

บัญชีการปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่จัดทำรายงาน
การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย และการใช้ประโยชน์เพื่อจัดการคุณภาพอากาศ
ในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี



นายทรงวุฒิ ศรีสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EMISSION INVENTORY OF AIR EMISSIONS FROM INDUSTRIES AND INDUSTRIAL ESTATES
PERFORMING ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THAILAND AND ITS UTILIZATION
FOR AIR QUALITY MANAGEMENT IN AMPHOE KAENG KHOI, SARABURI

Mr. Songwuth Srisawang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491701

หัวข้อวิทยานิพนธ์

บัญชีการปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม
อุตสาหกรรมที่จัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมใน
ประเทศไทย และการใช้ประโยชน์เพื่อจัดการคุณภาพอากาศในพื้นที่
อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

โดย

นาย ทรงวุฒิ ศรีสว่าง

สาขาวิชา

วิศวกรรมเคมี

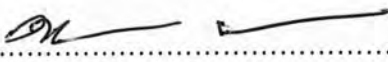
อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล

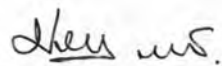
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

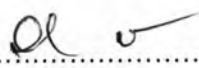
นายสนธิ คชวัฒน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

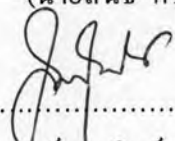

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

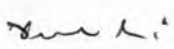
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ กวตันท)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายสนธิ คชวัฒน์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วิทย์ สุนทรนันท์)


..... กรรมการ
(นายบรรชัช เกรียงไกรอุดม)

นายทรงวุฒิ ศรีสว่าง : บัญชีการปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมที่จัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย และการใช้ประโยชน์เพื่อจัดการคุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (EMISSION INVENTORY OF AIR EMISSIONS FROM INDUSTRIES AND INDUSTRIAL ESTATES PERFORMING ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THAILAND AND ITS UTILIZATION FOR AIR QUALITY MANAGEMENT IN AMPHOE KAENG KHOI, SARABURI) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : นายสนธิ คชวัฒน์ จำนวนหน้า 178 หน้า.

ในการศึกษานี้ได้จัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลการตรวจวัดของโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 378 โรงงาน ในระหว่างปี 2546-2548 พบว่า มีอัตราการปล่อยฝุ่นละออง (PM) 263,464 ตัน/ปี ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 347,358 ตัน/ปี และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) 420,219 ตัน/ปี อุตสาหกรรมที่ปล่อยสารมลพิษเหล่านี้มากที่สุด คือ โรงไฟฟ้า ผลการจัดทำค่า emission factor ของโรงปูนซีเมนต์ พบว่า สำหรับปล่องหม้อเผาซีเมนต์ emission factor ของ PM มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5103 กิโลกรัมต่อตันของปูนซีเมนต์ NO_x มีค่าเฉลี่ย 2.8426 กิโลกรัมต่อตัน และ SO₂ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0288 กิโลกรัมต่อตัน ปล่องหม้อบดถ่านหิน ปล่องหม้อเย็น และปล่องหม้อบดซีเมนต์ มีค่า emission factor ของ PM อยู่ที่ 0.0057, 0.0321 และ 0.0086 กิโลกรัมต่อตันของปูนซีเมนต์ ตามลำดับ

ผลการประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอแก่งคอยโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST3 ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้กับค่าตรวจวัดจริงจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ และใช้วิธีทางสถิติ คือ Fractional Bias, NMSE และ Factor of Two ผลจากการทำนายความเข้มข้นสารมลพิษโดยใช้แบบจำลองทาง ISCST3 ให้ค่าความน่าเชื่อถือในระดับที่น่าพอใจ โดยให้ผลการประเมินของ NO_x และ SO₂ สูงกว่าผลการตรวจวัดจริง ส่วน PM จะได้ค่าประเมินต่ำกว่าค่าตรวจวัดจริง

การประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอแก่งคอย ได้พิจารณา 3 กรณี คือ กรณีใช้อัตราการระบายมลพิษสูงสุดตามที่ได้รับอนุมัติตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม กรณีอัตราการระบายจริง และกรณีสภาวะจำลองเมื่ออุปกรณ์ควบคุมมลพิษขัดข้อง ผลของการประเมิน พบว่า กรณีใช้อัตราการระบายมลพิษสูงสุด ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ในเวลา 1 ชั่วโมง ที่พื้นผิวดิน มีค่า 668.78 µg/m³ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (320 µg/m³) ส่วนค่า SO₂ และฝุ่นละอองรวม (TSP) ไม่เกินค่ามาตรฐาน และกรณีใช้อัตราการระบายเฉลี่ยตามค่าการปล่อยจริง พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของ NO₂ ในเวลา 1 ชั่วโมง ที่พื้นผิวดิน มีค่า 238.88 µg/m³ ค่าเฉลี่ยสูงสุด 1 ชั่วโมง ของ SO₂ มีค่า 16.01 µg/m³ และค่าเฉลี่ยสูงสุด 24 ชั่วโมง ของ TSP มีค่า 228.58 µg/m³ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้น

ในกรณีสภาวะจำลองที่อุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศหยุดการทำงาน พบว่า อุปกรณ์บำบัดหยุดการทำงานไม่เกิน 6.30 นาที ในช่วงระยะเวลาการทำงาน 1 วัน (1,440 นาที) เพื่อมิให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของ TSP ที่ระดับพื้นดินในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเกิน 330 µg/m³

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต นาย อดิสร
 สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ด.จ.
 ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4670312021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: AIR POLLUTION/ EMISSION INVENTORY / MATHEMATICAL MODEL /ISCST 3 MODEL / EMISSION FACTOR

SONGWUTH SRISAWANG : EMISSION INVENTORY OF AIR EMISSIONS FROM INDUSTRIES AND INDUSTRIAL ESTATES PERFORMING ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THAILAND AND ITS UTILIZATION FOR AIR QUALITY MANAGEMENT IN AMPHOE KAENG KHOI, SARABURI.

THESIS ADVISOR : VICHITRA CHONGVISAL, THESIS COADVISOR : SONTHI KOTCHAWAT, 178 pp.

The emission inventory of air emission was developed from the monitoring results of stack emissions of 378 factories during the year 2004 – 2006. The emission loading of particulate matter (PM), Sulfur dioxide (SO₂) and Oxides of nitrogen (NO_x) were found to be 263,464 tons/years, 347,358 tons/years and 420,219 tons/years respectively. The thermal power plants were found to be the largest contributor of NO_x, SO₂ and PM. The emission factors of cement industries were also developed. The study results revealed that the emission factors of PM, NO_x and SO₂ emission (under control) from the main stack were averaged to be 0.5103, 2.8426 and 0.0288 kg/ton of cement, respectively. The emission factors of PM emission from the coal mill stack, clinker cooler stack and the cement mills stack were found to be the average of 0.0057, 0.0321 and 0.0086 kg/ton of cement, respectively.

The air quality in Kaengkhloi district, Saraburi was estimated by ISCST 3 model which was verified by comparing the estimated ground-level concentration with the measured values from the monitoring stations and statistical values. The comparison indicated that the modeling results of NO₂ and SO₂ were slightly overestimated, while that of PM was slightly underestimated. The simulation results were considered to be satisfactory.

In case of the maximum allowable loading in EIA reports, the maximum 1-hr average ground-level concentration of NO₂ was estimated to be 668.78 µg/m³, exceeding the ambient air quality standard. The estimated values of SO₂ and Total Suspended Particulate (TSP) were found to be below the air quality standard. Based on the actual loading, the estimated maximum 1-hr average ground-level concentration of NO₂, SO₂ and TSP were found to be 238.88 µg/m³, 16.01 µg/m³ and 228.58 µg/m³ respectively, being below the air quality standard.

In case of the air pollution control equipment failure, the simulation results revealed that the control equipment was allowed to be shutdown for only 6.30 minutes in a day in order to control the 24-hr average ground-level concentration of TSP not exceeding the standard of 330 µg/m³.

Department Chemical Engineering Student's signature *songwuth srisawang*
Field of study Chemical Engineering Advisor's signature *vichitra chongvisal*
Academic year 2006 Co-advisor's signature *sonthi kotchawat*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง สำหรับการให้คำปรึกษาที่มีคุณค่าต่อการพัฒนางานวิจัย การตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเป็นต้นแบบของการพัฒนาความคิดและการเป็นนักวิจัยที่ดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภูวสันต์ ประธานกรรมการสอบและอาจารย์ ดร. วิทย์ สุนทรนันท์ นายสนธิ คชวัฒน์ นายขรรชัช เกรียงไกรอุดม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์และแก้ไขเพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องของงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.วราวุธ เสือดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่พร้อมทั้งขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 ลำดับขั้นตอนในการทำวิจัย.....	4
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษ (Emission Inventory).....	6
2.2 รายละเอียดทั่วไปของ Emission factor.....	15
2.3 การจัดทำค่า emission factor สำหรับอุตสาหกรรม ประเภท โรงงานผลิตปูนซีเมนต์.....	17
2.4 รายละเอียดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา.....	31
2.5 ลักษณะของข้อมูลนำเข้าทางอนุกรมวิธานสำหรับ ISCST3.....	42
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 การศึกษาฐานข้อมูลการระบายมลพิษทางอากาศและ นำมาจัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ.....	47
3.2 การจัดทำ Emission factor สำหรับอุตสาหกรรมประเภท โรงงานผลิตปูนซีเมนต์.....	48

3.3 การศึกษาการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศโดยการใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3 เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี.....	49
3.4 พื้นที่ทำการศึกษา.....	53
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	53
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
3.7 เณฑ์เทียบระดับความคิดเห็น.....	54
บทที่ 4. ผลการวิเคราะห์	
4.1 ผลการจัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ.....	55
4.2 ผลการจัดทำ Emission factor ของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์.....	67
4.3 ผลการประเมินค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3 เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด.....	77
4.4 ผลการประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอแก่งคอย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3.....	98
4.5 แผนการจัดการคุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี.....	127
บทที่ 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล.....	128
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	130
รายการอ้างอิง.....	132
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	134
ภาคผนวก ข.....	142
ภาคผนวก ค.....	144
ภาคผนวก ง.....	153
ภาคผนวก จ.....	155
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	161

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์.....	20
ตารางที่ 2.2 สรุปมลพิษที่เกิดขึ้นจากหน่วยการผลิตของ โรงงานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.....	29
ตารางที่ 2.3 แสดงจำนวนและบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์กำจัดมลพิษ.....	31
ตารางที่ 2.4 ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill Classification.....	43
ตารางที่ 4.1 จำนวน โรงงานอุตสาหกรรมที่จัดทำ รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	56
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เฉลี่ยในระหว่างปี 2546-2548.....	59
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เฉลี่ยในระหว่างปี 2546-2548.....	60
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง เฉลี่ยในระหว่างปี 2546-2548.....	61
ตารางที่ 4.5 ปริมาณการปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม ในระหว่างปี 2546-2548 (หน่วย : ตันต่อปี).....	62
ตารางที่ 4.6 ตารางรายละเอียดโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย.....	68
ตารางที่ 4.7 ค่า Emission Rate ที่ได้จากการศึกษา.....	71
ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่า emission factor ในสถานะที่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ทางอากาศแบบไฟฟ้าสถิต.....	75
ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษ.....	76
ตารางที่ 4.10 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละอองในบรรยากาศ.....	78
ตารางที่ 4.11 ค่าความเข้มข้นสารมลพิษอากาศพื้นฐาน (Background Concentration) ในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี.....	83
ตารางที่ 4.12 อัตราการระบายสารมลพิษจากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ ในอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ในช่วงเดือนเมษายน 2549.....	84
ตารางที่ 4.13 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนในบรรยากาศ (TSP) ที่ได้ จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	86

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่า TSP ในบรรยากาศจากการประเมิน โดย ISCST 3 เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจริง ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	86
ตารางที่ 4.15 ค่าความเข้มข้นของ TSP ที่ได้จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	87
ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่า TSP ในบรรยากาศจากการประเมิน โดย ISCST 3 เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจริง ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	89
ตารางที่ 4.17 ค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂) ที่ได้ จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	89
ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่าความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂ ที่ได้ จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 เปรียบเทียบกับ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂ จริง ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	88
ตารางที่ 4.19 ค่าความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂ ที่ได้จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	91
ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่าความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂ ที่ได้ จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 เปรียบเทียบกับ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂ ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	91
ตารางที่ 4.21 ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ที่ได้จากการประเมิน โดย แบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	92
ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่าความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂ ที่ได้ จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 เปรียบเทียบกับ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂ ในช่วงวันที่ 18 – 24 เมษายน 2549.....	93
ตารางที่ 4.23 ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ที่ได้จากการประเมิน โดย แบบจำลอง ISCST 3 ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	94

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อนำค่าความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂ ที่ได้จากการประเมิน โดยแบบจำลอง ISCST 3 เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂ ในช่วงวันที่ 22 – 28 พฤศจิกายน 2549.....	94
ตารางที่ 4.25 อัตราการระบายมลพิษสูงสุดตามที่ได้รับอนุมัติจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี.....	99
ตารางที่ 4.26 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ประเมินจากแบบจำลอง.....	100
ตารางที่ 4.27 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประเมินจากแบบจำลอง.....	101
ตารางที่ 4.28 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมที่ประเมินจากแบบจำลอง.....	102
ตารางที่ 4.29 สรุปผลการประเมินคุณภาพอากาศโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3 ในกรณีที่มีการปล่อยมลพิษตามอัตราการระบายสูงสุดตามที่ได้อนุมัติ.....	103
ตารางที่ 4.30 อัตราการระบายมลพิษเฉลี่ยตามค่าการปล่อยจริงในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี.....	109
ตารางที่ 4.31 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ประเมินจากแบบจำลอง.....	110
ตารางที่ 4.32 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประเมินจากแบบจำลอง.....	111
ตารางที่ 4.33 สถานีตรวจวัดและค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมประเมินจากแบบจำลอง.....	113
ตารางที่ 4.34 สรุปผลการประเมินคุณภาพอากาศโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3 ในกรณีที่มีการปล่อยมลพิษตามอัตราการระบายจริงในปี 2548-2549.....	114
ตารางที่ 4.35 อัตราการระบายมลพิษเฉลี่ยตามค่าการปล่อยจริงในพื้นที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี กรณีอุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน.....	121
ตารางที่ 4.36 สรุปผลการประเมินคุณภาพอากาศโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3 ในกรณีที่อุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน.....	122
ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิตามระดับพื้นผิวราย 3 ชั่วโมง.....	149
ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิตามระดับพื้นผิวรายชั่วโมง.....	149
ตารางที่ ก-3 ตัวอย่างข้อมูลอากาศชั้นสูง.....	150

ตารางที่ จ-1 กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานปูนซีเมนต์.....	156
ตารางที่ จ-2 กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจาก โรงงาน พ.ศ. 2549.....	158
ตารางที่ จ-3 กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป.....	160

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษ (Technical of Emission Inventory Development).....	9
รูปที่ 2.2 แผนภูมิรูปภาพแสดงเทคนิคการประเมินการปล่อยมลพิษทางอากาศกับการเพิ่มค่าใช้จ่าย.....	14
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการจัดทำค่า emission factor.....	16
รูปที่ 2.4 แสดงกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์.....	20
รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์.....	21
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์.....	22
รูปที่ 2.7 แสดงภาพขั้นตอนการทำเหมืองหิน (Quarry).....	23
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของหม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill).....	24
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ Preheater.....	25
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของหม้อเผา (Kiln).....	25
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ในการเผาปูนเม็ด.....	26
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะหม้อบดปูนซีเมนต์ (Cement Mill).....	27
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะไซโลเก็บปูนซีเมนต์ (Cement Silo).....	27
รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งของหน่วยต่างๆ ที่มีสารมลพิษทางอากาศเกิดขึ้น.....	28
รูปที่ 2.15 แสดงกราฟค่า standard deviation กับจุดโค้งกลับของกราฟ.....	33
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะพลูมจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	35
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะพลูมที่ไม่มี reflection.....	38
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะ normal distribution.....	38
รูปที่ 3.1 แบบฟอร์มข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยาระดับสูง (Upper air data).....	51
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการหาความสูงผสม (Mixing Height).....	51
รูปที่ 3.3 แบบฟอร์มการจัดเรียงข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยาระดับสูงสำหรับนำเข้าโปรแกรม ISCST 3.....	52
รูปที่ 4.1 แผนภาพวงกลมแสดงสัดส่วนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นข้อมูลในการศึกษา.....	57
รูปที่ 4.2 แผนภาพวงกลมแสดงสัดส่วนปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ในช่วงระหว่างปี 2546-2548 (พินต้นต่อปี).....	63

รูปที่ 4.3 แผนภาพวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ในช่วงระหว่างปี 2546-2548 (พินตันต่อปี).....	64
รูปที่ 4.4 แผนภาพวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซมลพิษก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ในช่วงระหว่างปี 2546-2548 (พินตันต่อปี).....	65
รูปที่ 4.5 แผนภาพวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยฝุ่นละอองจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ในช่วงระหว่างปี 2546-2548 (พินตันต่อปี).....	66
รูปที่ 4.6 ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 400 ตารางกิโลเมตร.....	77
รูปที่ 4.7 แสดง Wind Rose ของอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ ISCST 3.....	80
รูปที่ 4.8 Wind Rose และ Stability Wind Rose ของอุตุนิยมวิทยาประจำปี 2548.....	82
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ NO _x เฉลี่ย 1 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3 โดยอัตราการระบายสูงสุด.....	104
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ SO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3 โดยอัตราการระบายสูงสุด.....	105
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ SO ₂ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3 โดยอัตราการระบายสูงสุด.....	106
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3 โดยอัตราการระบายสูงสุด.....	107
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ NO _x เฉลี่ย 1 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3.....	115
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ SO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3.....	116
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ SO ₂ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3.....	117
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากการประเมินโดยแบบจำลอง ISCST 3.....	118
รูปที่ 4.17 ลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เมื่ออุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน 5 นาที.....	123
รูปที่ 4.18 ลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เมื่ออุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน 15 นาที.....	124

รูปที่ 4.19 ลักษณะการกระจายตัวและเส้นระดับความเข้มข้นของ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เมื่ออุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน 30 นาที.....	125
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่อุปกรณ์บำบัดมลพิษหยุดการทำงาน กับ ค่าความเข้มข้น TSP ระดับพื้นดิน ในระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	126
รูปที่ ก-1 แบบฟอร์มที่เก็บข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Access XP.....	141
รูปที่ ข-1 ตัวอย่างตารางผลการคำนวณ emission factor (ข้อมูลทั้งหมดบรรจุใน CD-ROM).....	143
รูปที่ ค-1 รูปแบบของข้อมูลอุตุนิมวิทยาที่ใช้สำหรับนำเข้าในการใช้งาน ISCST.....	146
รูปที่ ค-2 ข้อมูลอุตุนิมวิทยาผิวพื้น.....	147
รูปที่ ค-3 ข้อมูลอากาศชั้นบน.....	148
รูปที่ ค-4 ตัวอย่างการใช้กราฟในการหาค่า Mixing height.....	152
รูปที่ ค-5 ตัวอย่าง Wind Rose และ Stability Wind Rose ของอุตุนิมวิทยาประจำปี 2548.....	152
รูปที่ ง-1 ตัวอย่างผลลัพธ์การประเมิน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST 3.....	154
รูปที่ ง-2 ตัวอย่างผลลัพธ์การประเมินที่จุดสังเกตการณ์.....	154

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ

C	Celsius
CE	control efficiency
F	Fahrenheit
ft	foot
ft ³	cubic foot
g	gram
gal	gallon
hr	hour
kg	kilogram
m	meter
m ³	cubic meter
mg	milligram
Mg	megagram (i.e. 10 ⁶ g = 1 metric ton)
mmHg	millimeters of mercury
mol	mole
MW	molecular weight
n	number of moles
ng	nanogram
NO ₂	nitrogen dioxide
NO _x	nitrogen oxides
O ₂	oxygen
P	pressure
PM	particulate matter
PM2.5	particulate matter of aerodynamic diameter of 2.5 microns or less
PM10	particulate matter of aerodynamic diameter of 10 microns or less
ppmv	parts per million - volume
psi	pounds per square inch
psia	pounds per square inch - absolute

คำย่อ (ต่อ)

psig	pounds per square inch - gage
SO _x	sulfur oxides
T	temperature
TSP	total suspended particulate
wt%	weight percent
yr	year
µg	microgram
µm	micrometer (micron)

คำอธิบายสัญลักษณ์

ds	Stack inside diameter (m)
Fd	Dry deposition flux (g/m ²)
g	Acceleration due to gravity (9.80616 m/s ²)
Qs	Pollutant emission rate (g/s)
S	Stability parameter
Ta	Ambient temperature (K)
Ts	Stack gas exit temperature (K)
Us	Wind speed adjusted to release height (m/s)
u*	Surface friction velocity (m/s)
Vs	Stack gas exit velocity (m/s)
X X-	coordinate in a Cartesian grid receptor network (m)
Y Y-	coordinate in a Cartesian grid receptor network (m)