

การศึกษาการจัดการมลภาวะอากาศทั้งภายนอกและภายในโรงพยาบาล

Study of Hospital Outdoor and Indoor Air Pollution Management

วิภาดา สนองราษฎร์¹, สมภพ สนองราษฎร์¹ และ วิภาวี ขำวิจิตร²

1.ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2.สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

Wipada Sanongraj¹, Sompop Sanongraj¹ and Wipawee Khamwicht²

1. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

2. Institute of Engineering and Resources Management, Walailak University

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอปริมาณและองค์ประกอบมลพิษที่ติดเชื่อ ตลอดจนการเก็บรวบรวมและการจัดการมลพิษที่ติดเชื่อโดยการใช้เตาเผา การวัดปริมาณและการทำนายการแพร่กระจายมลภาวะอากาศหลัก อันได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และอนุภาคมลสาร (PM₁₀) ที่ปลดปล่อยจากปล่องเตาเผา และการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และแบคทีเรียในอากาศ ของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ อุบลราชธานี รวมทั้งการสร้างชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคารในระดับห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า ปริมาณมลพิษที่ติดเชื่อเฉลี่ยรายวันมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 50-75 กิโลกรัม โดยมีแหล่งกำเนิดหลักจากตึกผู้ป่วย ซึ่งองค์ประกอบหลักของมลพิษที่ติดเชื่อได้แก่ มลพิษที่ติดเชื่อทั่วไปและยาง จากการวัดปริมาณมลภาวะอากาศหลักที่ปลดปล่อยจากปล่องเตาเผาพบว่ามีปริมาณมลพิษที่ติดเชื่อที่ลำเลียงเข้าห้องเผาในแต่ละกะมีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซ CO และอนุภาคมลสาร ที่ปล่อยออกจากเตาเผา กรณีปริมาณมลพิษที่ติดเชื่อที่ลำเลียงเข้าห้องเผาอยู่ในช่วง 100 กิโลกรัมต่อกะ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยและสูงสุดรายชั่วโมงของ CO มีค่าอยู่ในช่วง 3-170 ppm และ 100-6,400 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงบางช่วงสูงเกินค่ามาตรฐาน (125 ppm) และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยและสูงสุดรายชั่วโมงของอนุภาคมลสาร มีค่าอยู่ในช่วง 295-830 ppm และ 740-3,000 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงเกินค่ามาตรฐาน (200 ppm) ค่อนข้างมาก แต่ในกรณีที่ปรับเปลี่ยนปริมาณมลพิษที่ติดเชื่อที่ลำเลียงเข้าห้องเผาอยู่ในช่วง 50 กิโลกรัมต่อกะ พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยและสูงสุดรายชั่วโมงของ CO ลดลงมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3-80 ppm และ 20-1,500 ppm ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยและสูงสุดรายชั่วโมงของอนุภาคมลสาร มีค่าลดลง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 300-520 ppm และ 500-1,030 ppm ตามลำดับ สำหรับก๊าซ NO_x ปริมาณมลพิษที่ติดเชื่อที่ลำเลียงเข้าห้องเผาในแต่ละกะไม่ค่อยมีผลต่อปริมาณก๊าซ NO_x ที่ปล่อยออกจากเตาเผามากนัก กล่าวคือทั้ง 2 กรณี มีค่าอยู่ในช่วง 2-90 ppm ซึ่งทั้ง 2 กรณี มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงไม่เกิน

ค่ามาตรฐาน (250 ppm) ผลที่ได้จากการทำนายการแพร่กระจายมลภาวะด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AERMOD พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของมลภาวะทั้งสามมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดราย 1 ชั่วโมงของ CO มีค่าเท่ากับ $232 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($< 40,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดราย 24 ชั่วโมงของอนุภาคมลสาร มีค่าประมาณ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($< 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนมกราคม สำหรับ NO_x พบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดรายปีมีค่าเท่ากับ $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนมีนาคม และจุดที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของมลภาวะอากาศมากที่สุดได้แก่ บริเวณตึกผู้ป่วย 3 สำหรับผลการสุ่มตรวจวัดปริมาณ VOCs และเชื้อแบคทีเรีย พบว่า Dichloromethane มีปริมาณสูงที่สุดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งบางจุดมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน German guideline ($2 \text{ mg}/\text{m}^3$) แต่สำหรับปริมาณเชื้อแบคทีเรียมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน HAIAQO ($1,000 \text{ CFU}/\text{m}^3$ (8 hr avg.)) ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งมลภาวะอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลอาจบำบัดได้โดยใช้ชุดทดลองบำบัดอากาศในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้กระบวนการโฟโตคะตะไลติกออกซิเดชัน โดยผลจากการทดสอบบำบัดอากาศเสียสังเคราะห์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่า 90% ภายในระยะเวลาอันสั้น (< 20 นาที) จึงมีศักยภาพสูงที่ควรพัฒนาวิธีการดังกล่าวในระดับต้นแบบต่อไป

คำสำคัญ (Keywords): มุลฝอยติดเชื้อ, เต่าเหามุลฝอยติดเชื้อ, การแพร่กระจายมลภาวะอากาศ, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AERMOD, กระบวนการโฟโตคะตะไลติกออกซิเดชัน

Abstract

This study reports quantity and composition of infectious waste, waste collection and waste management using an incinerator. Also including in this report is the measurement and dispersion prediction of significant air pollutants emitted from the incinerator such as CO, NO_x, and PM₁₀, and the indoor air quality analysis. The analysis of indoor air quality consists of the measurement of VOCs and bacteria in the Fort Sappasitthiprasong hospital, Ubonratchathani, and the development of lab scale air treatment unit. From the study, the infectious waste of the Fort Sappasitthiprasong hospital is roughly 50-75 kg/day, which comes mainly from patient wards. The major waste compositions are general infectious waste and rubber. Results of air pollutant measurements suggest that the quantity of waste burnt in each cycle essentially affects CO and PM₁₀ emissions. For 100 kg burnt waste cycle, the 1-hr average and 1-hr maximum CO concentrations are 3-170 ppm and 100-6,400 ppm, respectively. Some of the 1-hr average CO concentrations exceed a standard (125 ppm). The 1-hr average and 1-hr maximum PM₁₀ concentrations are 295-830 ppm and 740-3,000 ppm, respectively. There are a number of these concentrations which are relatively higher than a standard (200 ppm). Once the quantity of burnt waste was changed to 50 kg per cycle, the 1-hr average and 1-hr maximum CO concentrations significantly decrease, ranging from 3-80 ppm and 20-1,500 ppm, respectively. However, changing the waste quantity for each cycle has inconsiderable effect on NO_x concentrations. The 1-hr average NO_x concentrations for 50 and 100 kg burnt waste range from 2-90 ppm, which do not exceed the standard (250 ppm). Results from the AERMOD modeling indicate that the average and maximum concentrations of the three pollutants in the ambient do not exceed the standards. The maximum of 1-hr average CO concentrations is 232 µg/m³ (< 40,000 µg/m³). The maximum of 24-hr average PM₁₀ concentration is approximately 50 µg/m³, occurring in January. The maximum of 1-yr average NO_x concentration is 0.12 µg/m³, occurring in March. The area having the most impact of air pollutant dispersion is the patient ward three. Results from indoor air quality analysis show that dichloromethane is the predominantly air pollutant in every sampling point. Their concentrations at some sampling points exceed the German guideline (2 mg/m³). Whereas, bacteria concentrations do not exceed the HIAAQ standard (1,000 CFU/m³ (8 hr average)) in all sampling point. This indoor air quality can potentially be alleviated by using the lab scale air treatment unit developed in this study. The treatment process in this unit uses Photocatalytic oxidation. Results from the experiments to treat synthetic air pollution

indicate that the unit yields approximately above 90% of treatment efficiency within short period of time (less than 20 minutes). Therefore, this unit has high potential performance to be used as air treatment system, in which larger scale unit should be further developed.

Keyword: Infectious Waste, Infectious Waste Incinerator, Air Pollutant Dispersion, AERMOD Mathematical Modeling, Photocatalytic Oxidation Process

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549 และขอขอบคุณงานวิจัยและบริการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ช่วยติดต่อประสานงานกับงานวิจัยและบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีเป็นอย่างดี นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ พ.อ. (พิเศษ) วิสุทธิ์ ศรีจันทร์หาพันธุ์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกท่าน ของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ ที่ได้อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลการทำวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมิวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี และกรุงเทพมหานคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และอาจารย์สรณ์ สุวรรณโชติ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์ผล สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเทศบาลเมืองวารินชำราบ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่บริเวณโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของโครงการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 กลยุทธ์ของโครงการวิจัย	2
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	3
1.6 เป้าหมายผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัย	3
1.7 หน่วยงานและผู้รับผิดชอบ	4
1.8 ผู้ใช้ประโยชน์จากผลการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎี	5
2.1 มวลฟอยติคเชื้อ	5
2.1.1 นิยามและลักษณะมวลฟอยติคเชื้อ	5
2.1.2 ภาษนะและวิธีการเก็บ รวบรวมมวลฟอยติคเชื้อ	5
2.1.3 การเคลื่อนย้ายมวลฟอยติคเชื้อ	6
2.1.4 ที่พักรวมมวลฟอยติคเชื้อ	6
2.2 การกำจัดมวลฟอยติคเชื้อด้วยวิธีการเผาในเตาเผา	7
2.2.1 หลักการเผาไหม้และการไหม้ในเตาเผา	7
2.2.2 องค์ประกอบหลักของเตาเผาผลฟอยติคเชื้อ	8
2.2.3 ประเภทของเตาเผาผลฟอยติคเชื้อ	9
2.2.4 มลภาวะอากาศจากเตาเผาผลฟอยติคเชื้อ	11
2.3 อุดมวิทย์กับการแพร่กระจายมลภาวะอากาศ	12
2.3.1 การแพร่กระจายของมลภาวะอากาศในบรรยากาศ	12
2.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)	14
2.3.3 ข้อมูลป้อนเข้า (Input)	15

2.3.4 ผลที่ได้จากการดำเนินงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	15
2.3.5 แบบจำลอง Gaussian Model	16
2.3.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AERMOD	20
2.3.7 ข้อมูลการนำเข้า AERMET	21
2.3.8. ข้อมูลนำเข้า AERMAP	24
2.3.9 รูปแบบของแบบจำลอง AERMOD	29
2.4 มลภาวะอากาศภายในอาคาร	31
2.5 การจัดการมลภาวะอากาศภายในอาคารด้วยกระบวนการโฟโตคะตาไลติกออกซิเดชัน	33
2.5.1 กระบวนการโฟโตคะตาไลซิส	33
2.5.2 กลไกที่เกิดขึ้นในกระบวนการโฟโตคะตาไลซิส	36
บทที่ 3 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาล	38
3.2 แหล่งที่มาของมลพิษยติคเชื้อ	41
3.3 เส้นทางการเก็บรวบรวมมลพิษยติคเชื้อ	44
3.4 สภาพปัจจุบันของการจัดการมลพิษยติคเชื้อ	48
3.5 ปริมาณและองค์ประกอบมลพิษยติคเชื้อ	52
3.6 ขั้นตอนการควบคุมการเผาผลาญมลพิษยติคเชื้อ	52
3.7 ประเภทและปริมาณการปลดปล่อยมลภาวะอากาศจากเตาเผา	58
3.8 ข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาและจุดอ้างอิงในการทำนายการแพร่กระจาย	59
3.9 ระบบการจัดการอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล	61
3.10 จุดเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร	63
3.11 ชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคารระดับห้องปฏิบัติการ	63
บทที่ 4 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษาวิจัย	64
4.1 การเก็บข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบมลพิษยติคเชื้อ	64
4.2 การตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยมลภาวะอากาศจากเตาเผา	64
4.2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO _x)	64
4.2.2 อนุภาคมลสาร	66
4.3 การทำนายการแพร่กระจายมลภาวะอากาศ	67
4.3.1 การเตรียมข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาโดยใช้โปรแกรม AERMET	67
4.3.2 การใช้โปรแกรม AERMOD ในการทำนายการแพร่กระจาย	68

4.4 การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล	68
4.4.1 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	68
4.4.2 ค่าปริมาณแบคทีเรียในอากาศ	69
4.5 ชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคารระดับห้องปฏิบัติการด้วยกระบวนการโฟโตคะตาไลติก ออกซิเดชัน	69
4.5.1 การสังเคราะห์สารไททานเนียมไดออกไซด์บนผิวไฟเบอร์กลาส	69
4.5.2 การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคารระดับห้องปฏิบัติการ	74
บทที่ 5 ผลการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ผล	77
5.1 ปริมาณและองค์ประกอบมลพิษยดติดเชื้อ	77
5.2 ปริมาณการปลดปล่อยมลภาวะอากาศจากเตาเผา	78
5.2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO _x)	78
5.2.2 อนุภาคมลสาร	81
5.3 การทำนายการแพร่กระจายมลภาวะอากาศ	84
5.3.1 ความเข้มข้นของมลภาวะอากาศที่แพร่กระจายในบรรยากาศ	84
5.3.2 ปัจจัยของปริมาณมลพิษที่เผากับการแพร่กระจายของมลภาวะอากาศ	87
5.3.3 ปัจจัยขององค์ประกอบของมลพิษที่เผากับการแพร่กระจายของมลภาวะอากาศ	89
5.3.4 ปัจจัยของข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยากับการแพร่กระจายของมลภาวะอากาศ	90
5.4 คุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล	94
5.4.1 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	94
5.4.2 แบคทีเรียในอากาศ	94
5.5 ชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล ด้วยกระบวนการโฟโตคะตาไลติก ออกซิเดชัน	97
5.5.1 การสังเคราะห์สารไททานเนียมไดออกไซด์บนผิวไฟเบอร์กลาส	97
5.5.2 การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองบำบัดคุณภาพอากาศภายในอาคารระดับ ห้องปฏิบัติการ	99
บทที่ 6 แนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ	102
6.1 การรวบรวม ขนย้าย และการจัดการมลพิษยดติดเชื้อของโรงพยาบาล	102
6.1.1 องค์ประกอบมลพิษยดติดเชื้อ	102
6.2 ปริมาณการปลดปล่อยมลภาวะอากาศจากเตาเผา	103
6.3 การแพร่กระจายมลภาวะอากาศจากเตาเผามลพิษยดติดเชื้อ	103

6.4 การจัดการมลภาวะอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล	104
เอกสารอ้างอิง	105
ภาคผนวก ก	107
ภาคผนวก ข	148
ภาคผนวก ค	153
ภาคผนวก ง	164
ภาคผนวก จ	177
ภาคผนวก ฉ	190
ประวัติคณะผู้วิจัย	203

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill-Gifford	17
ตารางที่ 2.2 ค่า Albedo แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล (ALBEDO OF COVERS BY LAND-USE AND SEASON)	22
ตารางที่ 2.3 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล (DAYTIME BOWEN RATIO BY LAND-USE AND SEASON DRY CONDITIONS)	22
ตารางที่ 2.4 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ (DAYTIME BOWEN RATIO BY LAND-USE AND SEASON AVERAGE MOISTURE CONDITIONS)	23
ตารางที่ 2.5 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ (DAYTIME BOWEN RATIO BY LAND-USE AND SEASON WET CONDITIONS)	23
ตารางที่ 2.6 ค่า Surface Roughness length แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล (SURFACE ROUGHNESS LENGTH BY LAND-USE AND SEASON)	24
ตารางที่ 3.1 ประเภทและรายละเอียดของมูลฝอยภายในโรงพยาบาล	40
ตารางที่ 3.2 สรุปการกำจัดมูลฝอยและการทำลายเชื้อของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์	51
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดจุดอ้างอิงและพิกัดที่กำหนดในแผนที่	61
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลมูลฝอยติดเชื้อในแต่ละวัน	64
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลก๊าซ	65
ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลอนุภาคมลสาร	66
ตารางที่ 5.1 ความเข้มข้นและอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO และ NO _x กรณีที่ลำเลียงมูลฝอยติดเชื้อเข้าห้องเผา 100 กิโลกรัมต่อกะ	79
ตารางที่ 5.2 ความเข้มข้นและอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO และ NO _x กรณีที่ลำเลียงมูลฝอยติดเชื้อเข้าห้องเผา 50 กิโลกรัมต่อกะ	80
ตารางที่ 5.3 ความเข้มข้นและอัตราการปลดปล่อยอนุภาคมลสาร กรณีที่ลำเลียงมูลฝอยติดเชื้อเข้าห้องเผา 100 กิโลกรัมต่อกะ	82
ตารางที่ 5.4 ความเข้มข้นและอัตราการปลดปล่อยอนุภาคมลสาร กรณีที่ลำเลียงมูลฝอยติดเชื้อเข้าห้องเผา 50 กิโลกรัมต่อกะ	83
ตารางที่ 5.5 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของมลภาวะในบรรยากาศสำหรับกรณีศึกษาทั้งสองกรณี	85
ตารางที่ 5.6 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของมลภาวะในบรรยากาศโดยใช้ค่าการปลดปล่อยมลภาวะสูงสุด (กรณีศึกษาหนึ่ง) เทียบกับค่ามาตรฐาน	86

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของมลภาวะเมื่อปริมาณมูลฝอยที่เผาเป็น 50 และ 100 กิโลกรัม	88
ตารางที่ 5.8 ความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดสำหรับกรณีศึกษาทั้งสองกรณีเมื่อองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นยางอย่างเดียว และเมื่อเป็นมูลฝอยทั่วไป	90
ตารางที่ 5.9 อุณหภูมิของก๊าซที่ถูกปลดปล่อยออกจากปล่องเตาเผาสำหรับกรณีศึกษาที่ 1 (การปลดปล่อยมลภาวะสูงสุด) และสำหรับกรณีศึกษาที่ 2 (การปลดปล่อยมลภาวะเฉลี่ย)	93
ตารางที่ 5.10 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล	95

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการหลักในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยการเผา	8
รูปที่ 2.2 เตาเผามูลฝอยแบบหลายห้องเผา (Multiple Chamber Incinerator/Retort type)	9
รูปที่ 2.3 เตาเผามูลฝอยแบบหลายห้องเผา (Multiple Chamber Incinerator/In-line type)	10
รูปที่ 2.4 เตาเผาประเภทใช้อากาศน้อย (Starved-air หรือ Controlled air incinerator)	10
รูปที่ 2.5 เตาเผาแบบหมุน (Rotary kiln incinerator)	11
รูปที่ 2.6 พฤติกรรมของพุ่มที่ออกจากปล่อง	13
รูปที่ 2.7 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน Y	18
รูปที่ 2.8 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวแกน Z	19
รูปที่ 2.9 โครงสร้างการทำงานของแบบจำลอง AERMOD	25
รูปที่ 2.10 แหล่งกำเนิดชั้น CBL	27
รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการทำนายการแพร่กระจายของมลพิษโดยโปรแกรม AERMET และ AERMOD	31
รูปที่ 2.12 กระบวนการโฟโตคะตาไลซิสที่เกิดขึ้นเมื่อมีการฉายแสงลงบนอนุภาคของคะตาไลสต์	34
รูปที่ 2.13 ค่าช่องว่างพลังงานของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง ๆ	35
รูปที่ 3.1 แผนผังโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์	38
รูปที่ 3.2 ดั่งใส่มูลฝอยติดเชื้อตามจุดต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาล	41
รูปที่ 3.3 ลักษณะภาชนะใส่หัวเข็มติดเชื้อ	42
รูปที่ 3.4 ป้ายแสดงรายละเอียดของมูลฝอยติดเชื้อ	42
รูปที่ 3.5 สถานที่รอกาหรขนย้ายประจำชั้น	43
รูปที่ 3.6 ดั่งใส่มูลฝอยประจำตึก	43
รูปที่ 3.7 ผังเส้นทางลำเลียงมูลฝอยภายใน โรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์	44
รูปที่ 3.8 สภาพเส้นทางลำเลียงมูลฝอยจากศูนย์จ่ายกลางถึงตึกผู้ป่วย 4	45
รูปที่ 3.9 รถเข็นเก็บมูลฝอย	46
รูปที่ 3.10 ลักษณะชุดของผู้ทำหน้าที่ขนย้ายมูลฝอย	46
รูปที่ 3.11 โรงพักมูลฝอย	47
รูปที่ 3.12 สภาพภายในโรงพักมูลฝอย	48
รูปที่ 3.13 เตาเผามูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล	49
รูปที่ 3.14 ดั่งเก็บน้ำมันดีเซลที่ใช้ สำหรับเตาเผา	49
รูปที่ 3.15 ส่วนที่เป็นห้องเผาไหม้แรกของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	50
รูปที่ 3.16 ส่วนที่เป็นห้องเผาไหม้ที่สองของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	50

รูปที่ 3.17 การวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อ	52
รูปที่ 3.18 ผู้ควบคุมเตาเผามูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล	54
รูปที่ 3.19 หัวเผาที่ 2 (หัวเผาควัน) สำหรับห้องเผาไหม้ที่สอง	54
รูปที่ 3.20 หัวเผาที่ 1 (หัวเผามูลฝอย) สำหรับห้องเผาไหม้แรก	55
รูปที่ 3.21 พัดลมที่ 2 (พัดลมห้องเผาควัน)	55
รูปที่ 3.22 การซั่งและบันทึกปริมาณมูลฝอยในการเผาแต่ละกะ	56
รูปที่ 3.23 รถขนมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อไปเผาในแต่ละกะ	56
รูปที่ 3.24 การลำเลียงมูลฝอยติดเชื้อ เข้าสู่ห้องเผา	57
รูปที่ 3.25 พัดลมที่ 1 (พัดลมห้องเผามูลฝอย)	57
รูปที่ 3.26 ช่องเขี่ยขี้เถ้า	58
รูปที่ 3.27 ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผามูลฝอย	58
รูปที่ 3.28 จุดวัดตัวอย่างอากาศที่ปล่องเตาเผา	59
รูปที่ 3.29 ตำแหน่งจุดอ้างอิงที่ใช้ในแผนที่ 1 : 50000	60
รูปที่ 3.30 สภาพภายในห้องของตึกผู้ป่วย	62
รูปที่ 3.31 สภาพห้องตรวจโรค (OPD)	62
รูปที่ 3.32 สภาพภายในห้อง ICU	63
รูปที่ 4.1 เครื่องตรวจวัดก๊าซ CO และ NO _x แบบพกพา ยี่ห้อ Testo รุ่น 300 M/T พร้อม probe และท่อเก็บก๊าซ	66
รูปที่ 4.2 ชุดเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างอนุภาคมลสาร	67
รูปที่ 4.3 ก) เครื่องดูดอากาศ ข) หลอดดูดซับเก็บตัวอย่าง VOCs	68
รูปที่ 4.4 ก) เครื่องดูดอากาศ ข) ชุดเครื่องแก้วเก็บตัวอย่างทางชีววิทยา	69
รูปที่ 4.5 ไฟเบอร์กลาสทรงกระบอก เคลือบผิวภายในด้วยผง TiO ₂	70
รูปที่ 4.6 สารเคมีและวัสดุหลักในการสังเคราะห์ TiO ₂ บนผิวไฟเบอร์กลาส	71
รูปที่ 4.7 สารผสมสีเทาที่ใช้ในการสังเคราะห์ TiO ₂ บนผิวไฟเบอร์กลาส	72
รูปที่ 4.8 การทำสารผสมสีเทาลงบนท่อ PVC	72
รูปที่ 4.9 การหุ้มไฟเบอร์กลาสลงบนท่อ PVC ที่ทำสารสีเทาทั่วแล้ว	73
รูปที่ 4.10 การตกแต่งไฟเบอร์กลาสที่หุ้มท่อ PVC และรอให้แข็งตัว	73
รูปที่ 4.11 ชุดทดลองบำบัดอากาศภายในอาคาร	75
รูปที่ 4.12 หลอด UV ขนาด 20 W มีความยาวคลื่น 254 nm ติดตั้งภายในชุดทดลอง	75
รูปที่ 4.13 พัดลมช่วยในการกวนผสม ติดตั้งภายในชุดทดลอง	76
รูปที่ 4.14 สวิตช์ปิด-เปิด เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เครื่องวัดความชื้น เครื่องปรับและวัดความเร็วลม จากพัดลม (เรียงจากซ้ายไปขวาตามลำดับ)	76

รูปที่ 5.1 ปริมาณมลพิษยดิดเชื้อเจลี่ยรายวันแยกตามแหล่งกำเนิด	77
รูปที่ 5.2 ปริมาณมลพิษยดิดเชื้อเจลี่ยรายวันแยกตามองค์ประกอบ	78
รูปที่ 5.3 ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่ปลดปล่อยจากปล่องเตาเผาที่ Ratio ต่าง ๆ	81
รูปที่ 5.4 ความเข้มข้นของก๊าซ NO _x ที่ปลดปล่อยจากปล่องเตาเผาที่ Ratio ต่าง ๆ	81
รูปที่ 5.5 กลุ่มควันดำที่ปล่อยออกจากปล่องเตาเผา	83
รูปที่ 5.6 ความเข้มข้นของอนุภาคมลสารที่ปลดปล่อยจากปล่องเตาเผาที่ Ratio ต่าง ๆ	84
รูปที่ 5.7 ค่าความเข้มข้นเจลี่ยราย 1 ชั่วโมงของ CO เดือน พฤษภาคม ปริมาณมลพิษยดิดที่เผาเท่ากับ 50 กิโลกรัม	88
รูปที่ 5.8 ค่าความเข้มข้นเจลี่ยราย 1 ชั่วโมงของ CO เดือน พฤษภาคม ปริมาณมลพิษยดิดที่เผาเท่ากับ 100 กิโลกรัม	88
รูปที่ 5.9 ความเข้มข้นเจลี่ยราย 1 ชั่วโมง ของ CO สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 เมื่อองค์ประกอบของมลพิษยดิดเป็นยางอย่างเดี่ยว	89
รูปที่ 5.10 ความเข้มข้นเจลี่ยราย 1 ชั่วโมง ของ CO สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 เมื่อองค์ประกอบของมลพิษยดิดเป็นมลพิษยดิดทั่วไป	90
รูปที่ 5.11 ภาพแสดงความถี่ของความเร็วลมในช่วงต่าง ๆ เจลี่ยรายปี	91
รูปที่ 5.12 ภาพแสดงความถี่ของความเร็วลมในช่วงต่าง ๆ เจลี่ยรายปี	92
รูปที่ 5.13 ความเข้มข้นเจลี่ย 1 ชั่วโมงของ CO เดือนมกราคม กรณีศึกษาที่หนึ่ง ปริมาณมลพิษยดิดที่เผาไหม้ 100 กิโลกรัม อุณหภูมิก๊าซเท่ากับ 759 K	93
รูปที่ 5.14 ความเข้มข้นเจลี่ย 1 ชั่วโมงของ CO เดือนพฤษภาคม กรณีศึกษาที่หนึ่ง ปริมาณมลพิษยดิดที่เผาไหม้ 100 กิโลกรัม อุณหภูมิก๊าซเท่ากับ 497 K	94
รูปที่ 5.15 ภาพถ่าย SEM ของผิวไฟเบอร์กลาสที่มีการเคลือบด้วย TiO ₂ ที่กำลังขยาย 100X	97
รูปที่ 5.16 ภาพถ่าย SEM ของผิวไฟเบอร์กลาสที่ไม่มีการเคลือบด้วย TiO ₂ ที่กำลังขยาย 100X	98
รูปที่ 5.17 ภาพถ่าย SEM ของผิวไฟเบอร์กลาสที่มีการเคลือบด้วย TiO ₂ ที่กำลังขยาย 5000X	98
รูปที่ 5.18 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการบำบัด Hexane ที่เวลาต่าง ๆ	100
รูปที่ 5.19 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการบำบัด TCE ที่เวลาต่าง ๆ	100
รูปที่ 5.20 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการบำบัด Toluene ที่เวลาต่าง ๆ	101
รูปที่ 5.21 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการบำบัดสาร VOCs ผสมอันประกอบด้วย Hexane, TCE และ Toluene ที่เวลาต่าง ๆ	101
รูปที่ 6.1 ตัวอย่างป้ายแสดงองค์ประกอบมลพิษยดิดเชื้อประจำศึก	102