

ผลกระทบด้านสุขภาพของฝุ่นขนาดเล็กในกรุงเทพมหานคร



นาง อูมา ลางกุลเสน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4504-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HEALTH EFFECTS OF RESPIRABLE PARTICULATE MATTER IN BANGKOK

Mrs. Uma Langkulsen

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Environmental Management

(Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

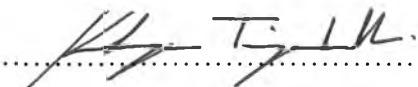
ISBN 974-17-4504-4

Copyright of Chulalongkorn University

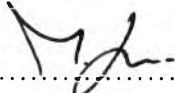
Thesis Title HEALTH EFFECTS OF RESPIRABLE PARTICULATE  
MATTER IN BANGKOK  
By Mrs. Uma Langkulsen  
Field of Study Environmental Management  
Thesis Advisor Associate Professor Wanida Jinsart, Ph.D.  
Thesis Co-advisor Professor Eiji Yano, M.D.

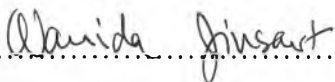
---

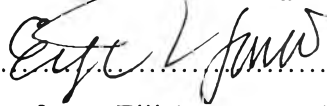
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree


  
..... Dean of the Graduate School  
(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)


THESIS COMMITTEE


  
..... Chairman  
(Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)

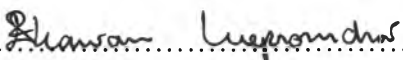
  
..... Thesis Advisor  
(Associate Professor Wanida Jinsart, Ph.D.)

  
..... Thesis Co-advisor  
(Professor Eiji Yano, M.D.)

  
..... Member  
(Professor Sawang Saenghirunvattana, M.D.)

  
..... Member  
(Benjalak Karnchanasest, Ph.D.)

  
..... Member  
(Tassanee Pluksasit, Ph.D.)

  
..... Member  
(Ekawan Luepromchai, Ph.D.)

อุมา ลางกุลเสน : ผลกระทบด้านสุขภาพของฝุ่นขนาดเล็กในกรุงเทพมหานคร (HEALTH EFFECTS OF RESPIRABLE PARTICULATE MATTER IN BANGKOK). อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วนิดา จินดาจรัส, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศ.นพ. อธิยาโนะ, 173 หน้า. ISBN 974-17-4504-4.

การศึกษาการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพชนิดเรื้อรังของมลพิษในอากาศที่มีต่อเด็กอายุ 10 ถึง 15 ปี นั้น ได้ทำการตรวจสอบสมรรถภาพปอดด้วย Spirometry และประเมินอาการของระบบทางเดินหายใจโดยใช้แบบสอบถามของ American Thoracic Society Division of Lung Diseases (ATS-DLD-78-C) ในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2547 ทั้งนี้ผลกระทบของพื้นที่ที่อยู่อาศัยได้นำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติความถดถอยโลจิสติก โดยได้ตรวจสอบสมรรถภาพปอดและประเมินอาการของระบบทางเดินหายใจในนักเรียน 722 (82%) คนในจำนวน 878 คน ในการศึกษาได้แบ่งพื้นที่ที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่บริเวณริมถนน (R) และพื้นที่ทั่วไป (G) ในระดับกลุ่มมลพิษสูง (H) ปานกลาง (M) และต่ำ (C) พบว่า ความชุกของอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในพื้นที่ที่มีมลพิษสูงบริเวณริมถนนและทั่วไป คือ OR=2.44 (95% CI 1.21-4.93) และ 2.60 (1.38-4.91) ตามลำดับ ในสัดส่วนของนักเรียนที่มีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่บริเวณริมถนนและพื้นที่ทั่วไปที่มีมลพิษสูงและปานกลาง (HR; OR=1.41 (95% CI 0.89-2.22), HG; 1.08 (0.71-1.64), MR; 0.99 (0.63-1.57)) พื้นที่ที่อยู่อาศัยและจำนวนสมาชิกภายในบ้านมีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการของระบบทางเดินหายใจ ในขณะที่ปัจจัยอื่น ได้แก่ ผู้ที่ตอบแบบสอบถาม เพศ อายุ ระยะเวลาที่อยู่อาศัย ขนาดของบ้าน พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของผู้ปกครอง การใช้เครื่องปรับอากาศ และการมีสัตว์เลี้ยงภายในบ้านไม่มีความสัมพันธ์ดังกล่าว ทั้งนี้อายุมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมของสมรรถภาพปอด ในขณะที่ปัจจัยอื่นไม่มีความสัมพันธ์ดังกล่าว จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก และอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอาจได้รับผลกระทบจากมลพิษซึ่งบุคคลเหล่านั้นกำลังเผชิญอยู่

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)  
ปีการศึกษา 2548.....

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4589693220 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD: AIR POLLUTION / BANGKOK / CHILDREN / LUNG FUNCTION / RESPIRATORY SYMPTOMS.

UMA LANGKULSEN: HEALTH EFFECTS OF RESPIRABLE PARTICULATE MATTER IN BANGKOK. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. WANIDA JINSART, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PROF. EIJI YANO, M.D., 173 pp. ISBN 974-17-4504-4.

Chronic effects of air pollution in Bangkok schoolchildren aged 10 to 15 yr were investigated. Spirometry tests and respiratory symptoms by the American Thoracic Society's Division of Lung Diseases (ATS-DLD-78-C) questionnaire were conducted during May-August 2004. Effects of residential area were estimated by multiple logistic regression analysis. 722 (82%) of the 878 children were measured lung function test and filed in the ATS-DLD questionnaires. The studied sites were divided into four categories, roadside (R) and general area (G) with high (H), moderate (M) and low pollution (C). The prevalence of respiratory symptoms increased significantly with odds ratios (95% Confidence Interval) in HR and HG are: 2.44 (1.21-4.93) and 2.60 (1.38-4.91), respectively. Proportion of children with impaired lung function were not significantly different in H and M-polluted roadside and general area (HR; OR=1.41 (95% CI 0.89-2.22), HG; 1.08 (0.71-1.64), MR; 0.99 (0.63-1.57)). Residential locations and family members were associated with the prevalence of respiratory symptoms, whereas those factors of responder of ATS-DLD, gender, age, residential years, home size, parental smoking habits, use of air conditioners, and domestic pets were not associated. Age was associated with the impaired lung function, whereas others factors were not associated. The association between exposure to fine particulate matter and respiratory symptoms in Bangkok schoolchildren was demonstrated. Bangkok populations' health may be adversely affected by the air pollution to which they are regularly exposed.

Field of study Environmental Management Student's signature..... Uma Langkulson  
(Inter-Department)..... Advisor's signature..... Wanida Jinsart  
Academic year..2005..... Co-advisor's signature..... Eiji Yano

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am deeply grateful to the cooperation of the school principals, the many teachers, the student, and their parents who participated in this study. The Royal Golden Jubilee (RGJ) Ph.D. Program Thailand Research Fund and National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM), Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand financially supported this research.

I would like to express my gratitude to several people who have helped in the formulation of this research. Firstly, I would like to thank Associate Professor Wanida Jinsart, Department of General Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Professor Eiji Yano, Associate Professor Kanae Karita, Department of Hygiene and Public Health, Teikyo University School of Medicine, Japan and Professor Sawang Saenghirunvattana, Bangkok Samitivej Sukumvit Hospital, all of who gave valuable comments on the first draft of this research and provided excellent advice.

Secondly, I gratefully acknowledge the invaluable comments and suggestions of Dr. Manaskorn Rachakornkij, Chairman of the committee, Dr. Benjalak Karnchanasest, Dr. Tassanee Prueksasit, Dr. Ekawan Luepromchai members of thesis committee. I also special thanks to officers of NRC-EHWM, Department of General Science, and staffs of Teikyo University School of Medicine for help during the study.

Thirdly, I would like to thank technicians Mr. Wichian Srilam, Mr. Suwat Tangchityongsiva, Mr. Nattapol Promlee, Respiratory and Tuberculosis Division, and nurses, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University for help in measurement spirometry and provided Spiro Thai 2.0 Program. Special thanks to GlaxoSmithKline (Thailand) Limited for provide Micro Medical Smoke Check. In addition, I acknowledge the Pollution Control Department for the very important data.

Finally, Dedicated to my husband Mr. Phuttiapun, and to my son BOSS. To my loving family: Kamol, Chalida, Sittisak, Vanee, Jirawat, Suttinee, Ram, Puttaporn, and Budsaracome.

## CONTENTS

	<b>Page</b>
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF FIGURES.....	x
LIST OF TABLES.....	xi
NOMENCLATURE.....	xiii
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 Statement of the Problem .....	1
1.2 Objectives.....	2
1.3 Scopes of the Study .....	2
1.4 Benefits of the Study.....	3
CHAPTER II BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW.....	4
2.1 Air Pollution.....	4
2.2 Respiratory System.....	14
2.3 Health Effects.....	28
2.4 Epidemiology.....	31
2.5 Statistical Analysis.....	35
CHAPTER III RESEARCH METHODOLOGY.....	51
3.1 Study Site and Population.....	51
3.1.1 Study Site.....	51
3.1.2 Study Population.....	54
3.2 Materials.....	58
3.2.1 Air Pollution Data.....	58
3.2.2 Respiratory Questionnaire.....	59
3.2.3 Lung Function Test.....	59
3.2.4 CO Breathe test.....	65

	<b>Page</b>
3.3 Statistical Analysis.....	66
3.3.1 One-way ANOVA.....	66
3.2.2 Yates'Chi-Square Test.....	67
3.3.3 Logistic Regression Technique.....	68
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....	70
4.1 Results.....	70
4.1.1 Demographic and Risk Factor Characteristics.....	70
4.1.2 Respiratory Symptoms.....	74
4.1.3 Impaired Lung Function.....	79
4.1.4 Confounding Factors.....	82
4.1.5 Only Mother Responder.....	84
4.1.6 CO Level.....	85
4.1.7 Urban versus Rural.....	86
4.1.8 Non-Response Analysis.....	90
4.2 Discussions.....	91
CHAPTER V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION.....	98
5.1 Conclusions.....	98
5.1.1 Prevalence of Respiratory Symptoms.....	98
5.1.2 Prevalence of Impaired Lung Function.....	98
5.1.3 Association between Particulate Matter and Respiratory Health.....	99
5.1.4 Comparison of Respiratory Health.....	99
5.2 Recommendations.....	100
REFERENCES.....	103



	<b>Page</b>
APPENDICES.....	113
APPENDIX A Respiratory Questionnaire ATS-DLD-78-C.....	114
APPENDIX B Spirometry Parameters.....	140
APPENDIX C SPSS Output.....	151
APPENDIX D Pony Graphic User Manual.....	155
APPENDIX E Micro Medical Smoke Check Operating Manual.....	158
APPENDIX F Publication.....	162
 BIOGRAPHY.....	 173

## LIST OF FIGURES

<b>Figure</b>	<b>Page</b>
2.1 Roadside PM <sub>10</sub> concentrations in Bangkok, 1999-2004.....	9
2.2 Number of motor vehicles registered in Bangkok under Motor Vehicle Act and Land Transport Act, 1999-2004.....	10
2.3 Passage of air and the respiratory structures.....	15
2.4 Alveolar macrophages of human lung.....	17
2.5 Range of particle size.....	18
2.6 Spirometry standardization steps.....	19
2.7 Lung volume.....	25
2.8 Normal flow volume loop.....	26
2.9 Levels of CoHb, MetHb, and SulfHb in 1995-2000.....	43
3.1 Location of air monitoring stations in the study areas. <i>Dark shading</i> represents high-polluted area.....	52
3.2 Map of study sites in Bangkok.....	56
3.3 Map of study sites in Ayutthaya.....	57
3.4 Spirometer Pony Graphic 3.3.....	60
3.5 Steps of spirometry.....	61
3.6 Sample acceptable flow-volume spirogram.....	62
3.7 Spirometry.....	63
3.8 Guidelines for spirometric interpretation.....	63
3.9 Calibration syringe with spirometer.....	65
3.10 CO breathe detector.....	66

## LIST OF TABLES

Table	Page
2.1 Ambient air quality in the general areas of Bangkok in 2004.....	6
2.2 Ambient air quality at the roadside sites of Bangkok in 2004.....	7
2.3 Ambient air standards of Thailand (1995).....	8
2.4 Source contributions to PM <sub>10</sub> ambient concentrations.....	11
2.5 Hazardous Air Pollutants.....	12
2.6 Compositions of emission sources in Bangkok area.....	13
2.7 Minimal recommendations for diagnostic spirometry.....	20
2.8 Equipment quality control summary.....	22
2.9 Annual average of other air pollutants in the general areas of Bangkok during 1999-2003.....	44
3.1 Traffic volume, zone characteristic, and 24-hour average concentration of PM <sub>10</sub> in Bangkok, Thailand, 2004.....	54
3.2 School and distance from PCD air quality monitoring station.....	55
3.3 Sample size among study areas.....	58
3.4 Spiro Thai 2.0 Program.....	64
4.1 Demographic and risk factor characteristics of children included in analysis, Thailand, 2004 (n=722).....	71
4.2 Any of respiratory symptoms among schoolchildren in HR area.....	75
4.3 Any of respiratory symptoms among schoolchildren in HG area.....	76
4.4 Any of respiratory symptoms among schoolchildren in MR area.....	77
4.5 Any of respiratory symptoms among schoolchildren in C area.....	78
4.6 Lung function defect in schoolchildren, Thailand (n=722).....	80
4.7 Number and prevalence (%) of respiratory symptoms and impaired lung function in schoolchildren, Thailand (n=722).....	81
4.8 Multiple logistic regression analyses for the association between independent variables, any of respiratory symptoms and impaired lung function among schoolchildren in Bangkok.....	83

<b>Table</b>	<b>Page</b>
4.9 Multiple logistic regression analyses only mother responder.....	84
4.10 Alveolar CO concentrations in Bangkok schoolchildren (n=56).....	85
4.11 Demographic data of Ayutthaya schoolchildren (n=173).....	87
4.12 Impaired lung function in Ayutthaya schoolchildren.....	88
4.13 Respiratory health data of study subjects from Bangkok and Ayutthaya....	89
4.14 Comparison of atmospheric pollutant levels (mean) in Bangkok and Ayutthaya.....	90

**NOMENCLATURE**

ACCP	American College of Chest Physicians
Al	Aluminum
ANOVA	Analysis of variance
AQS	Air quality pollutants system
As	Arsenic
ATS	American Thoracic Society
ATS-DLD-C	American Thoracic Society Division of Lung Disease for Children
Ba	Barium
BaP	Benzo(a)pyrene
BMA	Bangkok Metropolitan Administration
BMR	Bangkok Metropolitan Region
Br	Bromine
BTPS	Ambient temperature and pressure, saturated
C	Control area
Ca	Calcium
CI	Confidential interval
Cl	Chlorine
Cl <sup>-</sup>	Chlorine ion
cm	centimeter
CoHb	Carboxyhemoglobin
CO	Carbon monoxide
Cr	Chromium
Cu	Copper
CVD	Cardiovascular disease
DAD	Diffuse alveolar damage
EC	Elemental carbon
e.g.	exempli gratia
EPA	Environmental Protection Agency
ERV	Expiratory reserve volume

etc	et cetara
Fe	Iron
FEF <sub>25-75%</sub>	Mean forced expiratory flow during the middle half of the FVC
FEV <sub>1</sub>	Forced expiratory volume in one second
FEV <sub>t</sub>	Timed forced expiratory volume
FVC	Forced vital capacity
g	gram
g/l	gram per liter
HAPs	Hazardous air pollutants
HC	Hydrocarbon
HG	High-polluted general area
H <sub>2</sub> O	Water
HR	High-polluted roadside area
HRV	Heart rate variability
Hz	Hertz
IC	Inspiratory capacity
i.e.	id est
IgE	Immunoglobulin E
IgG	Immunoglobulin G
K	Potassium
L	Liter
L/min	Liters per minute
L/s	Liters per second
LPG	Liquefied petroleum gas
LSD	Fisher's Least-Significant Difference
MetHb	Methemoglobin
min	Minute
mm	Milimeter
Mn	Manganese
MR	Moderate-polluted roadside area
MSE	Mean square between groups
MST	Mean square within groups

MVV	Maximal voluntary ventilation
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
$\text{NH}_4^+$	Ammonium ion
Ni	Nickel
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
$\text{NO}_2$	Nitrogen dioxide
$\text{NO}_3^-$	Nitrate ion
NSRD	Non-specific respiratory disease
$\text{O}_3$	Ozone
OC	Organic carbon
OR	Odds ratio
P	Phosphorus
PAHs	Polycyclic aromatic hydrocarbons
PCP	Persistent cough and phlegm
Pe	Probability of developing disease, among those exposed to the risk factor
Po	Probability of developing disease, among those not exposed to the risk factor
Pb	Lead
PCD	Pollution Control Department
PEFR	Peak expiratory flow rate
PFTs	Pulmonary function tests
$\text{PM}_{2.5}$	Particulate matter less than 2.5 $\mu\text{m}$ in diameter
$\text{PM}_{10}$	Particulate matter less than 10 $\mu\text{m}$ in diameter
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
Q	Questionnaire
R	Rural area
RV	Residual volume
s	second
S	Sulfur
SD	Standard deviation

SE	Standard error
SES	Socioeconomic status
Si	Silicon
SO <sub>2</sub>	Sulfur dioxide
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfate anion
SPM	Suspended particulate matter
SPSS	Statistical package for social science
SulfHb	Sulfhemoglobin
Ti	Titanium
TLC	Total lung capacity
TSP	Total suspended particulate matter
TV	Tidal volume
U.S.	United States
V	Flow
V	Vanadium
VC	Vital capacity
Zn	Zinc
μg/m <sup>3</sup>	Microgram per cubic meter
μm	Micrometer