

การพัฒนาดัชนีชี้วัดการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่



นายอรรพล อ่างคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4786-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICATORS  
FOR MINING PROJECT

Mr. Atapon Orngkum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Master of Engineering Program in Mining Engineering  
Department of Mining and Petroleum Engineering  
Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University  
Academic year 2005  
ISBN 974-17-4786-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาดัชนีชี้วัดการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับ  
โครงการเหมืองแร่

โดย

นายอรรถพล อ่างคำ

สาขาวิชา

วิศวกรรมเหมืองแร่


อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์

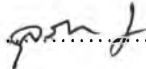
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม


นายปองศักดิ์ ว่องวิษณุพงศ์

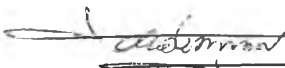
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวันยศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล ภูวิจิตร)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(นายปองศักดิ์ ว่องวิษณุพงศ์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.จิรวัดมณี ชีวรุ่งโรจน์)

อรรถพล อ่างคำ: การพัฒนาดัชนีชี้วัดการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่.  
 (DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICATORS FOR MINING  
 PROJECT) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ธิเผ่าพันธุ์, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม :  
 นายปองศักดิ์ ว่องวิญพงษ์, 178 หน้า.  
 ISBN 974-17-4786-1

การศึกษาเพื่อพัฒนาตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมจากโครงการเหมืองแร่ในประเทศไทยนั้น ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดอิงโครงการ (Input - Process - Output - Impact) เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม จากทั้งหมด 14 ประเด็นหลักทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำการพิจารณาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ส่วนการจัดลำดับความสำคัญและความเหมาะสมของตัวชี้วัดจะใช้การศึกษาโดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิมิเดลฟาย ผลการศึกษาสามารถพัฒนาตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่ได้ทั้งหมด 32 ตัวชี้วัด ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่ ส่วนตัวชี้วัดทางด้านสังคมนั้นไม่อยู่ในขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้

ตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 32 ตัวนั้น ได้ถูกพัฒนาเพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของคะแนนเพื่อที่จะสามารถคำนวณได้เป็นดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม (I) และทำการประเมินร่วมกับการถ่วงน้ำหนักของดัชนีชี้วัด การศึกษาครั้งนี้จะใช้รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) เป็นเป้าหมายสำหรับการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้วิจัยใช้กรณีศึกษาจากโครงการเหมืองแร่ทองคำ ของบริษัท อัครา ไมนิ่ง จำกัด ในการทดสอบการประเมินผลดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการดังกล่าวได้คะแนนเท่ากับ 4.26 ในกรณีที่คิดค่าถ่วงน้ำหนักตามลำดับความสำคัญ และ 5.0 ในกรณีที่ไม่นับคิดค่าถ่วงน้ำหนัก จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม	ลายมือชื่อนิติศ.....
สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2548	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## 4570643621 : MAJOR MINING ENGINEERING

KEY WORD: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICATOR

ATAPON ORNGKUM : DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICATORS FOR MINING PROJECT

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROFESSOR QUANCHAI LEEPOWPANTH

THESIS CO ADVISOR : PONGSAK WONGWISNUPONG , 178 pp.

ISBN 974-17-4786-1

The study employed Input-Process-Output-Impact Framework to develop Environmental Performance Indicators for Mining Projects in Thailand. Fourteen (14) major environmental issues and their concerned parameters were listed, analyzed and categorized into appropriate indicators. In order to examine the appropriateness and priority of these indicators, a semi-Delphi technique was utilized. Thirty two (32) indicators applicable for mining projects were resulted. Social impact indicators were not included in the scope of study , however.

All 32 indicators were developed to give quantitative indices and normalized to deliver the total performance index (I) with a test of weighing factors. The study was based current Environmental Impact Assessment (EIA) as a benchmark and applicability of the indicators developed was tested with reference to gold mining project, AKARA MINING LTD. The result revealed that the performance of the project was average 4.6 and 5.0 out of 10 with and without weighing factors respectively.

Department of Mining and Petroleum Engineering

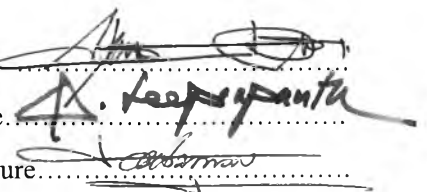
Field of study Mining Engineering

Academic year 2005

Student's signature

Advisor's signature

Co-advisor's signature

The image shows three handwritten signatures in black ink. The first signature is the student's, the second is the advisor's (Assoc. Professor Quanchai Leepowpant), and the third is the co-advisor's (Pongsak Wongwisnupong). Each signature is written over a horizontal dotted line.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นายปองศักดิ์ ว่องวิมลพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม) ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ให้ลุล่วงด้วยดี ตลอดตั้งแต่แรกเริ่มจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเหมืองแร่และปิโตรเลียมที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ส่งเสริมการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมด้านโครงการเหมืองแร่ สำนักงานนโยบายและแผนอนุรักษ์พลังงานแห่งชาติที่สนับสนุนทุนการศึกษา สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ท้ายสุดขอขอบคุณสำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และบริษัท อัครา ไมนิ่ง จำกัด ที่สนับสนุนและช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ปัญหา ความสำคัญ และที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินการ.....	1
1.4 วิธีการศึกษาวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 กระบวนการจัดทำตัวชี้วัดและดัชนีการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	3
2.1 ความหมาย คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม และตัวชี้วัด.....	3
2.2 การจำแนกประเภท และระดับของตัวชี้วัด.....	7
2.3 กรอบแนวความคิดในการพัฒนาตัวชี้วัด.....	9
2.4 ตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	15
2.5 ตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	17
2.6 ขั้นตอนการพัฒนาและคัดเลือกตัวชี้วัด.....	18
2.7 ข้อควรระวังในการจัดทำดัชนีและตัวชี้วัด.....	21
บทที่ 3 การพัฒนาตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมจากโครงการเหมืองแร่.....	23
3.1 การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรแร่ในประเทศไทย.....	23
3.2 การพัฒนาตัวชี้วัดจากกิจกรรมการทำเหมืองแร่.....	26
3.3 คำอธิบายตัวชี้วัดเบื้องต้นจากแนวความคิดอิงโครงการ.....	39
3.4 สรุปตัวชี้วัดที่ได้รับจากการพัฒนาตามแนวความคิดอิงโครงการ.....	45
3.5 การจัดกลุ่มตัวชี้วัดเพื่อประยุกต์ใช้กับเทคนิคเดลฟาย.....	49
3.6 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมจากแบบสอบถาม.....	55
3.7 สรุปดัชนีการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่.....	59
3.8 สรุปบทที่ 3.....	61

บทที่	หน้า
บทที่ 4 การประเมินผลดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่.....	62
4.1 การประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	62
4.2 การประเมินผลการดำเนินการทางด้านสิ่งแวดล้อมตามระบบสากล.....	62
4.3 การประเมินผลดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่.....	64
4.4 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	92
4.5 ประโยชน์ของการประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	93
4.6 ปัญหาและอุปสรรคในการประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	94
4.7 สรุปบทที่ 4.....	95
บทที่ 5 การทดสอบดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมจากโครงการเหมืองแร่ทองคำ.....	96
5.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการเหมืองแร่ทองคำ.....	96
5.2 ข้อมูลการตรวจสอบสภาพพื้นที่โครงการเหมืองแร่ทองคำ.....	100
5.3 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	121
5.4 สรุปผลบทที่ 5.....	132
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	134
6.1 สรุปการวิจัย.....	134
6.2 ปัญหาและอุปสรรคการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่.....	134
6.3 แนวทางการนำเสนอผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	135
6.4 การประยุกต์ใช้ดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	135
6.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา.....	136
6.6 การประเมินความสามารถของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ในการจัดทำดัชนีชี้วัดฯ.....	137
6.7 สรุปและข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	138
รายการอ้างอิง.....	141
ภาคผนวก.....	142
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสอบถามครั้งที่ 1.....	143
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบสอบถามครั้งที่ 2.....	151
ภาคผนวก ค แนวทางการเสนอรายงานผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม	
ประเภทโครงการเหมืองแร่.....	158
ภาคผนวก ง มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม.....	169
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	178



ตารางที่ 3-1 แสดงการจำแนกกิจกรรมการทำเหมืองแร่	
ตามกรอบแนวคิดที่อิงโครงการ.....	28
ตารางที่ 3-2 ตัวชี้วัดปัจจัยนำเข้า.....	29
ตารางที่ 3-3 ตัวชี้วัดกระบวนการทำเหมือง.....	31
ตารางที่ 3-4 ตัวชี้วัดปัจจัยผลผลิต.....	33
ตารางที่ 3-5 ตัวชี้วัดปัจจัยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	34
ตารางที่ 3-6 อธิบายตัวชี้วัดที่ได้จากแนวความคิด Input – Process – Output – Impact.....	39
ตารางที่ 3-7 การพิจารณาประเด็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	47
ตารางที่ 3-8 ผลการจัดลำดับความสำคัญของตัวชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	56
ตารางที่ 3-9 สรุปดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเหมืองแร่.....	59
ตารางที่ 4-1 ตารางพิจารณาประเด็นดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	66
ตารางที่ 4-2 การประเมินผลดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	69
ตารางที่ 4-3 แสดงช่วงคะแนนของ I และระดับประสิทธิภาพ	
ของการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....	93
ตารางที่ 5-1 แสดงปริมาณไซยาไนด์ที่ลงสู่บ่อเก็บกักกากแร่ในแต่ละเดือน.....	101
ตารางที่ 5-2 แสดงปริมาณการใช้สารเคมีประเภทต่างๆ ในปี 2005.....	103
ตารางที่ 5-3 แสดงข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นรวม (TSP) ในคาบ 24 ชั่วโมง	
จำนวน 5 สถานี ตั้งแต่ปี 2001-2005.....	104
ตารางที่ 5-4 แสดงข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	
(PM-10) ในคาบ 24 ชั่วโมง จำนวน 5 สถานี ตั้งแต่ปี 2001-2005.....	106
ตารางที่ 5-5 แสดงค่าปริมาณไซยาไนด์ในน้ำผิวดินที่ตรวจวัดได้ปี 2003-2004.....	108
ตารางที่ 5-6 แสดงค่าปริมาณไซยาไนด์ในน้ำผิวดินที่ตรวจวัดได้	
เทียบกับก่อนดำเนินโครงการ.....	109

ตารางที่ 5-7 แสดงปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากหน้าเหมือง และจากกระบวนการผลิต.....111

ตารางที่ 5-8 ปริมาณน้ำที่ถูกลำเลียงมาใช้ใหม่จากบ่อเก็บกักกากแร่.....112

ตารางที่ 5-9 แสดงปริมาณน้ำใช้จากส่วนต่างๆ.....113

ตารางที่ 5-10 แสดงข้อมูลการตรวจวัดระดับเสียงรบกวน จำนวน 5 สถานี  
ตั้งแต่ปี 2001-2005.....114

ตารางที่ 5-11 แสดงผลการตรวจวัดแรงสั่นสะเทือน.....116

ตารางที่ 5-12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานต่อเดือน.....120

ตารางที่ 5-13 การคำนวณค่าของดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม  
โครงการเหมืองแร่ทองคำ.....121

ตารางที่ 5-14 การคำนวณคะแนนของดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม  
โครงการเหมืองแร่ทองคำ กรณีที่ 1.....127

ตารางที่ 5-15 การคำนวณคะแนนของดัชนีชี้วัดการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม  
โครงการเหมืองแร่ทองคำ กรณีที่ 2.....130

ตารางที่ 5-16 แสดงช่วงคะแนนของ I และระดับประสิทธิภาพของ  
การดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม.....133

รูปที่ 2-1 ความเกี่ยวพันระหว่าง ข้อมูล ตัวชี้วัด คัดชนี และสารสนเทศ.....	5
รูปที่ 2-2 แสดงกรอบแนวคิด Pressure-State-Response.....	11
รูปที่ 2-3 กรอบแนวคิดที่อิงโครงการ.....	13
รูปที่ 2-4 โครงสร้างระบบข้อมูลโดยเครือข่าย BEQUEST.....	14
รูปที่ 2-5 แสดงประเภทของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม.....	17
รูปที่ 3-1 Flow Diagram การใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่.....	27
รูปที่ 5.1 แสดงกระบวนการแต่งแร่ของเหมืองแร่ทองคำ บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด.....	98
รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน คุณภาพอากาศ เสียง และแรงสั่นสะเทือน.....	99
รูปที่ 5-3 กราฟแสดงปริมาณไซยาไนด์ในกากแร่ ในปี 2005.....	102
รูปที่ 5-4 ผลการตรวจวัดฝุ่นแขวนลอยในบรรยากาศตั้งแต่ปี 2001-2005.....	105
รูปที่ 5-5 ผลการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนตั้งแต่ปี 2544-2548.....	107
รูปที่ 5-6 แสดงระดับเสียงรบกวนที่ตรวจวัดได้ตามสถานีต่างๆ ต่อค่ามาตรฐาน.....	115