดพิมพ์โดย สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑
๑๓๓ ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
โทรศัพท์ +66 (0)7 431-1412, โทรสาร +66 (0)7 432-2189

พิมพ์ครั้งที่ ๑ พ.ศ. ๒๕๖๑
จำนวน ๑๕ เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

ชาตินัย ชูสาย

แนวทางการประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจภูมิประเทศจากดาวเทียม
ร่วมกับข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์: กรณีศึกษาสำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูน
เพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) /

โดย ชาตินัย ชูสาย สงขลา : กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑,
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ๒๕๖๑.

จำนวน ๓๙ หน้า

รายงานวิชาการ ฉบับที่ สรข.๑/๒๕๖๑

คำนำ

ภารกิจสำคัญของกรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่ประการหนึ่งคือการกำกับดูแลการประกอบการเหมืองแร่และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปตามกฎหมาย มีความปลอดภัย และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยท้าทายจากเทคโนโลยีการทำเหมืองที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับจำนวนบุคลากร และงบประมาณประจำปีที่หน่วยงานได้รับการจัดสรรให้ดำเนินการ โดยประเด็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งในกระบวนการพิจารณาอนุญาต และระบบการติดตามตรวจสอบกำกับดูแลภายหลังการอนุญาต คือการจัดเก็บข้อมูลผลการดำเนินงานและการตรวจสอบที่ได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วน

จากประเด็นปัญหาด้านการตรวจสอบผลการดำเนินงานในการทำเหมืองและการประกาศใช้พระราชบัญญัติแร่ พุทธศักราช ๒๕๖๐ สำหรับกรณีการจัดเก็บค่าภาคหลวงแร่ นั้น อธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่สามารถตั้งคณะกรรมการประเมินค่าภาคหลวงแร่หากมีเหตุอันควรสงสัยว่าการชำระค่าภาคหลวงแร่ไม่ถูกต้อง และสามารถเรียกชำระเพิ่มเติมได้ อันเป็นมติใหม่ของกระบวนการตรวจสอบ กำกับดูแลการทำเหมือง เพื่อสร้างความเป็นธรรมต่อสังคมและชุมชนที่จะมีระบบตรวจสอบรายได้จากทรัพยากรแร่ที่สามารถนำมาพัฒนาชาติได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

งานวิจัยและพัฒนาที่ได้ศึกษาขึ้นมาครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้ทางภูมิศาสตร์สารสนเทศ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ กำกับดูแลการทำเหมือง โดยอาศัยระบบตรวจสอบกำกับดูแลพื้นที่การทำเหมืองระยะไกล (Remote Inspection) รวมถึงเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformation Technology) จากระบบดาวเทียมที่มีในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถติดตามผลผลิตจากประทานบัตรเหมืองแร่สำหรับพื้นที่ประทานบัตรขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถใช้อุปกรณ์สำรวจจริงวัดและเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับในการติดตามความเปลี่ยนแปลงของบ่อเหมืองได้ ทำให้มิติการกำกับดูแลการทำเหมืองแร่มีความครอบคลุมในการบริหารจัดการและการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมคุ้มค่า และลดปัจจัยเสี่ยงต่อการทำกิจกรรมเหมืองแร่ที่ไม่ชอบด้วยกฎหมาย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องการดูแลการจัดเก็บรายได้ในรูปการประเมินปริมาณการผลิตแร่เพื่อเรียกเก็บค่าภาคหลวงแร่ได้ มีความสะดวก รวดเร็ว และใช้บุคลากรหรืองบประมาณในการดำเนินการแต่ละครั้งต่ำกว่าระบบการตรวจสอบ กำกับดูแลและการรังวัดโดยใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน และสามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติงานได้ต่อไป



(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)

ผู้อำนวยการ

สำนักงานอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำรายงานขอขอบคุณกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่สำหรับการสนับสนุนด้านงบประมาณในการศึกษาและจัดพิมพ์เอกสารรายงานฉบับนี้ ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ในความอนุเคราะห์ทางเทคนิค และข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม สำหรับข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้ในการศึกษานี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณในความกรุณาไปยัง

- ๑) คุณไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา
- ๒) คุณรัชฎา รุจิพัฒน์พงศ์ วิศวกรเหมืองแร่ชำนาญการ หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมพัฒนาเทคโนโลยี สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา
- ๓) คุณเชาวลิตร์ ทองประดับ วิศวกรเหมืองแร่ชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มกำกับดูแลการประกอบการ สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

สำหรับความอนุเคราะห์การสนับสนุนต่างๆ รวมถึงข้อคิดเห็น และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์เพื่อจัดทำรายงานการศึกษานี้ และขอขอบพระคุณต่อ คุณธีรวัฒน์ ทองรักษ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ กลุ่มส่งเสริมพัฒนาเทคโนโลยี ในการรวบรวมและจัดทำสถิติข้อมูลผลผลิตแร่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา และขอขอบพระคุณเป็นที่สุดต่อผู้ช่วยเหลือ และสนับสนุน อื่นๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมดไว้ ณ ที่นี้

บทคัดย่อ

การติดตามและการประเมินผลผลิตแร่เป็นภารกิจสำคัญอย่างหนึ่งของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เพื่อให้มีข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นธรรมในการจัดเก็บรายได้ในรูปค่าภาคหลวงแร่จากผลผลิตแร่ ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติแร่ พุทธศักราช ๒๕๖๐ หมวด ๑๑ ว่าด้วยค่าภาคหลวงแร่ ค่าธรรมเนียม และเงินบำรุงพิเศษ โดยกำหนดให้ผู้ถือประทานบัตรต้องชำระค่าภาคหลวงแร่ตามมาตรา ๑๓๓ โดยอธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่สามารถตั้งคณะกรรมการประเมินค่าภาคหลวงแร่หากมีเหตุอันควรสงสัยว่าการชำระค่าภาคหลวงแร่ไม่ถูกต้อง และสามารถเรียกชำระเพิ่มเติมได้ตามมาตรา ๑๓๓

รายงานการศึกษานี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจภูมิประเทศจากดาวเทียม ร่วมกับข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์ โดยเลือกกรณีศึกษาสำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ซึ่งอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ เนื่องจากค่าภาคหลวงแร่จากแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีสัดส่วนสูงสุดเมื่อเทียบกับแร่ชนิดอื่นในพื้นที่รับผิดชอบ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการประเมินที่ถูกต้อง ชัดเจนเป็นธรรมในการจัดเก็บรายได้เข้าสู่รัฐ

การศึกษานี้ใช้วิธีการประเมิน ๒ แนวทางคือ ๑) วิธีฐานส่วยอด (Bottom-up Approach) อันเป็นการประเมินปริมาณการผลิตแร่จากข้อมูลสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียม และ ๒) วิธียอดสู่ฐาน (Top-down Approach) ซึ่งเป็นการประเมินปริมาณการผลิตแร่จากข้อมูลทุติยภูมิโดยอาศัยข้อมูลสถิติจากปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้งสองวิธีพบว่าในระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๕๘ ที่ทำการประเมินมีปริมาณแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ถูกผลิตขึ้นมาประมาณ 41,566,911.75 เมตริกตัน (ประเมินโดยวิธีฐานส่วยอด) และ 39,082,673.10 เมตริกตัน (ประเมินโดยวิธียอดสู่ฐาน) โดยมีปริมาณผลผลิตแร่ที่รายงานมายังกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่จำนวน 41,547,792.00 เมตริกตัน (สามารถจัดเก็บค่าภาคหลวงแร่ได้จำนวน ๓๕๔.๐๕ ล้านบาท) ซึ่งอยู่ในพิสัยช่วงข้อมูลจากการประเมินปริมาณผลผลิตแร่จากทั้งสองวิธีดังกล่าว โดยมีค่าความแตกต่างอยู่ในช่วงพิสัยระหว่างร้อยละ -๐.๐๕ ถึง ๖.๓๑ ตามลำดับ จึงบ่งชี้ได้ว่ากรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่สามารถจัดเก็บรายได้จากค่าภาคหลวงแร่สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ สำหรับ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ ในระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๕๘ ได้ถูกต้อง ครบถ้วน

Abstract

Mineral production auditing and assessing are the most important duties of the Department of Primary Industries and Mines. Those information obtained from the duties are used for revenue collection in term of mineral royalty which is an important role issued in the Mineral Act. B.E. 2560, Section 11th (Article 131). By which, the Director General of the Department of Primary Industries and Mines could assigning mineral royalty assessment committee to audit mineral production from each entrepreneur for a correct revenue collection according to the Article 133 of the Act.

This study aims to provide a guideline for mineral production auditing and assessing using satellite surveying data, and production statistical data. A case study was selected from a limestone used for cement industry of the Siam Cement Group Plc. (Tungsong) which is located in a responsibility area of the Office of Primary Industries and Mines Region 1 according to a mineral production from this company shown the highest royalty comparing to other mineral produced in the responsibility area of the Office of Primary Industries and Mines Region 1. Therefore, the mineral production required an accuracy assessment method for revenue collection.

The study used 2 assessment methods which were 1) Bottom-up Approach (using satellite surveying for topographic data), and 2) Top-down Approach (statistical data for other related factors). It was found that during 2010-2015, limestone used for cement industry were produced approximately 41,566,911.75 metric ton (Bottom-up Approach), and approximately 39,082,673.10 metric ton (Top-down Approach). Mineral production records reported to the Department of Primary Industries and Mines revealed that the mineral produced from this company was 41,547,792.00 metric ton (royalty collected was 354.05 million Baht) by which the recorded data was fall between a range of those two approaches. Reported data had a difference from those two approaches between -0.05% and 6.31%, respectively. Thus, the Department of Primary Industries and Mines (by the Office of Primary Industries and Mines Region 1) could collect royalty from limestone used for cement industry produced by this company during 2010-2015, correctly.

เรื่อง	สารบัญ	หน้า
ปกนอก		1
ปกใน		2
คำนำ		3
กิตติกรรมประกาศ		4
บทคัดย่อ		5
Abstract		6
สารบัญ		7
1 บทนำ		8
1.1 หลักการและเหตุผล		8
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา		11
2 วิธีการศึกษา		12
2.1 แหล่งข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียม		12
2.2 การประมวลผลข้อมูล		15
3 ผลการศึกษา		26
3.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียม		26
3.2 ผลการประเมินปริมาณการผลิตแร่		29
4 สรุปผลการศึกษา		37
5 ข้อเสนอแนะ		38
บรรณานุกรม		39

แนวทางการประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจภูมิประเทศจากดาวเทียมร่วมกับข้อมูลสถิติ
ผลิตภัณฑ์:

กรณีศึกษาสำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย
(ทุ่งสง) อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

๑. บทนำ

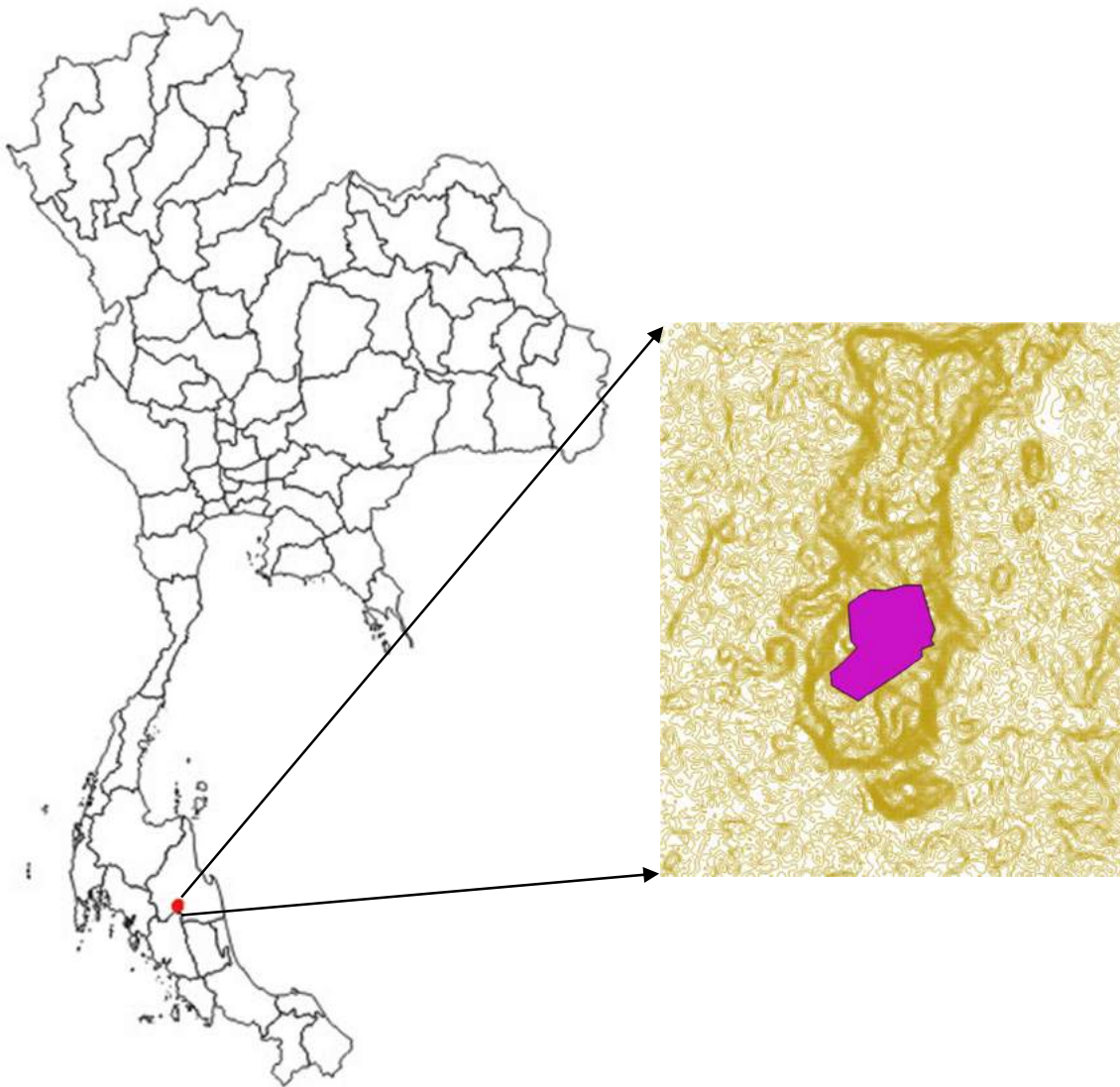
๑.๑ หลักการและเหตุผล

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ในฐานะหน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทและภารกิจสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรแร่ให้สามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์สูงสุดภายใต้ดุลยภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ได้มีการพัฒนาและส่งเสริมการประกอบกิจการสำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพมาโดยตลอด สำหรับการพัฒนาในอนาคตเพื่อรองรับนโยบายรัฐบาลที่ได้ประกาศให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมยุคใหม่ภายใต้แนวคิด ประเทศไทย ๔.๐ ซึ่งรัฐบาลได้มีการแก้ไข กฎ ระเบียบที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาชาติไปในทิศทางดังกล่าวหลากหลายประเด็นสำหรับพระราชบัญญัติแร่ได้มีการประกาศใช้นับแต่ พ.ศ. ๒๕๑๐ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการดำเนินงานตามภารกิจของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ก็ได้ถูกปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันที่มุ่งเน้นการพัฒนาอย่างมีคุณภาพโดยมีระบบบริหารข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลที่สามารถตรวจสอบย้อนหลังและเชื่อถือได้ และปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการพิจารณาแก้ไขข้อกฎหมายคือระบบการพิจารณาอนุญาต และระบบการติดตามตรวจสอบกำกับดูแลภายหลังการอนุญาตจะต้องเป็นไปอย่างเหมาะสม ยุติธรรม มีการบันทึกข้อมูลและการตรวจสอบย้อนหลังที่ได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วน ซึ่งหนึ่งในประเด็นคำถามสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่คือ **“สังคมและชุมชนได้อะไร และมีความคุ้มค่าเพียงไรต่อการอนุญาตให้มีกิจกรรมเหมืองแร่”** โดยหลักการสำคัญในการปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยแร่และกฎหมายว่าด้วยพิกัตอัตราค่าภาคหลวงแร่ ตามที่ได้มีการประกาศใช้ พระราชบัญญัติแร่ พุทธศักราช ๒๕๖๐ หมวด ๑๑ ว่าด้วยค่าภาคหลวงแร่ ค่าธรรมเนียม และเงินบำรุงพิเศษ นั้น ได้กำหนดให้ผู้ถือประทานบัตรต้องชำระค่าภาคหลวงแร่ตามมาตรา ๑๓๑ โดยอธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่สามารถตั้งคณะกรรมการประเมินค่าภาคหลวงแร่หากมีเหตุอันควรสงสัยว่าการชำระค่าภาคหลวงแร่ไม่ถูกต้อง และสามารถเรียกชำระเพิ่มเติมได้ตามมาตรา ๑๓๓ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ๒๕๖๐) ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นธรรมต่อสังคมและชุมชนที่จะมีระบบตรวจสอบรายได้จากทรัพยากรแร่ที่สามารถนำมาพัฒนาชาติได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

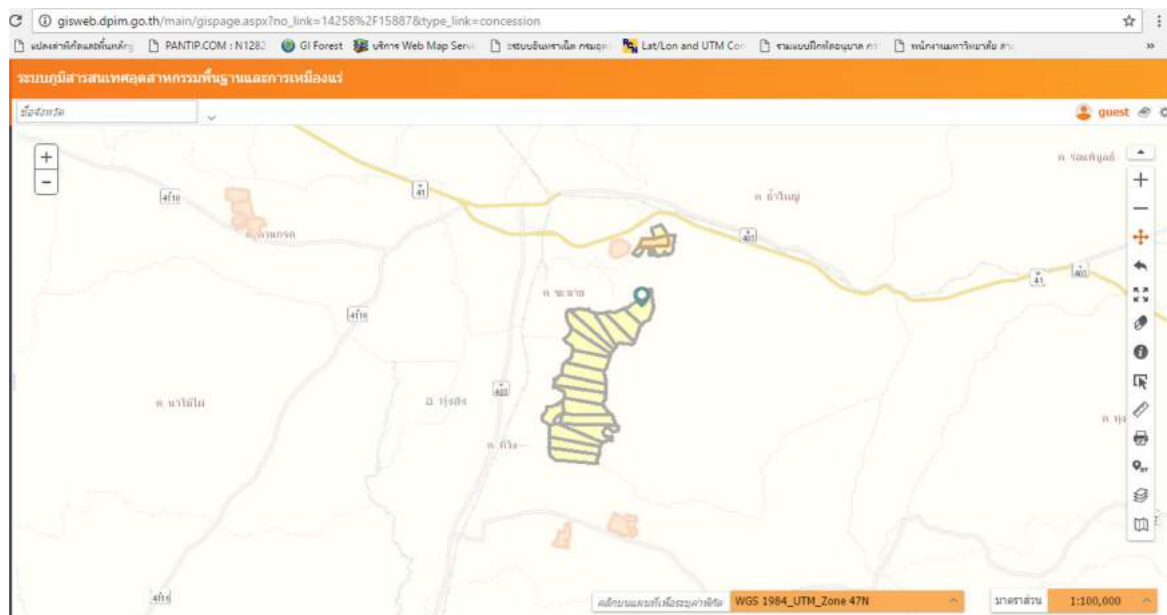
จากหลักการทางกฎหมายเกี่ยวกับระบบการประเมินเงินค่าภาคหลวงแร่โดยคณะกรรมการดังกล่าวได้นำมาสู่แนวคิดการพัฒนาระบบประเมินปริมาณการผลิตแร่โดยใช้ข้อมูลสำรวจภูมิประเทศจากดาวเทียมสำหรับภูมิประเทศขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถใช้อากาศยานไร้คนขับ ในการติดตามตรวจสอบการดำเนินการซึ่งกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้พัฒนาเพื่อใช้งานอยู่ในขณะนี้ (ชาตินัย ชูสายและคณะ, ๒๕๕๙) ทั้งนี้ได้เลือกกรณีศึกษาคือเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

(สรข. ๑ สงขลา) เป็นพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 1 และ 2) ซึ่งกรณีการเลือกใช้แร่ชนิดดังกล่าวเป็นกรณีศึกษาเนื่องจากเหตุผลดังนี้

๑. เป็นพื้นที่ทำเหมืองขนาดใหญ่ที่สุดในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ สรข. ๑ สงขลา จำนวน 15 แปลง ประทานบัตร เนื้อที่ 3,887 ไร่ 2 งาน 94 ตารางวา (6.22 ตร.กม.) โดยมีพื้นที่ทำเหมืองในปัจจุบันครอบคลุมเนื้อที่ 544 ไร่ (0.87 ตร.กม.)
๒. เป็นแร่หินอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการผลิตสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 7 ล้านเมตริกตันต่อปี (ตารางที่ 1)
๓. สัดส่วนปริมาณการจัดเก็บรายได้จากค่าภาคหลวงแร่เทียบกับมูลค่าแร่สูงสุดเมื่อเทียบกับแร่ชนิดอื่น (รูปที่ 3) โดยมีปริมาณค่าภาคหลวงแร่จัดเก็บได้ประมาณร้อยละ 30 จากปริมาณการผลิตแร่ทุกชนิดในพื้นที่รับผิดชอบ



รูปที่ 1: พื้นที่ศึกษาประทานบัตรเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนฯ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

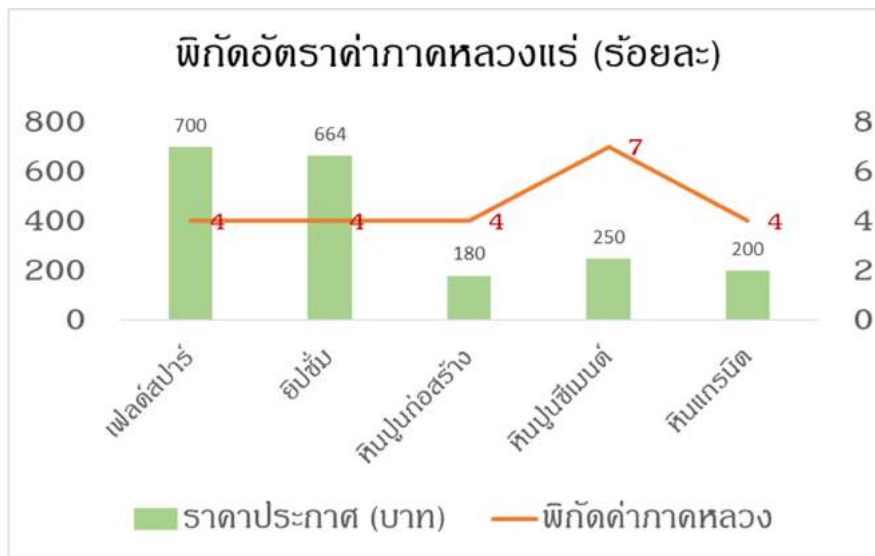


รูปที่ 2: พื้นที่ประทานบัตรเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนฯ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) จากเว็บไซต์กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

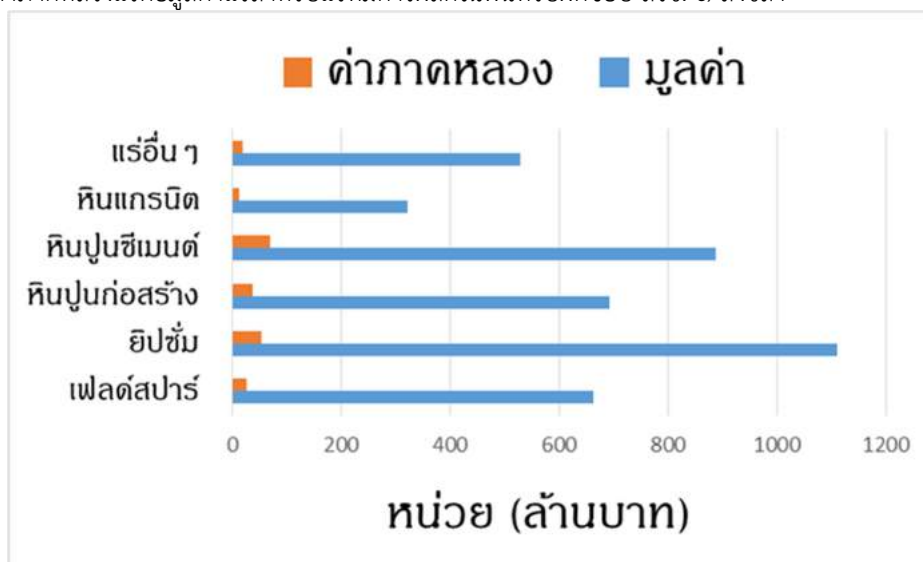
ตารางที่ 1: ข้อมูลผลผลิต มูลค่า และค่าภาคหลวงแร่ สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

ปี พ.ศ.	ผลผลิต (เมตริกตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ค่าภาคหลวงแร่ (ล้านบาท)
2553	6,609,103.00	793.09	53.41
2554	7,066,604.00	847.99	57.01
2555	7,159,680.00	859.16	60.56
2556	6,929,565.00	831.55	57.96
2557	6,384,718.00	767.58	56.53
2558	7,398,122.00	887.77	68.57
รวม	41,547,792.00	4,987.15	354.05

ก) ราคาประกาศและฟักัดอัตราค่าภาคหลวงแร่สำหรับการผลิตในพื้นที่รับผิดชอบ สรข. ๑ สงขลา



ข) สัดส่วนค่าภาคหลวงแร่ต่อมูลค่าแร่สำหรับการผลิตในพื้นที่รับผิดชอบ สรข. ๑ สงขลา



รูปที่ 3: ปริมาณการจัดเก็บรายได้จากค่าภาคหลวงแร่ สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนฯ เปรียบเทียบกับแร่ชนิดอื่นในพื้นที่รับผิดชอบ สรข. ๑ สงขลา

๑.๒ วัตถุประสงค์

๑. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศศาสตร์จากการสำรวจด้วยดาวเทียมสำหรับกิจกรรมเหมืองแร่ขนาดใหญ่

๒. เพื่อตรวจสอบปริมาณการผลิตแร่สำหรับประทานบัตรเหมืองแร่ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถใช้อากาศยานไร้คนขับในการติดตามตรวจสอบได้

๒. วิธีการศึกษา

๒.๑ แหล่งข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียม

งานศึกษานี้ได้สำรวจรวบรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจความสูงของภูมิประเทศโดยใช้ดาวเทียมที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำมาประมวลผลสำหรับติดตามปริมาณผลผลิตแร่ที่เกิดจากการลดระดับความสูงของหน้าเหมืองเหล่านั้น โดยตัดปัจจัยการพิจารณาด้านลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับสายแร่และความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ออก ซึ่งผลการสำรวจข้อมูลพบว่าข้อมูลแผนที่จากดาวเทียมภายใต้ความร่วมมือระหว่างกระทรวงเศรษฐกิจการค้าและอุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่น (The Ministry of Economy, Trade, and Industry of Japan: METI) องค์การบริหารอวกาศยานและอวกาศแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The United States National Aeronautics and Space Administration: NASA) ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (สำรวจในปี พ.ศ. ๒๕๕๓ และเผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๔) ภายใต้ชื่อ Aster GDEM (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>) และข้อมูลความสูงของภูมิประเทศที่สำรวจและเผยแพร่โดยหน่วยงานสำรวจอวกาศแห่งประเทศญี่ปุ่น (The Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA) ซึ่งสำรวจและเผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๘ และปรับปรุงข้อมูลล่าสุดในเดือนมีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ ภายใต้ชื่อ ALOS World 3D (http://global.jaxa.jp/press/2015/05/20150518_daichi.html) ซึ่งข้อมูลจากทั้งสองแหล่งมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการติดตามตรวจสอบปริมาณการผลิตแร่ที่ใกล้เคียงปัจจุบันมากที่สุด (ตารางที่ 2 และรูปที่ 4)

สำหรับรายละเอียดข้อมูลจาก Aster GDEM นั้นเกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่าง METI และ NASA โดยมีการเผยแพร่ข้อมูลแบบไม่คิดค่าใช้จ่ายครั้งแรกในรูปแบบ DEM เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2552 โดยเป็นข้อมูลสำรวจภูมิประเทศจากทั่วโลก (Global Digital Elevation Model: GDEM) เวอร์ชัน 1 ภายใต้ชื่อ ASTER GDEM (GDEM1) ซึ่งมีการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกว่า 1.2 ล้านภาพ ครอบคลุมพื้นที่จากละติจูดที่ 83 องศาเหนือถึงละติจูดที่ 83 องศาใต้ โดยได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญกว่า 20 หน่วยงาน ซึ่งให้ผลความแม่นยำในระดับ 20 เมตรบนพื้นราบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากนั้นจึงได้มีการพัฒนาข้อมูลในเวอร์ชัน 2 และเผยแพร่เมื่อกลางเดือนตุลาคม 2554 จากข้อมูลสำรวจที่เพิ่มมากขึ้นและมีการตรวจสอบความถูกต้องพร้อมทั้งแก้ไขข้อผิดพลาดจากเวอร์ชันแรกโดยมีการเปรียบเทียบผลการสร้างข้อมูลภูมิประเทศกับฐานข้อมูลอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลซึ่งให้ค่าความถูกต้องในแนวระดับในช่วง 20 เซนติเมตรโดยเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจด้วยดาวเทียมจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้อื่น และมีความแม่นยำในแนวราบที่ 17 เมตรที่ความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะภูมิประเทศว่าเป็นพื้นที่โล่งแจ้งหรือพื้นที่ป่าเขาและได้มีการทดสอบปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจากทุกภูมิภาคทั่วโลกที่อยู่ในระยะของการสำรวจโดยมีรายละเอียดการตรวจสอบตามเอกสาร (http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf)

ในส่วนรายละเอียดของข้อมูล ALOS World 3D นั้นเกิดจากการพัฒนาระบบข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียมของJAXA เพื่อเผยแพร่ข้อมูลการสำรวจความสูงของภูมิประเทศโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายจากผู้รับบริการที่ระดับความละเอียดในแนวนอน 30 เมตร ซึ่งใช้ดาวเทียมสำรวจพื้นโลกชื่อไดอิจิในการสำรวจจัดเก็บข้อมูล (Advanced Land Observing Satellite “DAICHI”: ALOS) โดยในขั้นต้นได้ทำการสำรวจและเผยแพร่ข้อมูลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศญี่ปุ่นก่อน จากนั้นจึงขยายพื้นที่ครอบคลุมทั่วโลกในละติจูดที่ 82 องศาเหนือถึงละติจูดที่ 82 องศาใต้ โดยที่ข้อมูลผลการสำรวจภูมิประเทศมีความละเอียดของจุดภาพในระยะ 5 เมตร ในการผลิตแผนที่ดิจิทัลระดับความละเอียด 30 เมตร ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลสำรวจภูมิประเทศที่มีความละเอียดสูงสุดที่มีการเผยแพร่ในปัจจุบันและมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ของพื้นผิวโลกรวมถึงงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศในระดับความละเอียด 5 เมตร (ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียด 2.5 เมตร) ประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกว่า 3 ล้านภาพทั่วโลก และมีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวโลกในระยะเวลาปัจจุบัน

ตารางที่ 2: แหล่งข้อมูลการสำรวจความสูงของภูมิประเทศโดยใช้ดาวเทียมจากต่างประเทศ

รายการเปรียบเทียบ	Aster GDEM	ALOS World 3D
หน่วยงาน	METI and NASA	JAXA
ดาวเทียม	TERRA	ALOS
วันที่เผยแพร่ข้อมูล	October 17, 2011 (Version 2)	May 18, 2015
พื้นที่ครอบคลุม	83 Deg lat. (North/South)	82 Deg lat. (North/South)
ความละเอียดแนวนอน	30 เมตร	30 เมตร

ก) เว็บไซต์เผยแพร่และดาวน์โหลดข้อมูล Aster GDEM (NASA, 2017)

asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp

ASTER
Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

ASTER Global Digital Elevation Map Announcement

The Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI) of Japan and the United States National Aeronautics and Space Administration (NASA) jointly announced the release of the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model Version 2 (GDEM V2) on October 17, 2011.

The first version of the ASTER GDEM, released in June 2009, was generated using stereo-pair images collected by the ASTER instrument onboard Terra. ASTER GDEM coverage spans from 83 degrees north latitude to 83 degrees south, encompassing 99 percent of Earth's landmass.

The improved GDEM V2 adds 260,000 additional stereo-pairs, improving coverage and reducing the occurrence of artifacts. The refined production algorithm provides improved spatial resolution, increased horizontal and vertical accuracy, and superior water body coverage and detection. The ASTER GDEM V2 maintains the GeoTIFF format and the same gridding and tile structure as V1, with 30-meter postings and 1 x 1 degree tiles.

Version 2 shows significant improvements over the previous release. However, users are advised that the data contains anomalies and artifacts that will impede effectiveness for use in certain applications. The data are provided "as is," and neither NASA nor METI/Japan Space Systems (J-spacesystems) will be responsible for any damages resulting from use of the data.

As a contribution from METI and NASA to the Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), ASTER GDEM V2 data are available free of charge to users worldwide from the Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) and J-spacesystems.

The GDEM is available for download from [NASA Reverb](#), [LP DAAC Global Data Explorer](#), and [J-spacesystems ASTER GDEM Page](#).

ข) เว็บไซต์เผยแพร่และดาวน์โหลดข้อมูล ALOS World 3D (JAXA, 2017)

eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d/index_e.htm

Home | Site Map | Contact Us | Japanese

Advanced Land Observing Satellite ●●● DAICHI-2 DAICHI **ALOS-2 ALOS**

ALOS Research and Application Project of EORC, JAXA

Home > Dataset > Precise Global Digital 3D Map "ALOS World 3D" Homepage

Precise Global Digital 3D Map "ALOS World 3D" Homepage

ALOS
Advanced Land Observing Satellite

Precise Global Digital 3D Map **ALOS World 3D**

The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) is starting to process the precise global digital 3D map using some 3 million data images acquired by the Advanced Land Observing Satellite "DAICHI" (ALOS). The digital 3D map to be compiled this time has the world's best precision of five meters in spatial resolution with five meters height accuracy that enables us to express land terrain all over the world. Hence its strong character will prove useful in various areas including mapping, damage prediction of a natural disaster, water resource research etc.

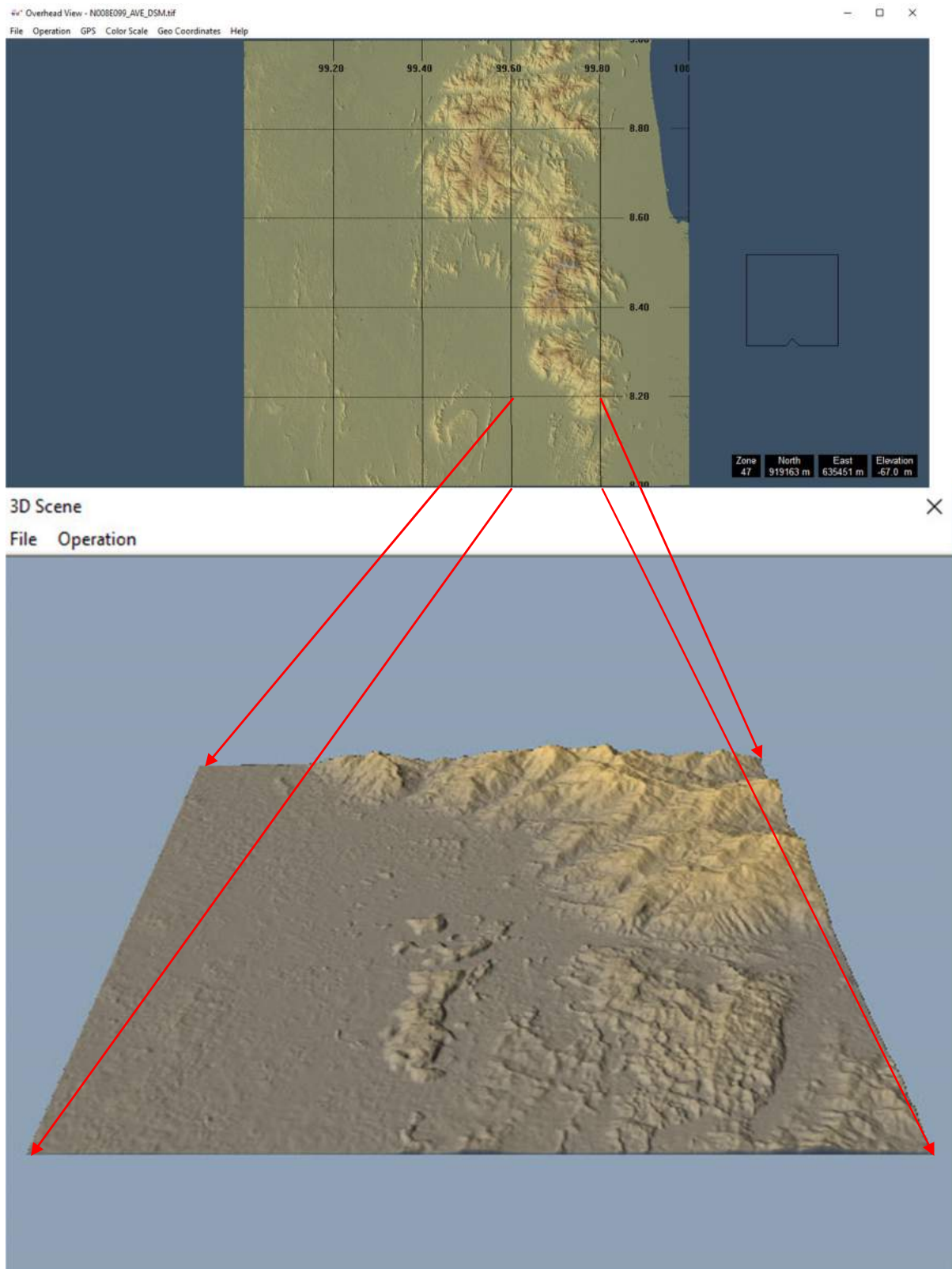
รูปที่ 4: แหล่งข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียมที่ใช้ในพื้นที่ศึกษา

๒.๒ การประมวลผลข้อมูล

ในงานศึกษานี้ได้กระทำให้ขึ้นเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลแผนที่จากสองแหล่งข้อมูลคือ Aster GDEM และ ALOS World 3D ซึ่งข้อมูล Aster GDEM และ ALOS World 3D ได้ถูกดาวน์โหลดในรูปแบบ TIFF FILE และต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Digital Elevation Model (DEM) ตามรูปที่ 5 โดยการใช้โปรแกรม 3DEM จากนั้นข้อมูล DEM จากทั้งสองแหล่งดังกล่าวได้ถูกนำมาสกัดค่าพิกัดและระดับความสูงของภูมิประเทศ เพื่อนำมาเปรียบเทียบโดยโปรแกรมประยุกต์ด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์

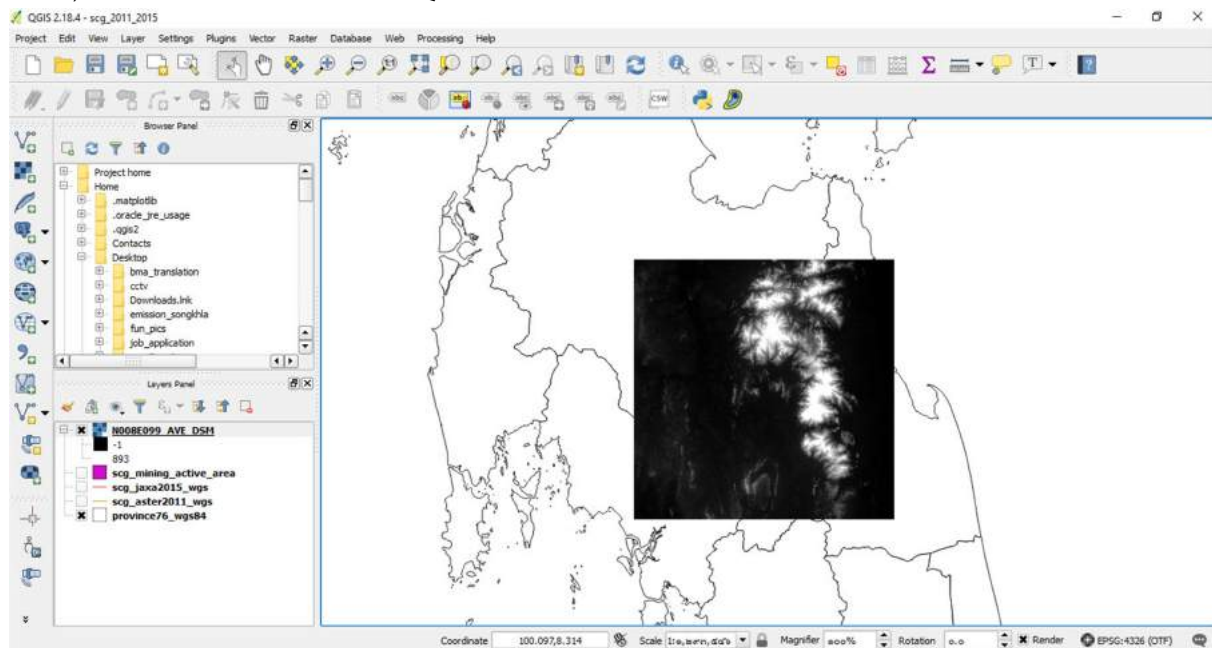
โดยในงานศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม Quantum GIS version 2.18 ร่วมกับ SAGA GIS (รูปที่ 6) ซึ่งระบบโปรแกรมดังกล่าวนี้ “เป็นระบบโปรแกรมประยุกต์เชิงภูมิศาสตร์สารสนเทศประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้จัดการข้อมูลปริภูมิ โดยจัดอยู่ในกลุ่มของซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software: FOSS) ที่ใช้งานง่าย ลักษณะการใช้งานเป็นแบบ Graphic User Interface มีความสะดวกต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการเรียกใช้ข้อมูลภาพ ข้อมูลตาราง การแสดงผลตาราง การแสดงผลกราฟ ตลอดจนสามารถสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้ในรูปแบบแผนที่ที่สวยงาม โดยเมื่อปี ค.ศ. 2002 กลุ่มนักพัฒนาจากเยอรมัน ได้พัฒนา Desktop GIS ที่ชื่อ Quantum GIS ที่สามารถเรียกใช้ข้อมูลเวกเตอร์ รัสเตอร์ ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานแพร่หลาย เช่น Shape file และ GeoTIFF QGIS สามารถแก้ไข Shape file Format ได้ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในเวลานี้ ทั้งนี้ QGIS พัฒนบนพื้นฐานของ Qt ที่เป็นไลบรารีสำหรับ Graphical User Interface (GUI) ที่ใช้งานได้ทั้ง UNIX, Windows และ Mac การพัฒนาใช้ภาษา C++ เป็นหลัก นอกจากนั้น QGIS ยังสามารถเชื่อมต่อกับ Spatial RDBMS เช่น PostGIS/PostgreSQL สามารถอ่านและเขียนฟิลด์ที่เก็บใน PostGIS ได้โดยตรง สามารถเชื่อมต่อกับ GRASS ได้ ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลที่จัดเก็บใน GRASS โดยตรง และสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆ ของ GRASS ได้ สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ในเบื้องต้น และการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ การสร้างและการแก้ไขข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) และข้อมูลตาราง (Attribute Data) สามารถจัดการข้อมูลได้ง่ายโดยเครื่องมือตาม GUI ที่กำหนดไว้ และนอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วย Scripts ที่เป็นภาษา Python ได้อีกด้วย ซึ่งผู้ที่สนใจโปรแกรมทางด้าน GIS สามารถ Download โปรแกรมมาใช้ได้ที่ www.qgis.org” (ธัญลักษณ์ เอี่ยมณรงค์ฤทธิ์, มปท)

ในการสกัดข้อมูล คำนวณประมวลผล และแสดงผล โดยได้ตรวจสอบลักษณะความสูงของภูมิประเทศที่สกัดได้กับภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันจากโปรแกรม Google Earth Pro และตรวจสอบพื้นที่ทำเหมืองแร่ในปัจจุบันจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตที่เผยแพร่โดยโครงการ GI Forest ซึ่งเป็นการร่วมมือระหว่างคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) ร่วมกับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA (รูปที่ 7) สำหรับการประเมินเชิงภูมิศาสตร์จะใช้ค่าทางสถิติในการทดสอบความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของภูมิประเทศ และการประเมินปริมาณการผลิตจากความแตกต่างของภูมิประเทศระหว่างสองแหล่งข้อมูลดังกล่าวจากโปรแกรม SAGA GIS และเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติการผลิตที่ได้มีการบันทึกไว้ในช่วงเวลาที่ผ่านมา

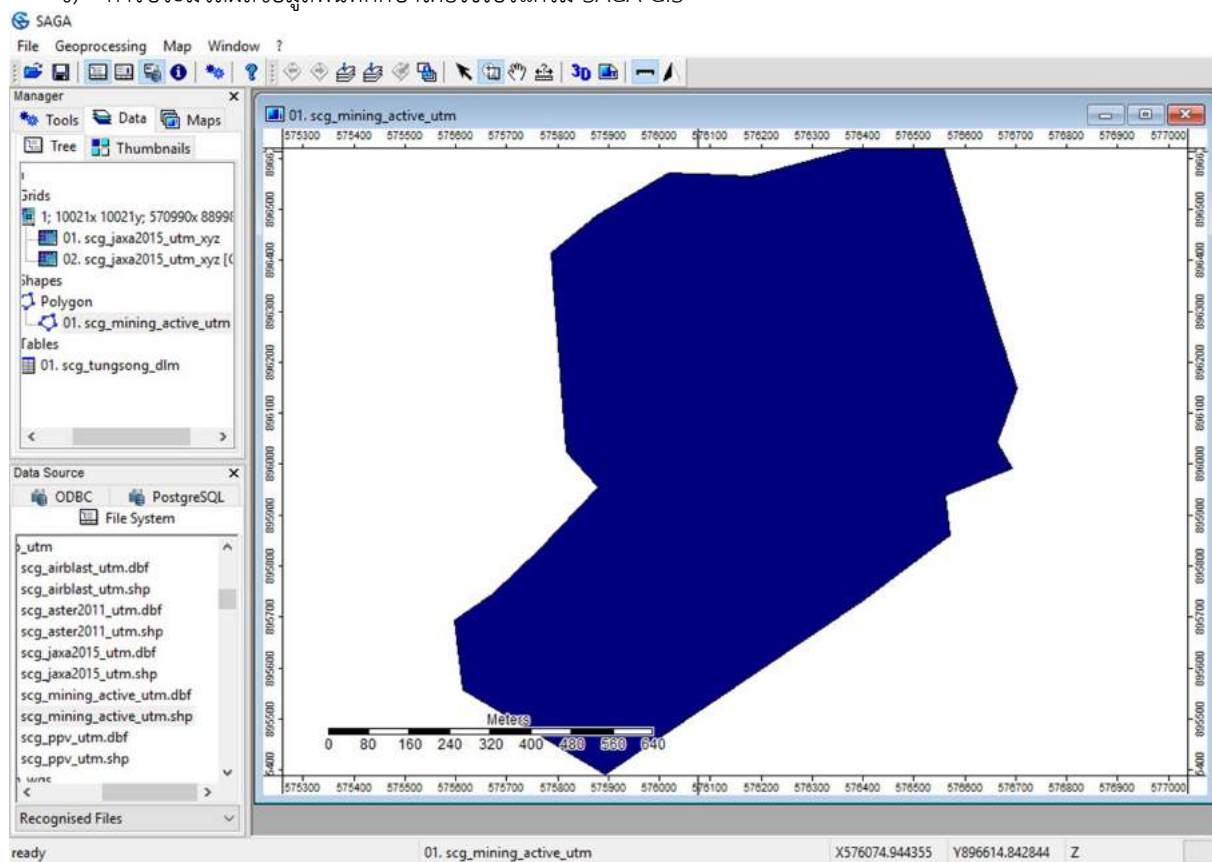


รูปที่ 5: ตัวอย่างข้อมูลภูมิประเทศสำหรับพื้นที่ศึกษาจากการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียมและประมวลผลโดยโปรแกรม 3DEM (<http://www.hangsim.com/3dem/>)

ก) การประมวลผลโดยใช้โปรแกรม QGIS version 2.18



ข) การประมวลผลข้อมูลพื้นที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรม SAGA GIS



รูปที่ 6: ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศศาสตร์

SHEET : 4925III7694



สำหรับค่าทางสถิติที่มีการนำมาทดสอบคือค่าเฉลี่ยความแตกต่าง ค่าความสัมพันธ์ (r) ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) การวิเคราะห์ความถดถอย และการวิเคราะห์การกระจายตัว โดยค่าความสัมพันธ์คำนวณจากสมการ

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ n คือจำนวนข้อมูล, X คือข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศจาก ASTER GDEM, และ Y คือข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศจาก ALOS World 3D ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (MB) คำนวณจาก

$$MB = \frac{\sum (X - Y)}{n}$$

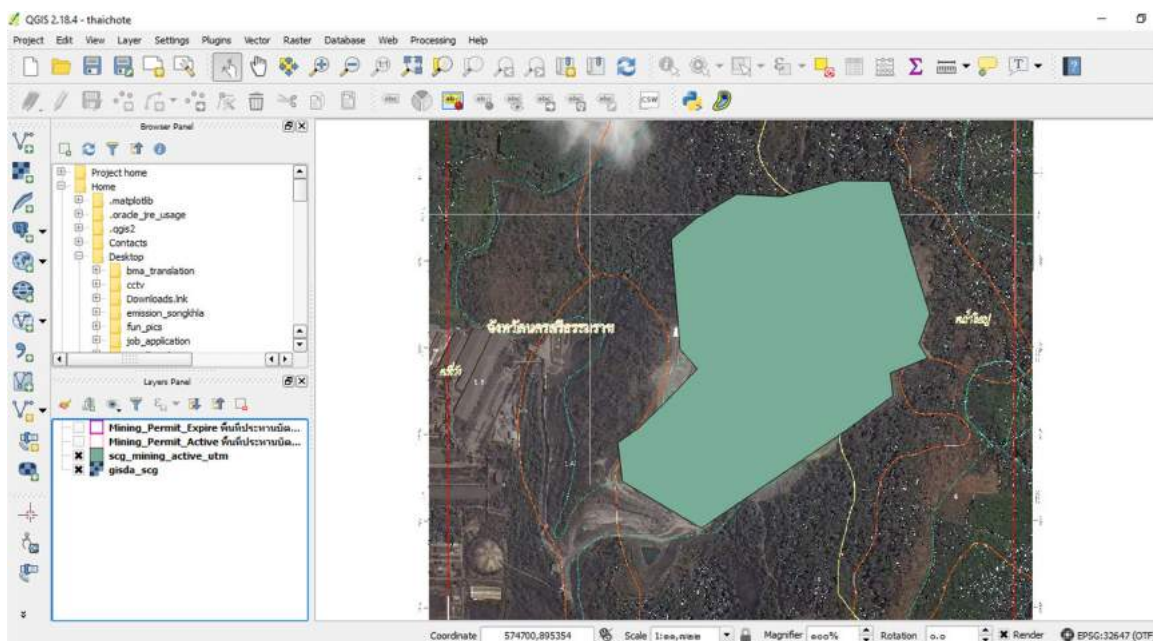
สำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวจะเป็นแผนภาพแสดงความแตกต่างแบบจับคู่พิกัดเมื่อเลือกพิกัด X Y ที่จุดใดๆ บนแผนที่แล้วกำหนดให้ค่าที่อ่านได้จากแกน x เป็นความสูงที่ได้จาก ASTER GDEM และค่าที่อ่านได้จากแกน y เป็นความสูงที่อ่านได้จาก ALOS World 3D ณ พิกัดเดียวกัน

การประเมินการผลิตด้วยวิธีฐานสู่ยอด (Bottom-up Approach)

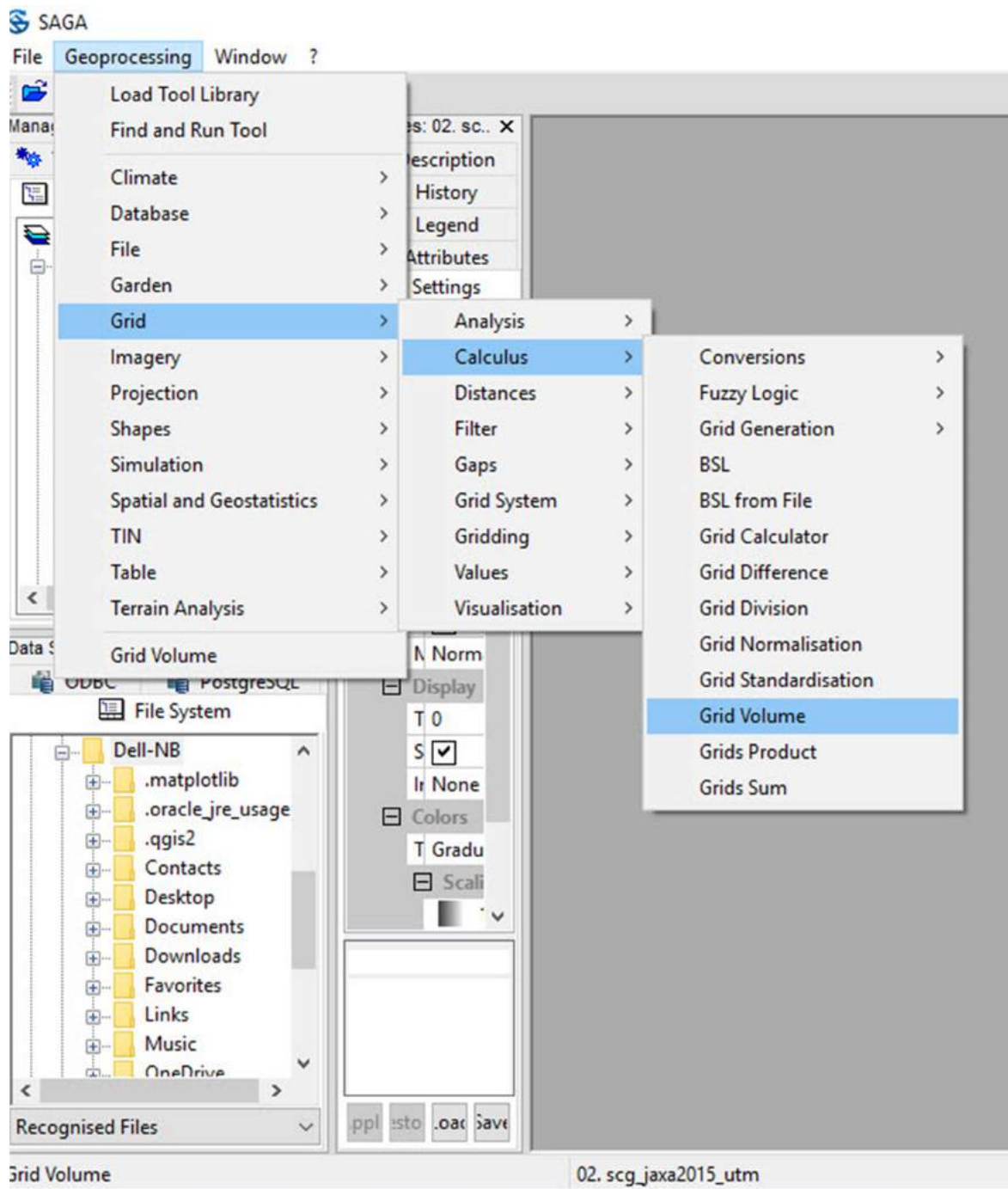
การประเมินปริมาณการผลิตด้วยวิธีฐานสู่ยอด Bottom-up Approach เป็นการคำนวณปริมาณแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ที่ถูกกระเบิด ขุด ตัก ขึ้นมาจากบ่อเหมืองในพื้นที่ศึกษาโดยตรงซึ่งมีการใช้ข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียมเป็นฐานข้อมูลหลักและใช้โปรแกรมประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลแร่หินอุตสาหกรรมจากข้อมูล Aster GDEM และ ALOS World 3D โดยคำนวณที่ระดับความสูงพื้นฐานเดียวกันในขอบเขตพื้นที่ทำเหมืองที่ตรงกันซึ่งกำหนดพื้นที่ทำเหมืองจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม Quantum GIS version 2.18 ดังรูปที่ 8 และคำนวณปริมาตรแร่จากแต่ละแหล่งข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SAGA GIS (รูปที่ 9) จากนั้นจึงนำปริมาตรแร่จากแต่ละแหล่งข้อมูลมาลบกันเพื่อประเมินปริมาตรแร่ที่ถูกกระเบิด ขุด ตักขึ้นมาก่อนจะแปลงออกมาเป็นมวลแร่ โดยในงานศึกษานี้ได้กำหนดค่าตัวแปรและเงื่อนไขต่างๆ เพื่อการคำนวณดังนี้

- 1) ใช้ระดับความสูงภูมิประเทศบริเวณพื้นระดับต่ำสุดของบ่อเหมืองเป็นระดับพื้นผิวฐานในการคำนวณที่ 80 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.)
- 2) คำนวณปริมาตรของแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากบ่อเหมืองทั้งสิ้นที่อยู่เหนือระดับพื้นผิวฐาน

- 3) ใช้ค่าร้อยละของปริมาณแร่ที่สามารถนำมาผลิตเป็นปูนซีเมนต์ได้ที่ค่าระหว่างร้อยละ 90-95 (% Recovery)
- 4) ใช้ความถ่วงจำเพาะของหินปูนที่ 2.5 เป็นตัวแปลงค่าระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาตรแร่



รูปที่ 8: การสร้างขอบเขตพื้นที่ทำเหมืองจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม Quantum GIS version 2.18



รูปที่ 9: การคำนวณปริมาตรแร่เหนือระดับพื้นผิวอ้างอิงโดยใช้โปรแกรม SAGA GIS

การประเมินการผลิตแร่ด้วยวิธียอดสู่ฐาน (Top-down Approach)

การประเมินปริมาณการผลิตแร่ด้วยวิธียอดสู่ฐาน (Top-down Approach) เป็นกระบวนการที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจทานข้อมูลผลการประเมินการผลิตแร่โดยวิธี Bottom-up Approach ซึ่งเป็นเกณฑ์เบื้องต้นที่ผลการคำนวณทั้งสองวิธีควรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยการคำนวณการผลิตแร่ด้วยวิธี Top-down Approach นี้จะใช้ข้อมูลหัตถภูมิจากรายงานข้อมูลสถิติและรายงานการศึกษาวิจัยจากแหล่งข้อมูลอื่นๆที่มีความน่าเชื่อถือมาใช้ในการคำนวณจากข้อมูลมหภาคในระดับประเทศแล้วย่อขนาดพื้นที่จากสมมติฐานที่เกี่ยวข้องลงมาสู่ข้อมูลในพื้นที่ศึกษา (Top-down) โดยวิธีการดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการประเมินปริมาณการผลิตแร่ด้วยวิธี Top-down Approach เป็นการคำนวณย้อนกลับจากข้อมูลปริมาณการผลิตปูนเม็ดที่มีการรายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม แล้วอาศัยหลักการมวลสมดุล (Mass Balance) ที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตปูนเม็ด เพื่อคำนวณความต้องการปัจจัยการผลิตคือวัตถุดิบที่จำเป็นในการผลิต จากนั้นจึงใช้ค่าตัวแปรด้านกำลังการผลิตในการหอนปริมาณวัตถุดิบจากข้อมูลมหภาคที่มีการรายงานในภาพรวมทั้งประเทศมาสู่ความต้องการวัตถุดิบที่จำเป็นต้องใช้ในพื้นที่ศึกษาดังนั้นจึงต้องศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ภายในประเทศไทยก่อน เพื่อทำความเข้าใจในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อใช้ประกอบการคำนวณมวลสมดุลได้ต่อไป ทั้งนี้กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทยสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

วัตถุดิบหลักที่ใช้

1. วัตถุดิบกลุ่มเนื้อปูน (Calcareous Mataterial) ได้แก่ หินปูน(Limestone) และดินสอพอง(Chalk)
2. วัตถุดิบกลุ่มเนื้อดิน (Argillaceous Mataterial) ได้แก่ ซิลิกา อลูมินา ซึ่งอยู่ในรูปของดินดำหรือดินเหนียว (Clay) และดินดาน (Shale)
3. วัตถุดิบกลุ่มเพิ่มคุณสมบัติ (Iron Oxide Mataterial) ได้แก่ แร่เหล็ก (Iron ore) หรือศิลาแลง (Laterite)
4. กลุ่มปรับสภาพ (Gypsum Ore) ได้แก่ แร่ยิปซัม

สำหรับกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีขั้นตอนต่างๆดังนี้ (รูปที่ 10)

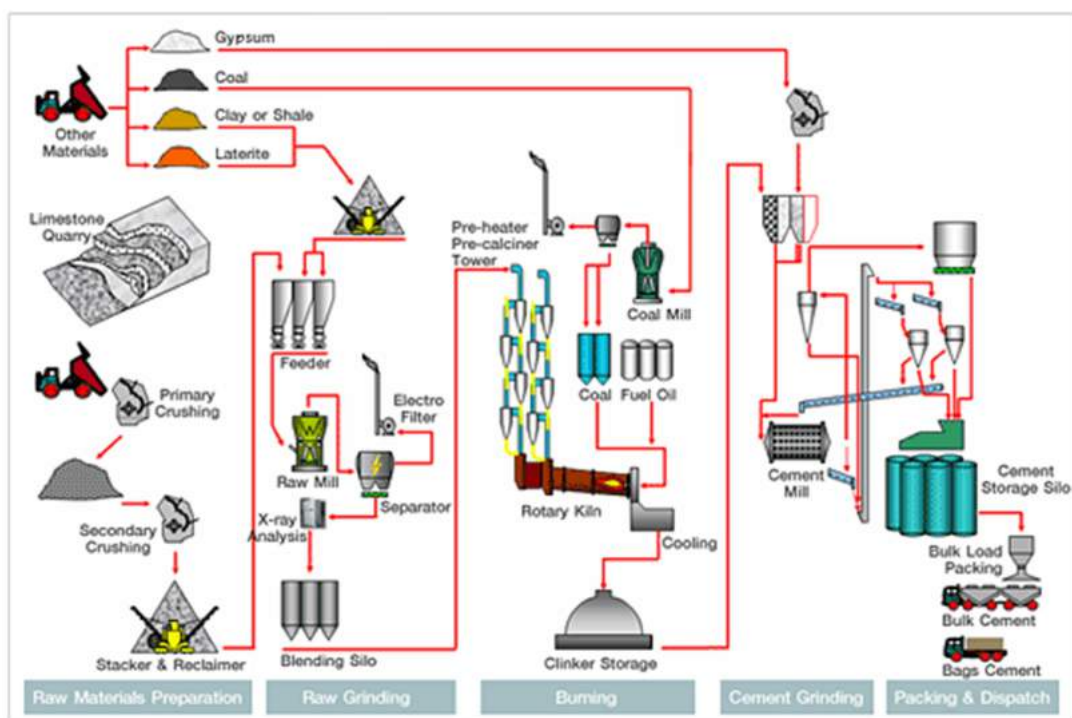
ขั้นตอนที่ 1: นำวัตถุดิบหลักกลุ่มเนื้อปูน กลุ่มเนื้อดิน และกลุ่มเพิ่มคุณสมบัติจากกระบวนการทำเหมืองแร่มาบดลดขนาดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการลำเลียงเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 2: วัตถุดิบที่ถูกบดลดขนาดจนเหมาะสมแล้วทั้งสามกลุ่มจะถูกลำเลียงไปยังหม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) เพื่อบดให้เป็นผงละเอียดพร้อมทั้งผสมวัตถุดิบทั้งสามกลุ่มให้เป็นเนื้อเดียวกันซึ่งเรียกว่า วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิตเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบและปริมาณวัตถุดิบไปยังเตาเผาปูนเม็ด เพื่อให้มีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3: ลำเลียงวัตถุดิบสำเร็จไปยังหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) เพื่อทำการเผาออกมาเป็นปูนเม็ด (Clinker) ซึ่งเป็นเตาเผาแกนเอียงที่ความร้อนในหม้อเผาและวัตถุดิบสำเร็จจะถูกส่งผ่านในทิศทางที่สวนทางกันซึ่งทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบค่อยๆเพิ่มขึ้นภายในกระบวนการเผาปูนเม็ด จนถึงประมาณ ๑,๒๐๐ - ๑,๔๐๐ องศาเซลเซียส และเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นในขั้นตอนนี้

- 1) น้ำและความชื้นรวมถึงสารประกอบระเหยง่ายต่างๆ จะระเหยออกจากส่วนผสมทั้งหมด
- 2) ปฏิกิริยาการเผาปูนจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ออกจากหินปูนเหลือไว้เพียง (CaO)
- 3) เกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการหลอมตัวของออกไซด์ระหว่างปูนขาว (CaO) กับส่วนผสมจากแร่ธาตุกลุ่มเนื้อดินและกลุ่มเพิ่มคุณสมบัติ
- 4) ปูนเม็ดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีจากการหลอมตัวทางเคมีของออกไซด์ต่างๆ แล้วตกผลึกเมื่ออุณหภูมิลดลง

ปูนเม็ดที่ได้จากเตาเผาจะถูกลำเลียงไปยังยังเก็บเพื่อแบ่งส่วนหนึ่งในการจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ปูนเม็ด ในขณะที่ปูนเม็ดส่วนใหญ่จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ผงโดยการบดผสมกับแร่ยิปซัม (Gypsum) ในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) ตามสัดส่วนที่ต้องการเพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามความต้องการใช้งานก่อนเก็บในยังเก็บปูนซีเมนต์ผง (Cement Silo) หรือบรรจุถุงเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 10: กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ (<http://www.asiacement.co.th/TH/บริษัทของเรา/กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์>)

สำหรับการคำนวณปริมาณวัตถุดิบจะประยุกต์จากรายงานการศึกษาเรื่องการลดทรัพยากรป้อนกระบวนการผลิตและการลดการระบายมลพิษโดยการเพิ่มปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งศึกษาโดยสมาคมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แห่งประเทศไทยสหรัฐอเมริกา (Portland Cement Association, 1996) และใช้ข้อมูลปริมาณปูนเม็ดที่มีรายงานผลผลิตโดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเป็นฐานข้อมูลนำเข้าดังตัวอย่างในรูปที่ 11 แล้วแปลงเป็นความต้องการวัตถุดิบเพื่อป้อนสู่กระบวนการผลิตโดยมีรายการคำนวณดังนี้

ฐานข้อมูลหลักในการคำนวณ = ปริมาณการผลิตปูนเม็ด ณ ปีที่ทำการประเมิน

ปริมาณความต้องการหินปูน = ปริมาณการผลิตปูนเม็ด ณ ปีที่ทำการประเมิน × สัดส่วนวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์จากการศึกษาโดยสมาคมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แห่งประเทศไทยสหรัฐอเมริกา

ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาพบว่าปริมาณวัตถุดิบต่อปริมาณปูนเม็ดคือ 1.6 : 1 โดยวัตถุดิบประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 80 และเคลย์ร้อยละ 20 ดังรูปที่ 12

1	ปริมาณการผลิตอุตสาหกรรมรายผลิตภัณฑ์										
2	* ตัวเลขเบื้องต้น										
3	ผลิตภัณฑ์				หน่วย	2554	2555	2556	2557	2558	2559*
18	269120	020	เครื่องสูบลมที่ ล้อมชักโครก	ชิ้น	3,186,218.00	3,346,839.00	3,820,566.00	4,002,906.00	3,917,632.00	4,053,432.00	
19	269120	030	เครื่องสูบลมที่ โกลัมปิดลว	ชิ้น	259,324.00	220,493.00	243,897.00	240,602.00	275,242.00	219,051.00	
20	269120	040	เครื่องสูบลมที่ อ่างล้างหน้า	ชิ้น	2,072,177.00	2,124,272.00	2,361,167.00	2,272,955.00	2,147,593.00	2,300,666.00	
21	269120	060	ที่วางสบู่และที่ใส่กระดาษ	ชิ้น	761,878.00	645,691.00	813,514.00	643,292.00	624,889.00	575,545.00	
22	269310	010	กระเบื้องปูพื้น-ปูผนัง	ตร.ม.	163,690,601.00	172,659,531.00	166,224,214.00	160,024,549.00	153,034,281.00	148,080,289.00	
23	269410	010	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์	ตัน	24,405,728.55	28,592,957.62	31,255,752.04	32,545,705.41	32,945,841.15	32,269,451.72	
24	269410	020	ซีเมนต์ผสม	ตัน	10,539,642.66	10,636,774.41	10,140,274.33	8,421,310.99	7,225,269.78	7,155,170.60	
25	269410	050	ปูนเม็ด (Clinkers)	ตัน	38,188,031.00	39,027,471.00	38,737,035.80	41,987,663.98	41,090,578.11	43,890,237.01	
26	269510	010	คอนกรีตผสมเสร็จ	ลบ.ม.	10,713,325.69	13,383,959.80	14,848,960.83	14,955,405.55	14,656,632.54	14,344,535.70	
27	269510	020	เสาเข็มคอนกรีต	เมตร	715,382.92	614,113.17	627,627.25	496,918.35	472,155.89	509,394.84	
28	269510	030	พื้นสำเร็จรูปคอนกรีต	เมตร	1,798,493.21	2,051,339.72	2,242,268.12	1,907,661.37	1,742,370.61	1,428,137.02	
29	269510	060	ท่อซีเมนต์	ตัน	238,064.83	108,170.86	123,271.51	136,352.39	130,523.16	147,379.81	
30	269530	010	แอสฟัลท์	ตัน	111,827.50	106,080.69	103,893.41	108,339.97	157,158.00	177,859.57	
31	รวม	รวม	รวม	รวม							

รูปที่ 11: รายงานข้อมูลการผลิตภาคอุตสาหกรรมโดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สศอ., ๒๕๖๐)

Assumptions

- Raw mix to clinker ratio: 1.6:1
- Clinker to cement ratio: 0.95:1
- Two component raw mix: 80% limestone, 20% clay.
- Energy consumption:
 - kiln fuel 4.21 mmBtu per ton (4.63 mmBtu per tonne).
 - electricity 144 kWh per ton or 0.48 mmBtu (158 kWh per tonne or 0.53 mmBtu per tonne).
 - no change in energy consumption in finish milling.
- Heat contents.
 - coal: 22.7 mmBtu per ton
 - petroleum coke: 28.2 mmBtu per ton
 - natural gas: 1000 Btu per ft³
- 1995 Portland cement production from domestic clinker: 75 million tons .
(Total U.S. Portland cement production minus cement ground from imported clinker).
- CKD: 5.28 million tons (4.8 million tonnes) per year.
- Reductions of inputs and emissions are directly proportional to the percentage of limestone added.

รูปที่ 12: สมมุติฐานการคำนวณปริมาณวัตถุดิบและปริมาณปูนเม็ดโดยสมาคมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แห่งประเทศไทย
สหรัฐอเมริกา (Portland Cement Association, 1996)

๓. ผลการศึกษา

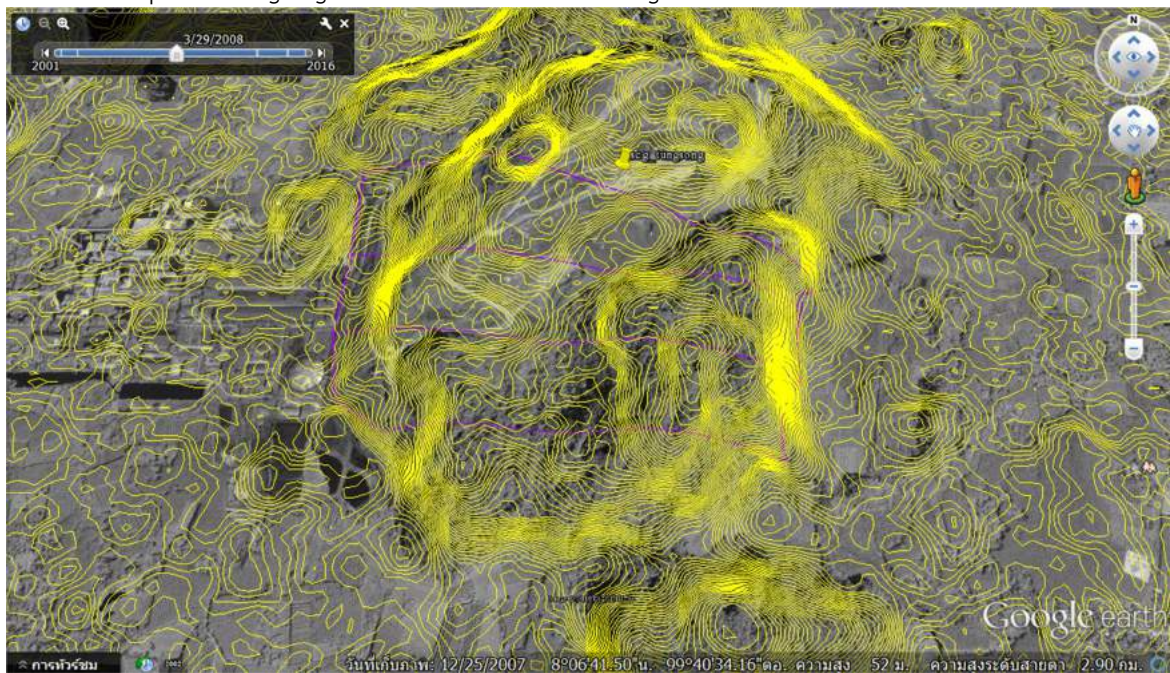
๓.๑ ผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียม

ผลการสกัดข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศเพื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาที่ทำ การสำรวจพบว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากระบบโปรแกรม Google Earth Pro ไม่มีข้อมูลสำหรับพื้นที่ ศึกษาในปี พ.ศ. ๒๕๕๓ ที่มีการสำรวจในรูปแบบข้อมูล Aster GDEM งานศึกษานี้จึงได้เลือกข้อมูลในปีที่ ใกล้เคียงที่สุดคือ พ.ศ. ๒๕๕๑ มาใช้เปรียบเทียบ ซึ่งเส้นชั้นความสูงจากการสกัดข้อมูลสำรวจในปี พ.ศ. ๒๕๕๓ ยังมีความใกล้เคียงกับลักษณะภูมิประเทศจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ถูกผลิตในปี พ.ศ. ๒๕๕๑ แต่ยังมี รายละเอียดในบางพื้นที่ซึ่งแสดงข้อมูลที่มีความแตกต่างไม่สอดคล้องกันอันเนื่องมาจากปีที่มีการผลิตข้อมูลทั้งสองประเภทแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลในลักษณะเดียวกันสำหรับปีที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันคือ พ.ศ. ๒๕๕๘ จากข้อมูล ALOS World 3D นั้น พบว่าเส้นชั้นความสูงที่สกัดจากข้อมูลสำรวจด้วยดาวเทียมปี พ.ศ. ๒๕๕๘ มี ลักษณะเป็นไปตามภาพถ่ายดาวเทียมปีเดียวกันดังรูปที่ 13 จึงสามารถกล่าวได้ว่าข้อมูลระดับความสูงของภูมิ ประเทศที่สกัดขึ้นมาจากข้อมูลสำรวจด้วยดาวเทียมสามารถใช้เป็นตัวแทนลักษณะภูมิประเทศในปีนั้นได้ และ เมื่อพิจารณาพื้นที่การทำเหมืองจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. ๒๕๕๙ จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชด (รูปที่ 14) พบว่าพื้นที่ทำเหมืองยังอยู่ภายในขอบเขตพื้นที่ประทานบัตรและมีลักษณะเป็นขั้นบันไดถูกต้องตาม หลักวิชาการตามที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้ออกใบอนุญาตประทานบัตรไว้จึงสามารถสรุป ได้ว่าการทำเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรมเหมืองแร่และดำเนินการในพื้นที่อนุญาตประทานบัตรถูกต้องตามกฎหมาย ตามที่ได้รับอนุญาตประทานบัตร

จากการทดสอบคุณภาพข้อมูลพบว่าข้อมูล Aster GDEM ซึ่งถูกผลิตในช่วงปี พ.ศ. ๒๕๕๓ ก่อนจะ เผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๔ (ค.ศ. 2011) มีความสูงของภูมิประเทศโดยเฉลี่ยสูงกว่าข้อมูล ALOS World 3D ที่ ถูกผลิตและเผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๘ (ค.ศ. 2015) ประมาณ 24 เมตร โดยที่ข้อมูล Aster GDEM มีค่า เบี่ยงเบนมาตรฐานและช่วงพิสัยข้อมูลสูงกว่า ALOS World 3D ทั้งนี้ข้อมูลค่าระดับความสูงของภูมิประเทศ ต่ำสุดมีค่าเท่ากันคือ 45 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งบ่งชี้ว่าพื้นที่ซึ่งไม่ถูกรบกวนด้วยกิจกรรมใดๆ มีความ สอดคล้องกันของข้อมูลในแนวระดับ แต่ข้อมูล Aster GDEM มีค่าระดับความสูงของภูมิประเทศสูงสุดสูงกว่า ALOS World 3D และมีผลการคำนวณค่าความแตกต่างของระดับความสูงเฉลี่ยที่ 23.62 เมตร ซึ่งสามารถ สรุปได้ว่าความสูงของภูมิประเทศจากข้อมูล Aster GDEM มีค่าสูงกว่า แปลความได้ว่าในระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๕๓ ถึงปี พ.ศ. ๒๕๕๘ ภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีการทำเหมืองแร่มีการลดระดับลงมาโดยเฉลี่ย 23.62 เมตร อย่างไรก็ตามค่าระดับความสูงของภูมิประเทศจากทั้งสองแหล่งข้อมูลมีความสัมพันธ์กันทางสถิติโดยมีค่า ความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.84 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.71 (รูปที่ 15)

ก) เส้นชั้นความสูงปี พ.ศ. ๒๕๕๓ เทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. ๒๕๕๑
(<http://www.google.com/earth/download/ge/>)



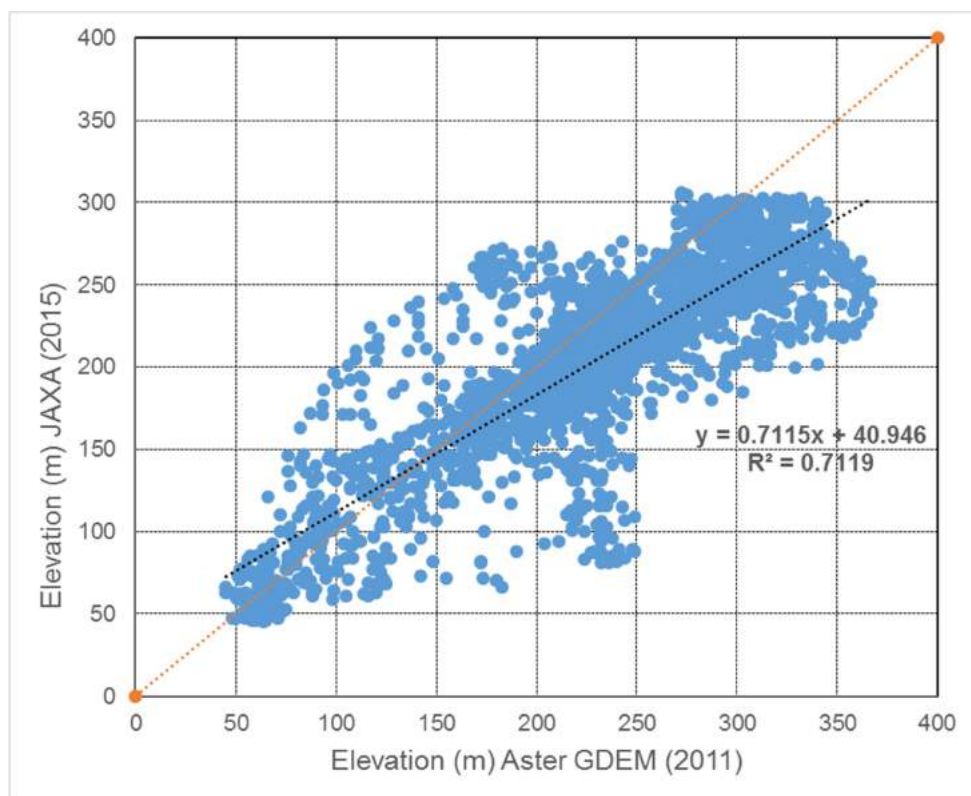
ข) เส้นชั้นความสูงปี พ.ศ. ๒๕๕๘ เทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. ๒๕๕๘
(<http://www.google.com/earth/download/ge/>)



รูปที่ 13: เส้นชั้นความสูงสำหรับสองช่วงเวลาในพื้นที่ศึกษา (พ.ศ. ๒๕๕๓ สีเหลือง และ พ.ศ. ๒๕๕๘ สีแดง)



รูปที่ 14: ขอบเขตประทุนบัตรและพื้นที่ทำเหมืองแร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๙ (GISTDA, 2017)



รูปที่ 15: การทดสอบค่าทางสถิติสำหรับสองช่วงเวลาในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3: ผลการเปรียบเทียบข้อมูลความสูงของภูมิประเทศที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียมสำหรับพื้นที่ทำเหมืองในปัจจุบันของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

รายการเปรียบเทียบ	Aster GDEM (2011)	ALOS World 3D (2015)
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	223.82	200.20
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมตร)	74.26	62.63
พิสัย (เมตร)	322.00	261.00
ค่าต่ำสุด (เมตร)	45.00	45.00
ค่าสูงสุด (เมตร)	367.00	306.00

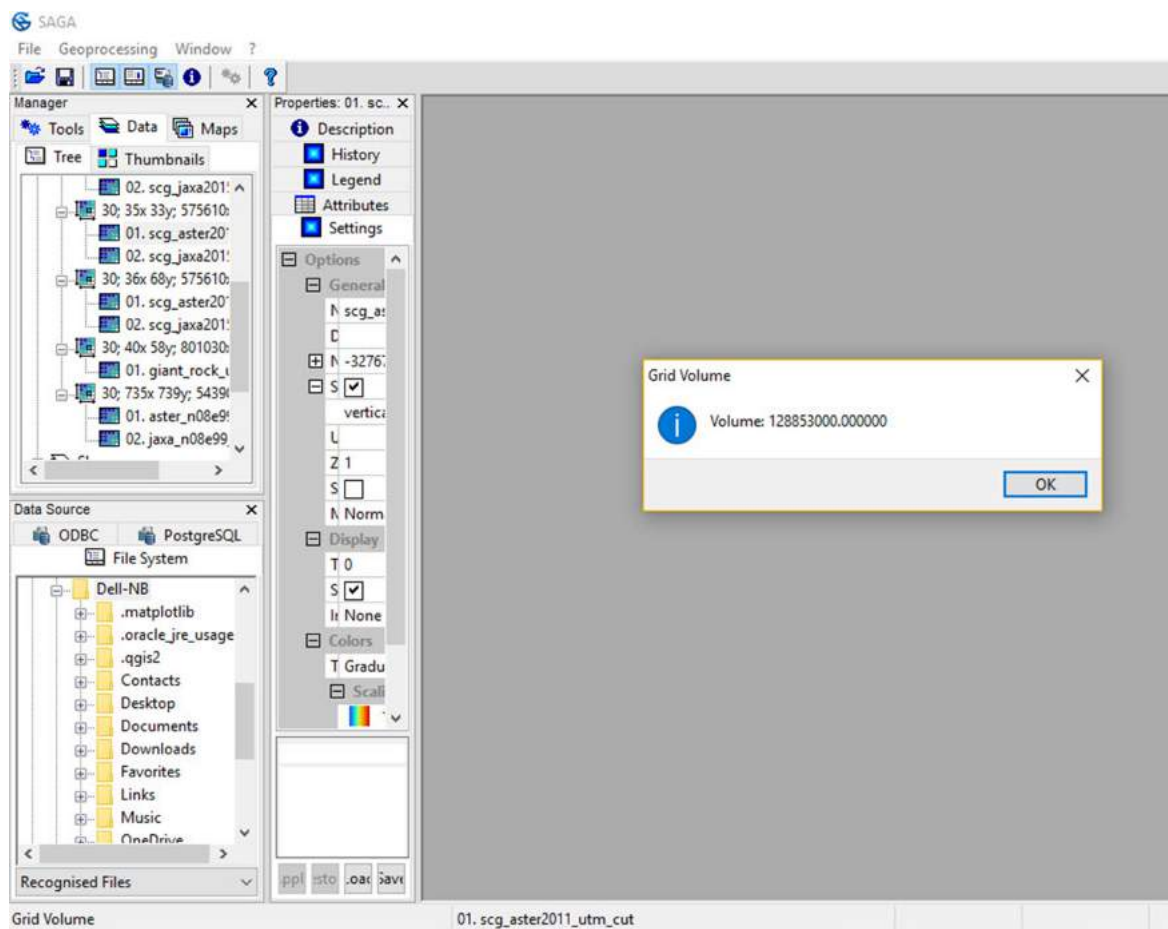
๓.๒ ผลการประเมินปริมาณการผลิตแร่

วิธีฐานสู่ยอด (Bottom-up Approach)

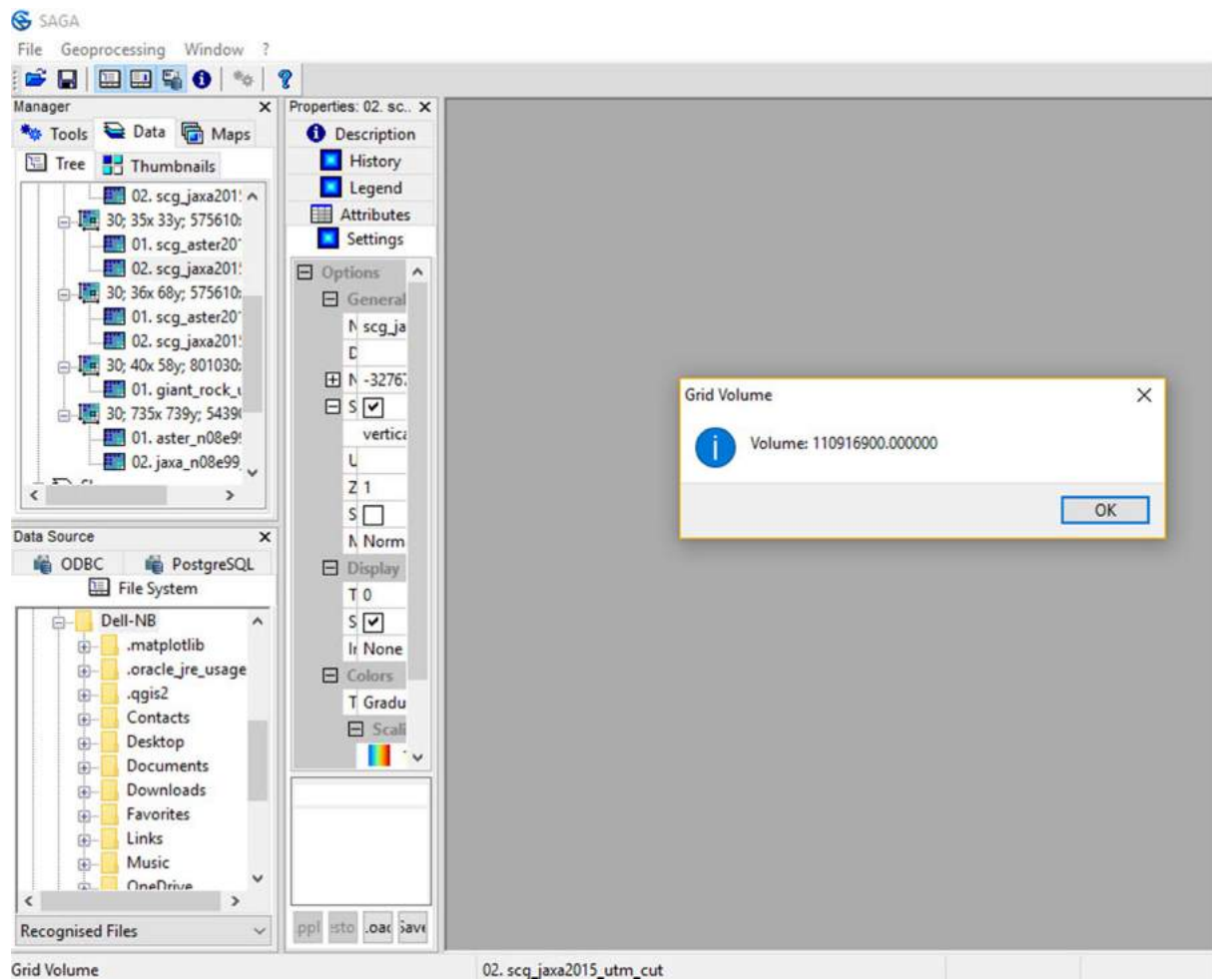
จากผลการศึกษาลักษณะข้อมูลเชิงสถิติพบว่าในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศมีลักษณะลดลงซึ่งบ่งชี้ว่ามีการกระทำต่อพื้นที่ประทานบัตรเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย ทุ่งสง ในลักษณะของการขุดแร่เอออก ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูลจากทั้งสองแหล่งดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณปริมาณการผลิตแร่ได้โดยอาศัยโปรแกรมประยุกต์ SAGA GIS ซึ่งปรากฏว่าแร่หินอุตสาหกรรมเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากข้อมูล Aster GDEM ที่ระดับความสูง 80 เมตร (รทก.) มีปริมาตรรวมทั้งสิ้น 128,853,000 ลบ.ม. (รูปที่ 16) สำหรับแร่หินอุตสาหกรรมเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากข้อมูล ALOS World 3D ที่ระดับความสูง 80 เมตร (รทก.) มีปริมาตรรวมทั้งสิ้น 110,916,900 ลบ.ม. (รูปที่ 17)

ผลการคำนวณปริมาตรแร่ที่มีการผลิตในคาบระยะเวลา 6 ปีที่ทำการศึกษาพบว่าการระเบิด ขุด ตัก เอาแร่เอออกมาประมาณ 16.63 ล้าน ลูกบาศก์เมตร (คำนวณโดยให้ปริมาณแร่ที่สามารถนำมาใช้ได้ประมาณร้อยละ ๙๒.๗) เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแร่โดยกำหนดความถ่วงจำเพาะของหินปูนที่ ๒.๕ พบว่าในคาบระยะเวลาดังกล่าวมีการผลิตแร่เอออกมารวมทั้งสิ้น 41.57 ล้านเมตริกตัน เมื่อทอนปริมาณการผลิตกลับไปเป็นอัตราการผลิตรายปีโดยใช้ปริมาณการผลิตแร่จากตารางที่ 1 เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณการผลิตแร่แต่ละปี พบว่าปริมาณการผลิตแร่รายปีมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณการผลิตแร่ที่รายงานมายัง สรข. ๑ สงขลา ซึ่งถูกรวบรวมข้อมูลสถิติไว้ที่กลุ่มพัฒนาส่งเสริมเทคโนโลยีและโลจิสติกส์อุตสาหกรรม ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่าผลต่างระหว่างข้อมูลผลผลิตที่รายงานมายัง สรข. ๑ สงขลา และข้อมูลผลผลิตจากการคำนวณมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 3,186.63 เมตริกตันต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.05 ซึ่งข้อมูลผลผลิตจากการคำนวณโดยวิธี Bottom-up Approach มีแนวโน้มให้ค่าที่สูงกว่าเนื่องจากไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเช่นข้อมูลเชิงธรณีวิทยาของแหล่งแร่ อาทิเช่น ปริมาณความสมบูรณ์ขององค์ประกอบทางเคมีของแร่ที่สามารถป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต ปริมาณดินและสิ่งเจือปน รวมถึงรูปทรง ที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติในแหล่งแร่เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จำเป็นต้องพิจารณาให้ครบถ้วนหากต้องการคำนวณให้ได้ผลที่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้เป็นค่าขอบเขตบน (Upper Limit) ของความสามารถสูงสุดในการผลิตจริงได้ดังผลที่แสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 16: ผลการคำนวณปริมาตรแร่ที่ระดับความสูง 80 เมตร (รทก.) จากข้อมูล Aster GDEM

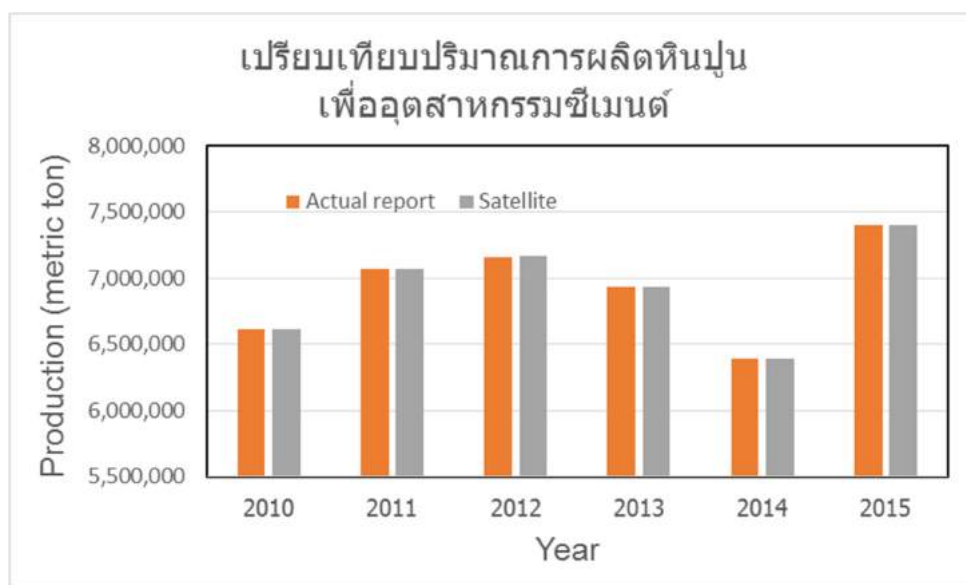


รูปที่ 17: ผลการคำนวณปริมาตรแร่ที่ระดับความสูง 80 เมตร (รทก.) จากข้อมูล ALOS World 3D

ตารางที่ 4: ข้อมูลเปรียบเทียบผลผลิตสำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง)

ปี พ.ศ.	ข้อมูลผลผลิตที่รายงาน มายัง สรข. ๑ สงขลา* (เมตริกตัน)	ข้อมูลผลผลิตจากการ คำนวณโดยวิธีฐานสู่ยอด Bottom-up Approach (เมตริกตัน)	ผลต่าง (เมตริกตัน)
2553	6,609,103.00	6,612,144.42	-3,041.42
2554	7,066,604.00	7,069,855.96	-3,251.96
2555	7,159,680.00	7,162,974.79	-3,294.79
2556	6,929,565.00	6,932,753.90	-3,188.90
2557	6,384,718.00	6,387,656.16	-2,938.16
2558	7,398,122.00	7,401,526.52	-3,404.52
รวม	41,547,792.00	41,566,911.75	

หมายเหตุ: *ข้อมูลผลผลิตแร่ เป็นข้อมูลรายงานผลผลิตแร่ประจำเดือนที่ สอจ.นครศรีธรรมราช รายงานมายัง สรข. ๑ สงขลา



รูปที่ 18: เปรียบเทียบผลผลิตแร่หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากข้อมูลที่รายงาน กพร. และการคำนวณโดยวิธีฐานสู่ยอด (Bottom-up Approach)

วิธียอดสู่ฐาน (Top-down Approach)

ผลการศึกษาข้อมูลเชิงสถิติของการผลิตปูนเม็ดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติดัชนีอุตสาหกรรมรายปี โดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมในระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๕๘ พบว่าปริมาณการผลิตปูนเม็ดทั้งประเทศมีค่าระหว่าง 38.2-42.0 ล้านเมตริกตันต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 39.6 ล้านเมตริกตันต่อปี ซึ่งสามารถคำนวณกลับเป็นความต้องการแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในภาพรวมทั้งประเทศเมื่อใช้ค่าตัวแปรที่ 1.28 อยู่ในช่วงค่าระหว่าง 48.8-53.7 ล้านเมตริกตันต่อปีดังแสดงในตารางที่ 5 (ปริมาณวัตถุดิบหลักต่อปูนเม็ดที่ 1.6 : 1 โดยวัตถุดิบหลักประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 80) ทั้งนี้พบว่าข้อมูลสถิติผลผลิตแร่ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้รายงานว่าคุณภาพการผลิตแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีค่าสูงกว่า 60 ล้านเมตริกตันต่อปี

ผลการทอนปริมาณการผลิตแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ (down scaling) จากข้อมูลการคำนวณทั้งประเทศมาสู่พื้นที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศไทยซึ่งรวบรวมโดยสมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย (สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย, 2557) พบว่า บมจ.ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) มีสัดส่วนกำลังการผลิตร้อยละ 12.84 จากกำลังการผลิตรวมทั้งประเทศดังตารางที่ 6 และรูปที่ 19 ซึ่งผลการคำนวณปริมาณแร่ที่มีการผลิตในคาบระยะเวลา 6 ปีที่ทำการศึกษามีความต้องการใช้แร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์รวมทั้งสิ้น 39.1 ล้านเมตริกตัน โดยมีการใช้แร่เฉลี่ยปีละประมาณ 6.5 ล้านเมตริกตัน ซึ่งปริมาณการผลิตแร่รายปีที่คำนวณได้จากวิธี Top-down Approach มีค่าน้อยกว่าข้อมูลปริมาณการผลิตแร่ที่รายงานมายัง สรข. ๑ สงขลา ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 7

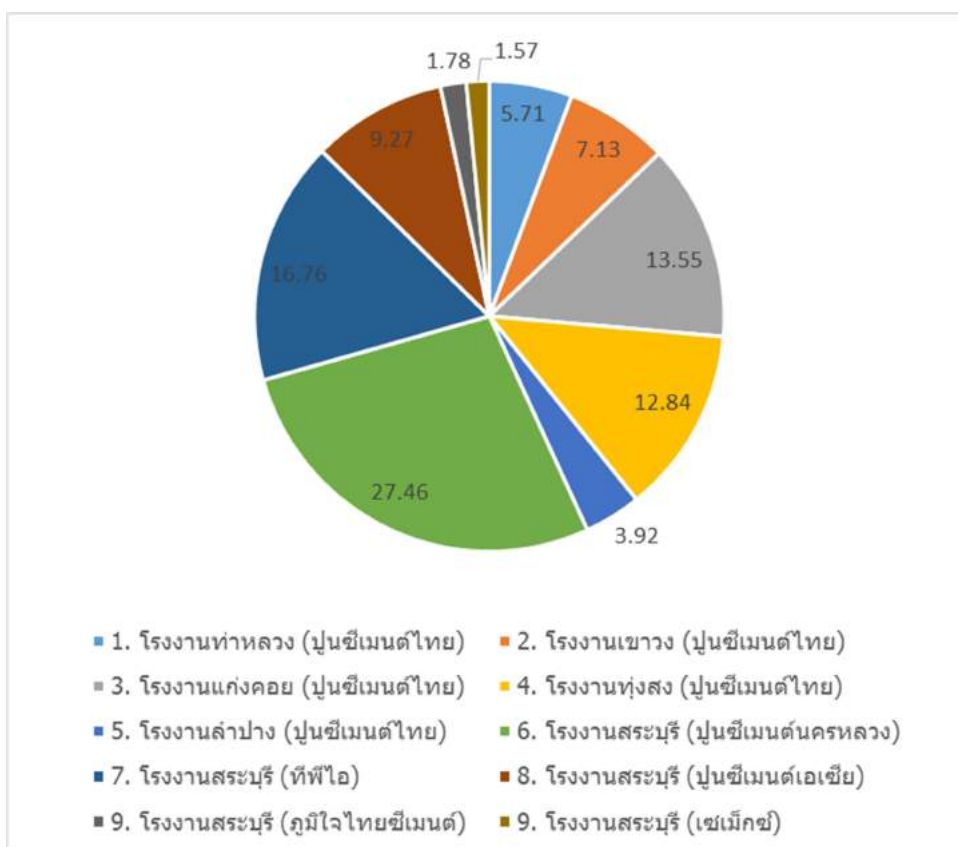
จากตารางที่ 7 พบว่าข้อมูลผลผลิตจากการคำนวณโดยวิธียอดสู่ฐาน Top-down Approach สำหรับพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มให้ค่าที่ต่ำกว่าเนื่องจากการทอนกำลังการผลิต (down scaling) จากข้อมูลมหภาคที่รวบรวมสถิติการผลิตจากทั้งประเทศไม่ได้พิจารณาเงื่อนไขการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์แต่ละรายอย่างครบถ้วนบริบูรณ์ อาทิ ประสิทธิภาพการผลิต ชั่วโมงการผลิต การซ่อมบำรุง และอื่นๆ ทำให้ผลการคำนวณถูกถ่วงน้ำหนักให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอจากข้อมูลกำลังการผลิตสูงสุดแต่เพียงอย่างเดียวไปยังทุกโรงงานทั่วประเทศและไม่มีข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละภูมิภาคมาเกี่ยวข้องซึ่ง บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในภาคใต้ซึ่งมีการขยายตัวของเศรษฐกิจจากการก่อสร้างที่ค่อนข้างสูงแต่ไม่ได้นำมาเป็นปัจจัยหนึ่งในการคำนวณโดยวิธีนี้ แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้เป็นค่าเปรียบเทียบกับความสามารถสูงสุดในการผลิตจริงได้ดังรูปที่ 20 ทั้งนี้วิธีการคำนวณปริมาณการผลิตแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากทั้งสองวิธีดังกล่าวสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลการรายงานผลผลิตแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ซึ่งพบว่ามีค่าสอดคล้องกันจึงอาจกล่าวได้ว่าผลการคำนวณปริมาณการผลิตแร่จากวิธีฐานสู่ยอด Bottom-up Approach และยอดสู่ฐาน Top-down Approach ได้แสดงให้เห็นว่ากรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่สามารถจัดเก็บรายได้จากค่าภาคหลวงแร่จากแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์จาก บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) ถูกต้องครบถ้วนแล้วดังผลการศึกษา

ตารางที่ 5: ข้อมูลปริมาณการผลิตปูนเม็ดและผลการคำนวณปริมาณหินปูนที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต
(สศอ., 2560)

ปี พ.ศ.	ข้อมูลปริมาณการผลิตปูนเม็ด ของประเทศไทย (เมตริกตัน)	ค่าตัวแปรในการ คำนวณความต้องการ ใช้หินปูน	ปริมาณหินปูนที่จำเป็นต้อง ใช้ในการผลิต (เมตริกตัน)
2553	38,790,000.00	1.28	49,651,200.00
2554	38,188,031.00	1.28	48,880,679.68
2555	39,027,471.00	1.28	49,955,162.88
2556	38,737,035.80	1.28	49,583,405.82
2557	41,987,663.98	1.28	53,744,209.89
2558	41,090,578.11	1.28	52,595,939.98
เฉลี่ย	39,636,796.65		50,735,099.71

ตารางที่ 6: กำลังการผลิตสูงสุดของโรงงานปูนซีเมนต์ในประเทศไทย
(สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย, 2557)

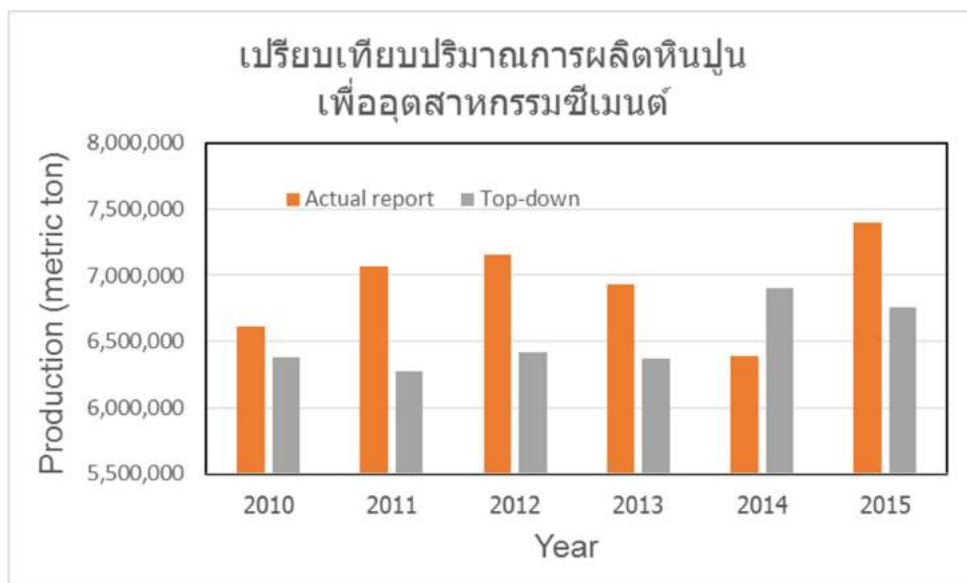
ชื่อโรงงาน (บริษัท)	กำลังการผลิต (เมตริกตัน/วัน)
1. โรงงานท่าหลวง (ปูนซีเมนต์ไทย)	8,000
2. โรงงานเขาวง (ปูนซีเมนต์ไทย)	10,000
3. โรงงานแก่งคอย (ปูนซีเมนต์ไทย)	19,000
4. โรงงานทุ่งสง (ปูนซีเมนต์ไทย)	18,000
5. โรงงานลำปาง (ปูนซีเมนต์ไทย)	5,500
6. โรงงานสระบุรี (ปูนซีเมนต์นครหลวง)	38,500
7. โรงงานสระบุรี (ทีพีไอ)	23,500
8. โรงงานสระบุรี (ปูนซีเมนต์เอเชีย)	13,000
9. โรงงานสระบุรี (ภูมิไจไทยซีเมนต์)	2,500
9. โรงงานสระบุรี (เซเม็กซ์)	2,200
รวมกำลังการผลิต	140,200



รูปที่ 19: สัดส่วนกำลังการผลิตปูนซีเมนต์ของโรงงานปูนซีเมนต์ในประเทศไทย
(สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย, 2557)

ตารางที่ 7: ผลผลิตสำหรับแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของ
บมจ. ปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) จากการคำนวณโดยวิธียอดสู่ฐาน Top-down Approach

ปี พ.ศ.	ข้อมูลผลผลิตที่รายงาน มายัง สรข. ๑ สงขลา (เมตริกตัน)	ข้อมูลผลผลิตจากการ คำนวณโดยวิธี Top-down Approach (เมตริกตัน)	ผลต่าง (เมตริกตัน)
2553	6,609,103.00	6,374,619.12	234,483.88
2554	7,066,604.00	6,275,693.54	790,910.46
2555	7,159,680.00	6,413,644.31	746,035.69
2556	6,929,565.00	6,365,915.16	563,649.84
2557	6,384,718.00	6,900,112.54	-515,394.54
2558	7,398,122.00	6,752,688.44	645,433.56
รวม	41,547,792.00	39,082,673.10	



รูปที่ 20: เปรียบเทียบผลผลิตแร่หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จากข้อมูลที่รายงาน กพร. และการคำนวณโดยวิธียอดสู่ฐาน Top-down Approach

๔. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานี้สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ๑) กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่โดยสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต ๑ ร่วมกับ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถจัดเก็บรายได้จาก ค่าภาคหลวงแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ได้ถูกต้องครบถ้วนหาก พิจารณาจากข้อมูลการคำนวณปริมาณการผลิตแร่ในพื้นที่ศึกษา
- ๒) ผลการคำนวณปริมาณการผลิตแร่ออกมาจากพื้นที่ประทานบัตรแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูน เพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณการผลิตแร่ที่รายงานมายังสำนักงาน อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าผลการคำนวณปริมาณการผลิต แร่จากความต้องการใช้แร่หินปูนในการผลิตปูนเม็ด
- ๓) ข้อมูลแผนที่จากดาวเทียมภายใต้ความร่วมมือระหว่าง METI และ NASA ในรูปแบบข้อมูล ดิจิตอล (สำรวจในปี พ.ศ. ๒๕๕๓ และเผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๔) ภายใต้ชื่อ Aster GDEM และ ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศที่สำรวจและเผยแพร่โดย JAXA) ซึ่งสำรวจและเผยแพร่ในปี พ.ศ. ๒๕๕๔ ภายใต้ชื่อ ALOS World 3D สามารถนำมาใช้ในการติดตามระดับความสูงของภูมิ ประเทศในพื้นที่ซึ่งมีการทำเหมืองแร่ขนาดใหญ่ได้
- ๔) ผลการทดสอบความสูงของภูมิประเทศจากข้อมูลสำรวจด้วยดาวเทียมมีลักษณะใกล้เคียงกับ ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลานั้น
- ๕) ระดับความสูงของภูมิประเทศมีลักษณะลดลงเมื่อมีการขุดขนเอาแร่ออกมาในช่วงระยะเวลาที่ได้มี การสำรวจข้อมูลความสูงของภูมิประเทศโดยอาศัยดาวเทียม
- ๖) การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของภูมิประเทศสามารถนำมาใช้ในการคำนวณติดตามปริมาณการ ผลิตแร่ได้
- ๗) พื้นที่ประทานบัตรเหมืองแร่ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถใช้อากาศยานไร้คนขับในการสำรวจติดตามผล การดำเนินงานสามารถใช้ข้อมูลการสำรวจด้วยดาวเทียมในการติดตามตรวจสอบการดำเนินงาน ได้

๕. ข้อเสนอแนะ

- ๑) การดำเนินงานจำลองภูมิประเทศเพื่อสำรวจ ตรวจสอบ กำกับดูแลทรัพยากรแร่สำหรับพื้นที่ประทานบัตรขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอุปกรณ์อากาศยานไร้คนขับควรมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศด้วยดาวเทียมในการดำเนินงาน อาทิ ประทานบัตรเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และประทานบัตรเหมืองแร่ถ่านหินของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- ๒) การคำนวณปริมาณผลผลิตแร่จากการทำเหมืองในแปลงประทานบัตรขนาดใหญ่ ควรใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และได้รับการยอมรับในระดับสากล แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดในแง่ของความละเอียดของข้อมูล รายละเอียดของสภาพธรณีวิทยาแหล่งแร่ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งผลการคำนวณที่ได้อาจไม่ถูกต้องตามความเป็นจริงและไม่อาจใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงในทางกฎหมายได้
- ๓) เพื่อให้มีการปรับปรุงคุณภาพงานให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นควรใช้ข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศในช่วงระยะเวลาดำเนินการทำเหมืองจากข้อมูลแผนที่เชิงเลขของหน่วยงานอื่นมาเปรียบเทียบในการคำนวณ และดำเนินการรังวัดความสูงของภูมิประเทศในพื้นที่สำหรับสภาพปัจจุบันเพื่อนำมาใช้อ้างอิงในอนาคต
- ๔) กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ควรมีระบบฐานข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศสำหรับประทานบัตรเหมืองแร่ในระยะเปิดการทำเหมือง หยุดการทำเหมือง และสิ้นสุดอายุประทานบัตร เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงในการกำกับดูแลการทำเหมืองแร่
- ๕) ควรมีการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านภูมิสารสนเทศของบุคลากรในสำนักงานสำรวจรังวัด ธรณี และวิศวกรรมเหมืองแร่ตามระยะเวลาและเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้นมาอย่างถูกต้องเหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้งาน
- ๖) การศึกษานี้เป็นเพียงการทดลองเพื่อสร้างแนวทางในการประเมินสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ซึ่งใช้ข้อมูลนำเข้าจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่จัดเตรียมข้อมูล และความละเอียดของข้อมูลนำเข้า ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดในด้านระบบการรังวัดจัดเก็บข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศสำหรับช่วงเวลาที่ทำการประเมิน
- ๗) กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ควรมีการศึกษาวงจรการผลิต (Life Cycle Assessment: LCA) สำหรับกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จากแต่ละโรงงานที่ได้รับอนุญาต ประทานบัตรผลิตแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เพื่อนำมาคำนวณสอบทานรายงานผลผลิตแร่

บรรณานุกรม

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ๒๕๖๐, พระราชบัญญัติแร่ พุทธศักราช ๒๕๖๐,
<http://www.dpim.go.th/pr/article?catid=42&articleid=7575>

ชาตินัย ชูสาย, อนุชิต สุขเจริญพงศ์, ขวัญชัย พรหมณะ, 2559, การประยุกต์ใช้ RTK-GNSS ร่วมกับการ
ประมวลผลภาพจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประเมินปริมาณการผลิตแร่จากหน้าเหมือง, เอกสาร
ประกอบการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติประจำปี 2559
Geoinfotech 2016 โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ณ
ศูนย์การประชุมแห่งชาติ สิริกิติ์, 3-5 กุมภาพันธ์ 2559

ธัญลักษณ์ เอี่ยมณรงค์ฤทธิ์, มปท, คู่มือโปรแกรม Quantum GIS Version 1.7.4 เบื้องต้น, สถาบันพัฒนา
และถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
(องค์การมหาชน)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและ
สารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2552, ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์,
อมรินทร์ พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง

สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย, 2557, TCMA 2014 สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย,
<http://thaicma.or.th/cms/assets/Uploads/tcma2014.pdf>

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2560, สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2558 และแนวโน้มปี 2559,
<http://www.oie.go.th/academic>

Portland Cement Association, 1996, The Reduction of Resource Input and Emissions
Achieved by Addition of Limestone to Portland Cement, 5420 Old Orchard Road
Skokie, IL U.S.A. 60077-1083 Fax (847) 966-9781 (847) 966-6200