การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกิจกรรมการขนส่งทางถนนในประเทศไทย

บุรินทร์ เข็มทอง
ภัทรา จารุเกษม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถ
ป 6477 ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72181
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

b 11764466
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTIMATION OF EMISSIONS OF AIR POLLUTANTS FROM LAND TRANSPORT SECTOR IN THAILAND

BURIN KHEMTHONG

PATTHRA JARUKASEM

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกิจกรรมการขนส่งทางถนนในประเทศไทย
โดย	นายบุรินทร์ เข็มทอง
	นางสาวภัทรา จารุเกษม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นริศรา ทองบุญชู

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

.....กรรมการ
(ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์)

.....กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจาก
กิจกรรมการขนส่งทางถนนในประเทศไทย
โดย นาย บุรินทร์ เข็มทอง รหัสประจำตัว 46010390
นางสาวภัทรา จารุเกษม รหัสประจำตัว 46010563
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในโครงงานพิเศษนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกิจกรรมการขนส่งโดยมลพิษที่สนใจได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อนุภาคฝุ่นละออง (PM) และ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) โดยศึกษาการปลดปล่อยเป็นรายจังหวัดทั่วประเทศไทย และอภิปรายผลการศึกษาเป็นรายภูมิภาคทั้งหมด 7 ภูมิภาคโดยแยกกรุงเทพมหานครออกจากภาคกลาง ผลการประเมินปริมาณมลพิษที่ถูกปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2548 จากการประเมินแบบละเอียดพบว่ามีปริมาณ NO_x ถูกปลดปล่อยออกมามากที่สุดคือ 7.7 ล้านตัน รองลงมาคือ CO HC PM และ SO_x ที่ 4.3 2.0 0.3 และ 0.2 ล้านตันตามลำดับ โดยแหล่งกำเนิดหลักของ NO_x SO_x และ CO มาจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่โดยมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 65 52 และ 49 ของปริมาณมลพิษแต่ละชนิดตามลำดับ ส่วนแหล่งกำเนิดหลักของ PM คือรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 85 ของทั้งหมด และแหล่งกำเนิดหลักของ HC คือรถจักรยานยนต์โดยมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 38 ของ HC ทั้งหมด ภูมิภาคที่มีการปลดปล่อยสูงสุด 3 อันดับแรกของสารมลพิษเกือบทุกชนิดยกเว้น PM คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรุงเทพมหานครและภาคเหนือ สำหรับลำดับการปลดปล่อยของ PM คือกรุงเทพมหานคร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตามลำดับ ส่วนภูมิภาคอื่นๆ นั้นมีการปลดปล่อยสารมลพิษทุกชนิดในปริมาณใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Estimation of Emission of Air Pollutants from Land Transport Sector in Thailand.
By	Mr. Burin Khemthong
	Miss Phattra Jarukasem
Advisor	Dr. Narisara Thongboonchoo
Report for	Bachelor of Chemical Engineering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Abstract

This project is aim to estimate air pollutants emission from land transport. The species of interested are nitrogen oxides (NO_x), sulfur dioxides (SO_2), carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), and Particulate Matters (PM). The objective is to study the emission in each province throughout Thailand and discuss the results for 7 regions and separate Bangkok from central region. The results for B.E. 2548 from the bottom-up approach show emissions of NO_x is the most at 7.7 millions tons, follows by CO, HC, PM, and SO_2 at 4.3, 2.0, 0.3, and 0.2 millions tons, respectively. The major source of NO_x, SO_2, and CO is large diesel vehicle at 65, 52, and 49 %, respectively. The small diesel vehicle is a major contributor of PM at 85 % of the total. Motorcycle is a major source of HC at 38 % of the total. The top three contributor regions for all species except PM are northeastern, Bangkok, and north, respectively. The major source regions of PM are Bangkok, Northeast, and North. The shares of other regions are about the same.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์จากผู้ที่มีรายนามดังต่อไปนี้

คุณอิทธิพล พ่ออามาตย์ และเจ้าหน้าที่สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ให้ความอนุเคราะห์ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษและให้คำแนะนำในการทำการประเมินปริมาณสารมลพิษตั้งแต่เริ่มต้น

นายประสิทธ์ รักษายศ ผู้อำนวยการกอง ดร. ปริญญา ถนัดทางและเจ้าหน้าที่ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรของประเทศไทย

ขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อำนวยความสะดวกระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูล

ขอขอบพระคุณบรรดาคณาจารย์ทุกท่านของผู้ทำโครงงานพิเศษนี้ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ด้วยดีตลอดมา

ปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จไปไม่ได้เลยถ้าไม่ได้รับการปรับแก้คำ แนะนำ การสั่งสอนด้วยความอดทนยิ่งจาก ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดาผู้มีพระคุณสูงสุดในชีวิต คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีสิ่งใดผิดพลาดประการใดผู้เขียนขอน้อมรับไว้ ณ ที่นี้

บุรินทร์ เข็มทอง

ภัทรา จารุเกษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎี.....4

2.1 สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย.....4

2.2 การทำงานของเครื่องยนต์.....9

2.3 การเกิดและสภาวะการเกิดมลพิษจากเครื่องยนต์.....14

2.4 ผลกระทบจากมลพิษ.....22

2.5 วิธีการจัดทำบัญชีการปลดปล่อย.....28

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....30

บทที่ 3 การประเมินปริมาณสารมลพิษ.....32

3.1 การรวบรวมข้อมูล.....32

3.2 การจัดกลุ่มข้อมูล.....35

3.3 การประเมินปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย.....42

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษที่ประเมินได้
จากกิจกรรมการขนส่งทางถนน.....44

4.1 ปริมาณและสัดส่วนของยานพาหนะในประเทศไทยปีพ.ศ. 2548.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษจากการประเมินแบบละเอียดโดย
จำแนกในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศไทยและประเภทของรถยนต์.....45
4.3 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษจากการประเมินแบบคร่าว
จำแนกในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศไทยและประเภทของรถยนต์.....55
4.4 อภิปรายผลการประเมินงานวิจัย.....59

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....61
5.1 สรุปผลการประเมินปริมาณสารมลพิษในประเทศไทยในแต่ละจังหวัด.....61
5.2 สรุปผลการประเมินปริมาณสารมลพิษในประเทศไทย
จำแนกตามประเภทของรถยนต์.....62
5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบผลการประเมินงานวิจัย.....63
5.4 ข้อเสนอแนะ.....64

เอกสารอ้างอิง.....65
ภาคผนวก.....67
ภาคผนวก ก. จำแนกประเภทรถยนต์.....68
ภาคผนวก ข. ค่าระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่.....73
ภาคผนวก ค. ค่าปัจจัยการปลดปล่อยแบบคร่าว.....75
ภาคผนวก ง. ปริมาณสารมลพิษทั่วประเทศไทย.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การใช้พลังงานจำแนกตามประเภทพลังงาน....6
ตารางที่ 2.2 การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ....8
ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ....20
ตารางที่ 2.4 อาการสนองตอบของมนุษย์ที่มีต่อระดับคาร์บอกซีล ฮีโมโกลบินอิ่มตัวในกระแสเลือด....24
ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กับระยะเวลาที่ได้รับแก๊ส และปริมาณคาร์บอกซีฮีโมโกลบินอิ่มตัวในเลือด....25
ตารางที่ 3.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับอัตราการระบายสารมลพิษ จากยานพาหนะประเภทต่างๆ....33
ตารางที่ 3.2 ระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ของรถประเภทต่างๆ....34
ตารางที่ 3.3 อัตราการใช้เชื้อเพลิงตามประเภทรถยนต์จำแนกตามพื้นที่....34
ตารางที่ 3.4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับการประเมินปริมาณมลพิษแบบคร่าว....35
ตารางที่ 3.5 จำนวนรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค....36
ตารางที่ 3.6 ร้อยละของรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค....38
ตารางที่ 3.7 ปริมาณรถยนต์ที่จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการประเมิน....41
ตารางที่ 3.8 การจัดกลุ่มของ VKT....42
ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร....46
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยในปี พ.ศ.2548....49
ดารางที่ 4.3 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร....55
ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารมลพิษที่ปริเมินได้จากการประเมินแบบคร่าว....58
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมการขนส่ง....60
ดารางที่ 5.1 ปริมาณสารมลพิษแต่ละพื้นที่แหล่งกำเนิดในภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร....61
ตารางที่ ก.1 ปริมาณรถยนต์ในภาคกลางจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....69
ตารางที่ ก.2 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันตกจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....69
ตารางที่ ก.3 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันออกจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....70
ตารางที่ ก.4 ปริมาณรถยนต์ในภาคใต้จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....70
ดารางที่ ก.5 ปริมาณรถยนต์ในภาคเหนือจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....71
ตารางที่ ก.6 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข.1 ค่า VKT ของรถยนต์แต่ละประเภทจำแจกตามพื้นที่กรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัด.....74
ตารางที่ ค.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับการประเมินปริมาณสารมลพิษแบบคร่าว.....76
ตารางที่ ง.1 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ.....78
ตารางที่ ง.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ.....81
ตารางที่ ง.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ.....84
ตารางที่ ง.4 ปริมาณฝุ่นละอองจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ.....87
ตารางที่ ง.5 ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ.....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมปี พ.ศ.2531-พ.ศ.2548....4
รูปที่ 2.2 แนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานและสารมลพิษบางชนิด
เมื่อใช้ปี 2544 เป็นฐานข้อมูล....5
รูปที่ 2.3 จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนในช่วงปีพ.ศ.2531-พ.ศ.2548....10
รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะดูด....10
รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะอัด....11
รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะระเบิด....11
รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะคาย....12
รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ....12
รูปที่ 2.9 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะดูดและจังหวะอัด....13
รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะระเบิด....13
รูปที่ 2.11 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะคาย....14
รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษบางชนิดที่ปลดปล่อยจากเครื่องยนต์เบนซิน....21
รูปที่ 2.13 แผนภาพการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ....29
รูปที่ 4.1 ปริมาณรถยนต์ทั่วประเทศโดยจำแนกตามภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร....44
รูปที่ 4.2 ปริมาณรถยนต์จำแจกตามประเภทของรถยนต์ในภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร....45
รูปที่ 4.3 สัดส่วนของสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภท
ของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร....50
รูปที่ 4.4 สัดส่วนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภท
ของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร....51
รูปที่ 4.5 สัดส่วนของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภท
ของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร....52
รูปที่ 4.6 สัดส่วนของฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภท
ของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร....53
รูปที่ 4.7 สัดส่วนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภท
ของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยนับได้ว่าเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาศักยภาพ โดยการจัดทำโครงการพัฒนาในทุกๆ ด้านเช่น การคมนาคม การศึกษา การสาธารณูปโภค เป็นต้น การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยนั้น เป็นปัจจัยสำคัญที่จะมีผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม กล่าวคือเมื่อมีการพัฒนาไม่ว่าจะเป็นด้านใดจะมีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น เช่น ด้านการขนส่งไม่ว่าจะเป็นทางรถยนต์ ทางเรือ หรือทางอากาศ ในส่วนของภาคการผลิตในภาคอุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งการใช้พลังงานภายในครัวเรือน ซึ่งแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กันประเทศก็คือเชื้อเพลิงฟอสซิล ไม่ว่าจะเป็นแก๊สธรรมชาติ น้ำมันแนฟทา น้ำมันเตา เป็นต้น ซึ่งปัญหาที่สำคัญของการนำเชื้อเพลิงเหล่านี้มาใช้คือการเผาไหม้ที่สาเหตุของปัญหามลพิษ โดยเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วมลพิษเหล่านั้นก็จะถูกปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ ดังนั้นการใช้พลังงานที่มากขึ้นก็ย่อมจะส่งผลให้เกิดมลภาวะในอากาศเพิ่มขึ้นไป

แหล่งกำเนิดของมลพิษสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ แหล่งกำเนิดแบบจุด เช่น โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น แหล่งกำเนิดแบบเส้นหรือแบบเคลื่อนที่ เช่น กิจกรรมการขนส่งทางถนน ทางอากาศ หรือ ทางเรือ เป็นต้น แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ เช่น การเผาป่า หรือบ้านเรือน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ตัวของคนไทยมากที่สุดคือปัญหาที่มาจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นหรือแบบเคลื่อนที่ คือ มลพิษที่ถูกปลดปล่อยมาจากกิจกรรมการขนส่งทางถนน เนื่องจากการคมนาคมทางถนนนั้นเป็นสิ่งจำเป็นทุกคนต้องใช้กันเป็นประจำทุกๆ วันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์สามารถก่อให้มลพิษในทุกสภาวะ ไม่ว่าสภาพของเครื่องยนต์จะใหม่เท่าใด น้ำมันที่ใช้เชื้อเพลิงมีสภาพการเผาไหม้ที่ดีอย่างไร หรือแม้กระทั่งรถยนต์ที่ติดเครื่องแต่ไม่ได้เคลื่อนที่ก็ตาม เมื่อเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แล้ว สภาวะเหล่านั้นล้วนแล้วที่จะสามารถก่อให้เกิดสารที่เป็นสาเหตุของปัญหาสภาพแวดล้อมทางอากาศทั้งสิ้น เช่น แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เป็นสารที่สามารถจับตัวกับเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน ทำให้ร่างกายเกิดสภาวะขาดออกซิเจนได้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่เป็นสาเหตุของปัญหาฝนกรด (Acid rain) เป็นต้น และยิ่งไปกว่านั้นเป็นที่น่าตกใจว่า คนไทยส่วนใหญ่ขาดการตระหนักถึงปัญหาที่เกิดจากแหล่งใกล้ตัวเช่นนี้ ขาดการตระหนักถึงปัญหาสภาพแวดล้อมทางอากาศ ว่าคุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อร่างกายอย่างไร แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยนั้นก็มีหน่วยงานจำนวนมากที่พยายามจัดทำการรณรงค์เพื่อลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ โดยการจัดทำโครงการรณรงค์เหล่านี้ จำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลอย่างแท้จริงที่จะก่อให้เกิดมลพิษ และจัดการแก้ไขให้ตรงจุด

จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้คณะผู้จัดทำสนใจที่จะศึกษาเพื่อจัดทำการประเมินสภาวะมลพิษทางอากาศในประเทศในปัจจุบัน และศึกษาว่าแหล่งกำเนิดที่มาจากกิจกรรมการใช้รถยนต์ทางถนนมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมทางอากาศ เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญที่แสดงสภาพปัจจุบันของคุณภาพอากาศในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขและปรับปรุงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมทางอากาศในประเทศไทย ในวิธีการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีและการพัฒนาศักยภาพที่ยั่งยืนของประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำบัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษจากกิจกรรมขนส่งทางถนนในประเทศไทยโดยจำแนกตาม ชนิดของสารมลพิษ ปริมาณของสารมลพิษ และแหล่งกำเนิดของสารมลพิษ รวมทั้งจัดลำดับความสำคัญของแหล่งกำเนิดของสารมลพิษเหล่านั้น ในปี พ.ศ. 2548

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1. พื้นที่ศึกษา พื้นที่การคมนาคมในประเทศไทยทั้งหมดรวม 75 จังหวัดและกรุงเทพมหานคร

1.3.2. แหล่งกำเนิดที่สนใจ แหล่งกำเนิดแบบเส้นหรือแบบเคลื่อนที่ ในส่วนการขนส่งทางถนนโดยมุ่งเน้นในถนนเส้นทางหลัก (ทางหลวง) ในแต่ละจังหวัด 75 จังหวัดทั่วทั้งประเทศ และถนนเส้นทางหลักในกรุงเทพมหานคร

1.3.3. สารมลพิษที่สนใจ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbonmonoxide : CO), ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogenoxide : NO_x), แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulferdioxide : SO_2), ฝุ่นละออง (Particular Matter : PM), สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Compound : HC)

1.3.4 ฐานข้อมูลที่นำมาใช้เป็นการใช้ฐานข้อมูลในปีพ.ศ. 2548

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานวิจัยได้จัดทำช่วงเวลาเดือนสิงหาคม พ.ศ.2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 โดยการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนสามารถแบ่งออกเป็น

1.4.1 รวบรวมข้อมูล

- แหล่งกำเนิดมลพิษ
- ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ

1.4.2 คัดเลือกและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

- แหล่งกำเนิดมลพิษ
- ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

- ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ

1.4.3 คำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษ

1.4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลจากการคำนวณ

1.4.5 ทำฐานข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ

1.4.6 จัดทำรูปเล่ม

1.4.7 สอบวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเป็นการเรียนรู้การจัดทำการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ

1.5.2 เพื่อจัดทำฐานข้อมูลของมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่

1.5.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายควบคุมคุณภาพอากาศ

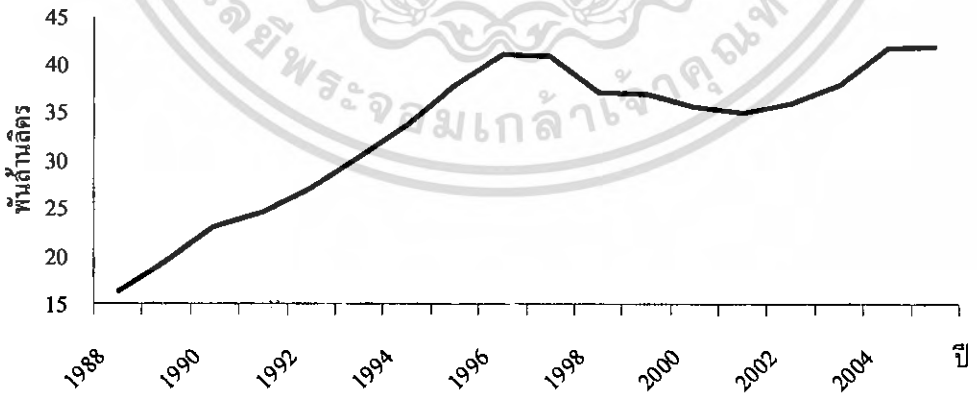
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

การทำบัญชีการปลดปล่อย (Emission Inventory) มีหลักการและข้อมูลจำเป็นที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทยที่สามารถใช้บ่งชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสิ่งแวดล้อมทางอากาศได้ จากนั้นแสดงถึงแหล่งกำเนิดของมลพิษพร้อมกับผลกระทบต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมจากมลพิษเหล่านั้น เมื่อทราบถึงที่มาและข้อมูลที่ทำการจัดทำแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนในรูปแบบต่างๆ และสุดท้ายมีการรวบรวมเอกสารและบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

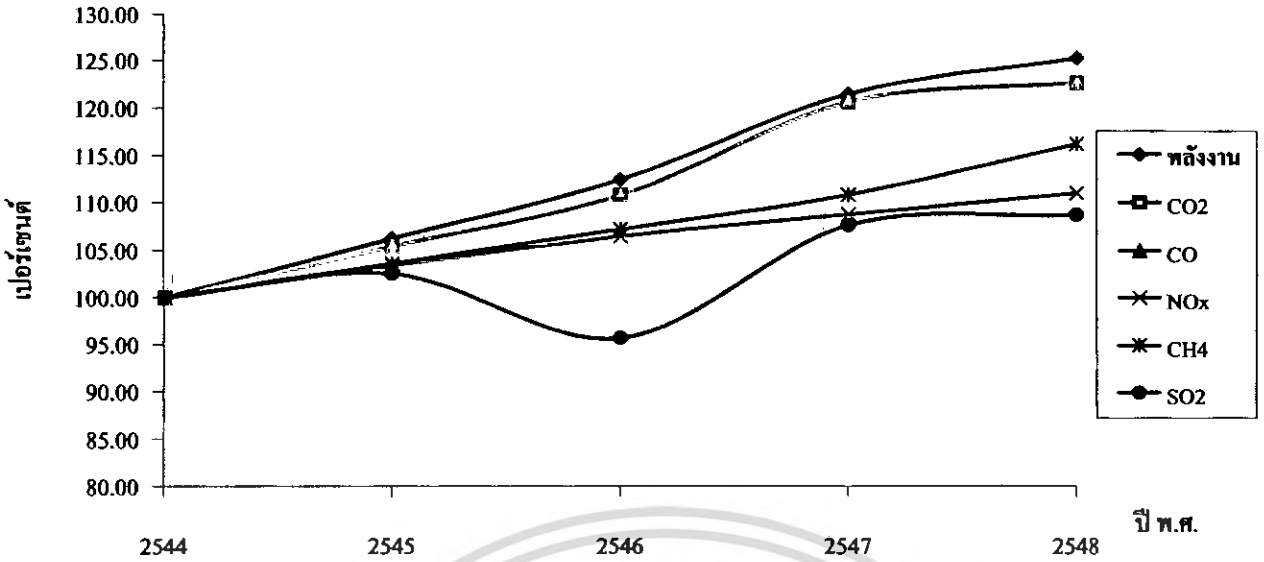
2.1 สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย [1, 2]

จากสภาวะในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการใช้พลังงานที่มากขึ้นนี้ก็ย่อมจะส่งผลให้เกิดมลภาวะในอากาศเพิ่มขึ้นไปด้วย ดังรูปที่ 2.1 ที่แสดงปริมาณการใช้ปิโตรเลียมซึ่งเป็นพลังงานเชื้อเพลิงหลักในประเทศไทยในตั้งแต่ปี 2531 ถึง พ.ศ. 2548 และแนวโน้มแสดงปริมาณการใช้พลังงานและสารมลพิษบางชนิดตังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2544 และแนวโน้มของมลพิษก็สูงขึ้นตามปริมาณการใช้เช่นเดียวกัน สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทยนั้นนอกจากมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นทุกปีแล้วยังขึ้นกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกด้วย ซึ่งช่วงปีพ.ศ. 2539 ถึงปีพ.ศ. 2544 สภาพเศรษฐกิจในประเทศไทยนั้นอยู่ในสภาวะถดถอยจึงส่งผลให้การใช้พลังงานในประเทศไทยลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 2.1 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมปี พ.ศ.2531-พ.ศ.2548 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานและสารมลพิษบางชนิดเมื่อใช้ปี 2544 เป็นฐานข้อมูล [2]

ในปี 2547 มีการใช้พลังงานปริมาณรวมทั้งสิ้น 61,262 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบประกอบ ซึ่งการใช้พลังงานสามารถจำแนกได้เป็นตามประเภทของพลังงานและตามสาขาเศรษฐกิจในด้านต่างๆ โดยมีรายละเอียดของการใช้พลังงานจำแนกตามประเภทของการใช้พลังงานแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

2.1.1 จำแนกตามประเภทพลังงาน [2]

รายละเอียดของการใช้พลังงานจำแนกตามประเภทของพลังงานตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543 – 2547 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 มีข้อสรุปดังนี้

1. น้ำมันสำเร็จรูป การใช้น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นสัดส่วนที่สูงของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ในปี 2547 มีการใช้รวมทั้งสิ้น 32,684 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 7 เป็นสัดส่วนร้อยละ 64 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาการขนส่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 70 รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิต สาขาการเกษตร สาขาบ้านอยู่อาศัย สาขาธุรกิจการค้า และสาขาเหมืองแร่และการก่อสร้าง เป็นสัดส่วนร้อยละ 14 11 3 2 และ 1 ตามลำดับสำหรับสัดส่วนน้ำมันสำเร็จรูปที่ใช้ประกอบ ด้วยน้ำมันดีเซล (รวมปาล์มดีเซล) ร้อยละ 52 น้ำมันเบนซิน (รวมแก๊สโซฮอล์) ร้อยละ 17 น้ำมันเตาร้อยละ 12 น้ำมันเครื่องบินร้อยละ 11 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวร้อยละ 8 น้ำมันก๊าดร้อยละ 0.1

2. ก๊าซธรรมชาติ มีการใช้ก๊าซธรรมชาติรวมทั้งสิ้น 2,341 ในปี 2547 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือ 265 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 6 และเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 18 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.6 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตเกือบทั้งหมดเป็นสัดส่วนร้อยละ 99 ที่เหลืออีกร้อยละ 1 เป็นการใช้ในสาขาการขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ่านหิน มีการใช้ถ่านหินรวมทั้งสิ้น 5,918 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 19 เป็นสัดส่วนร้อยละ 12 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตทั้งหมด

4. ไฟฟ้า มีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 9,803 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 19 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45 รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาธุรกิจการค้า สาขาบ้านอยู่อาศัย และสาขาอื่น ๆ อีกเป็นสัดส่วนร้อยละ 32 22 และ 1 ตามลำดับ

5. พลังงานใหม่และหมุนเวียน ปี 2547 มีการใช้รวมทั้งสิ้น 10,516 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8 เป็นสัดส่วนร้อยละ 17 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาบ้านอยู่อาศัยมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 54 และที่เหลืออีกร้อยละ 46 เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิต

ตารางที่ 2.1 การใช้พลังงานจำแนกตามประเภทพลังงาน (หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ : ktoe) [2]

ประเภท	ปี 2543	ปี2544	ปี2545	ปี2546	ปี2547
น้ำมันสำเร็จรูป	26,712	27,300	28,765	30,447	32,684
-ก๊าซหุงต้ม	2,167	2,394	2,446	2,505	2,543
-เบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วออกเทน 87	36	7	-	-	-
-เบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วออกเทน 91	2,448	2,806	3,234	3,390	3,451
-เบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วออกเทน 95	2,553	2,234	2,233	2,296	2,212
-แก๊สโซฮอลล์	-	2	1	2	45
-น้ำมันเครื่องบิน	2,856	3,038	3,088	3,074	3,467
-น้ำมันก๊าด	40	47	51	29	19
-น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	12,782	12,967	13,725	15,007	16,735
-น้ำมันดีเซลหมุนช้า	91	91	97	86	91
-ปาล์มดีเซล	-	1	1	1	2
-น้ำมันเตา	3,738	3,653	3,899	4,057	4,119
ก๊าซธรรมชาติ	1,376	1,558	1,751	1,990	2,341

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การใช้พลังงานจำแนกตามประเภทพลังงาน (หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ : ktoe) [2]

(ต่อ)

ประเภท	ปี 2543	ปี2544	ปี2545	ปี2546	ปี2547
ถ่านหิน	3,627	4,377	4,884	4,987	5,918
-แอนทราไซต์	123	175	138	270	227
-บิทูมินัส	1,269	1,504	1,927	2,535	2,544
-ถ่านโค้ก	53	37	46	42	42
-ลิกไนต์	1,479	1,776	1,910	1,067	1,729
-ถ่านอัดอื่นๆ	703	885	863	1,073	1,376
ไฟฟ้า	7,492	7,864	9,043	9,751	9,523
พลังงานหมุนเวียน	8,599	8,443	9,043	9,751	9,523
-ฟืน	3,258	3,265	3,342	3,493	3,582
-ถ่าน	2,277	2,286	2,307	2,357	2,408
-แกลบ	828	903	896	996	784
-กากอ้อย	2,236	1,989	2,498	2,905	2,749
รวม	47,806	49,542	52,979	56,289	60,269

2.1.2 จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

รายละเอียดของการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาการผลิตตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543 – 2547 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 มีข้อสรุปดังนี้

1. สาขาเกษตรกรรม มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 3,520 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 6 เป็นสัดส่วนร้อยละ 6 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 99 ของพลังงานที่ใช้ในสาขานี้และที่เหลือเป็นการใช้ไฟฟ้า

2. สาขาเหมืองแร่ มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 131 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 14 เป็นสัดส่วนร้อยละ 0.2 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยไฟฟ้าร้อยละ 76 ที่เหลือเป็นการใช้น้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 24 ของการใช้พลังงานรวมในสาขานี้

3. สาขาอุตสาหกรรมการผลิต มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 21,961 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 10 เป็นสัดส่วนร้อยละ 36 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยถ่านหินเป็นสัดส่วนร้อยละ 27 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ รองลงมาเป็นพลังงานใหม่และหมุนเวียน พลังงานไฟฟ้า น้ำมันสำเร็จรูป และก๊าซธรรมชาติ เป็นสัดส่วนร้อยละ 22 20 20 และ 11 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สาขาก่อสร้าง มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 171 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2546 ร้อยละ 13 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.3 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ในสาขานี้ คือ น้ำมันสำเร็จรูป

5. สาขาบ้านอยู่อาศัย มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 8,801 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2546 ร้อยละ8 เป็นสัดส่วนร้อยละ 14 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยพลังงานหมุนเวียนเป็นสัดส่วนร้อยละ 64 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ ที่เหลือเป็นไฟฟ้าและน้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 24 และ 12 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

6. สาขาธุรกิจการค้า (รวมถึงการบริการภาครัฐ และองค์กรไม่แสวงหากำไร) มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 3,866 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2546 ร้อยละ 7 เป็นสัดส่วนร้อยละ 6 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วย ไฟฟ้าและน้ำมันสำเร็จรูปคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 81 และ 19 ตามลำดับ

7. สาขาคมนาคมและขนส่ง มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 22,812 พันตันในปี 2547 เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9 เป็นสัดส่วนร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ในสาขาคมนาคมขนส่งเกือบทั้งหมดเป็นน้ำมันสำเร็จรูป ประกอบด้วยน้ำมันดีเซลร้อยละ 53 น้ำมันเบนซินร้อยละ24.6 น้ำมันเครื่องบินร้อยละ 15 น้ำมันเตาร้อยละ 6 และก๊าซปิโตรเลียมเหลวร้อยละ 1 ของการใช้พลังงานรวมในสาขานี้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ก๊าซธรรมชาติในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศในเขตกรุงเทพฯ และการใช้ไฟฟ้าในการเดินรถไฟฟ้าอีกร้อยละ 0.1

ตารางที่ 2.2 การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ (หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ:ktoe) [2]

สาขาเศรษฐกิจ	ปี 2543		ปี 2544		ปี 2545		ปี 2546		ปี 2547	
	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%
เกษตรกรรม	2,791	5.8	2,847	5.7	3,032	5.7	3,308	5.9	3,443	5.7
เหมืองแร่	85	0.2	93	0.2	106	0.2	115	0.2	135	0.2
อุตสาหกรรมการผลิต	16,208	33.9	16,922	34.2	18,679	25.3	19,988	35.5	21,377	35.5
การก่อสร้าง	149	0.3	128	0.3	149	0.3	152	0.3	171	0.3
บ้านที่อยู่อาศัย	7,433	15.6	7,483	15.1	7,909	14.9	8,173	14.5	8,370	13.9
ธุรกิจการค้า	3,119	6.5	3,437	6.9	3,468	6.5	3,626	6.4	3,866	6.4
การขนส่ง	18,022	37.7	18,632	37.6	19,636	37.1	20,927	37.2	22,907	38.0
รวม	47,806	100	49,542	100	52,979	100	56,289	100	60,269	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำงานของเครื่องยนต์

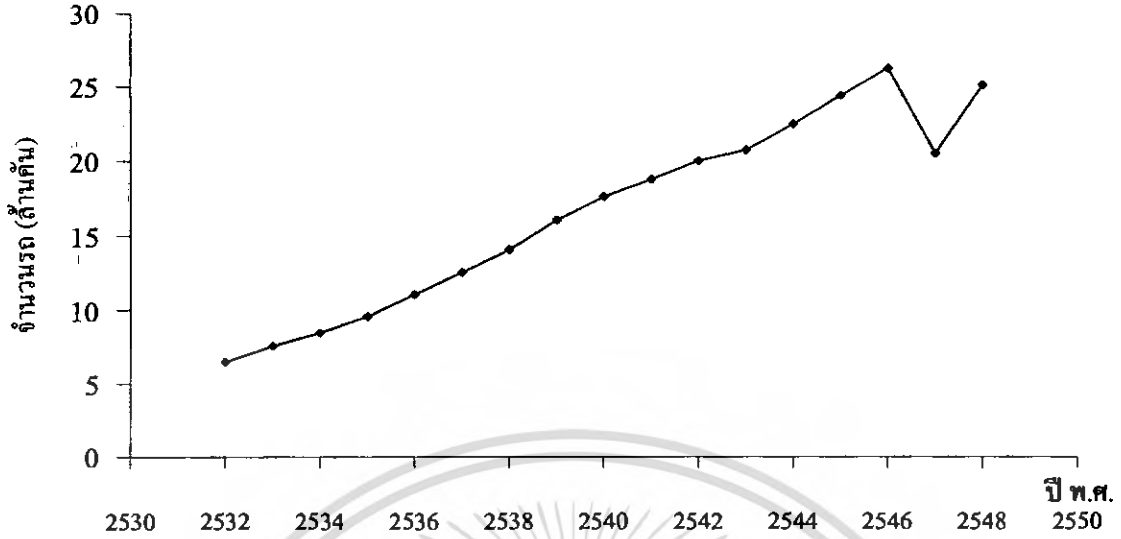
ประเทศไทยมีรถยนต์ใช้ครั้งแรกในปีพ.ศ. 2442 [3] เนื่องมาจากความสะดวกสบายในการใช้งานพาหนะส่วนตัวในการเดินทาง และการขนส่งจึงได้รับความนิยมแพร่หลายมากขึ้นจน กระทั่งในปี 2548 ปริมาณยานพาหนะที่มีใช้ในประเทศไทยทั้งหมดมี 25 ล้านคัน และมีแนวโน้มในการขยายตัวเพิ่มขึ้นดังที่แสดงให้เห็นได้จากรูปที่ 2.3 ที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปีพ.ศ.2539 ถึงปีพ.ศ.2548 แต่ยกเว้นในปีพ.ศ.2546 ถึงพ.ศ.2547 ที่มีจำนวนของรถยนต์ที่จดทะเบียนน้อยลงทั้งนี้เนื่องมาจากสภาวะถดถ้อยทางเศรษฐกิจในประเทศไทย อย่างไรก็ตามในอนาคตปริมาณการใช้รถยนต์นั้นก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง [4] ซึ่งในประเทศไทยปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในด้านการขนส่งคิดเป็นปริมาณมากกว่า 38 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นอันดับ 1 ของการใช้พลังงานทั้งหมดในปี 2547 [2] การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์นั้นจะเห็นว่าเมื่อคิดรวมปริมาณรถที่ใช้งานกันในปัจจุบันกับปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะสามารถบ่งชี้ถึงการปลดปล่อยมลพิษจำนวนมากที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ในการศึกษาเกี่ยวกับมลพิษที่ถูกปลดปล่อยมาจากยานพาหนะซึ่งเกิดมาจากการปฏิกิริยาเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ จึงควรที่จะศึกษาถึงหลักการทำงานของเครื่องยนต์และกลไกที่ทำให้เกิดมลพิษจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ ซึ่งในหัวข้อต่อๆ ไปจะอธิบายถึงหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องยนต์ทั้งสองชนิดซึ่งจะช่วยในการอธิบายถึงหลักการก่อมลพิษของเครื่องยนต์

2.2.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน [5]

เครื่องจักรต้นกำเนิดกำลังถูกประดิษฐ์เป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1776 โดย James Watt มีหลักการคือเปลี่ยนความร้อนจากการเผาไหม้ให้กลายเป็นพลังงานเพื่อไปขับเคลื่อนเพลา การประดิษฐ์นี้ทำให้เกิดการขยายตัวครั้งใหญ่ของวงการอุตสาหกรรม จนกระทั่งอีก 100 ปีให้หลังเมื่อมีเครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ดีขึ้นในปี ค.ศ. 1876 เครื่องยนต์สันดาปภายในจึงได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นโดย Otto และ Langen ถึงแม้ว่ามีข้อด้อยกว่าเครื่องจักรไอน้ำคือให้พลังงานออกมาน้อยกว่า แต่มีข้อดีคือมีขนาดเล็กกว่าน้ำหนักเบากว่าและมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า (ใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าที่กำลังเท่ากัน) ทำให้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในรถยนต์ ซึ่งในปัจจุบันยานพาหนะแทบทั้งหมดจะใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



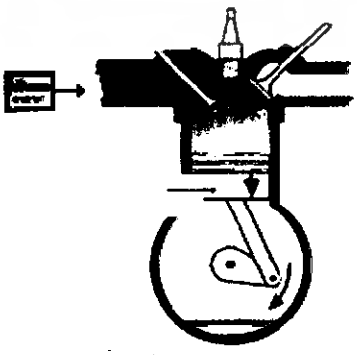
รูปที่ 2.3 จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนในช่วงปีพ.ศ.2531-พ.ศ.2548

2.2.2 การทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน [6]

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่นิยมนำมาใช้กับยานพาหนะบนถนนมีอยู่สองประเภทคือ เครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งทั้งสองชนิดมีข้อแตกต่างกันทั้งเชื้อเพลิงที่ใช้และระบบการทำงาน โดยที่เครื่องยนต์ทั้งสองชนิดยังแบ่งได้เป็นสองจังหวะและสี่จังหวะดังต่อไปนี้

การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในแต่ละรอบการทำงาน (Cycle) เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นลง 4 ครั้ง (ขึ้น 2 ครั้ง ลง 2 ครั้ง) โดยเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ การที่ลูกสูบขึ้นลง 4 ช่วงชัก ทำให้เกิดการทำงานขึ้น 4 จังหวะ จังหวะการทำงานทั้ง 4 ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะมีดังนี้

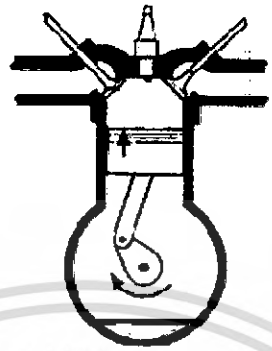
1. จังหวะดูด (Intake stroke) เมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ลง ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ จะถูกดูดเข้ามาในกระบอกสูบโดยผ่านลิ้นไอดี (Intake valve) ซึ่งเปิดอยู่ ลิ้นไอดีจะปิดที่ประมาณปลายจังหวะดูด (ใกล้ศูนย์ตายล่าง) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะดูด [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จังหวะอัด (Compression stroke) เมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนขึ้น ลิ้นทั้งสองทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) จะปิดส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ จะถูกอัด จนกระทั่งใกล้ศูนย์ตาย บนส่วนผสมจะถูกจุดโดยหัวเทียนการเผาไหม้จึงเริ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5



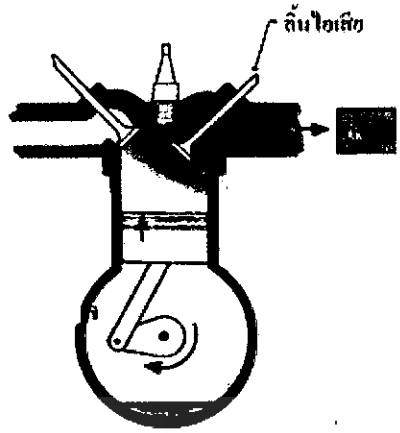
รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะอัด [6]

3. จังหวะกำลังหรือจังหวะระเบิด (Power Stroke) เมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนลงลิ้นทั้งสองยังคงปิดอยู่ แรงดันของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ จะกระแทกลงบนหัวลูกสูบผลักดันให้ลูกสูบเลื่อนลง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จนกระทั่งใกล้ศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสียจะเปิด

รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะระเบิด [6]

4. จังหวะคายหรือจังหวะไอเสีย (Exhaust Stoke) เมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนขึ้น จะผลักดันให้ไอเสียที่ค้างในกระบอกสูบ ออกไปภายนอกโดยผ่านลิ้นไอเสียที่เปิดอยู่ ลิ้นไอเสียยังคงเปิดอยู่จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนผ่านศูนย์ตายบนไปเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จากนั้นจะเป็นการเริ่มจังหวะดูดในรอบการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

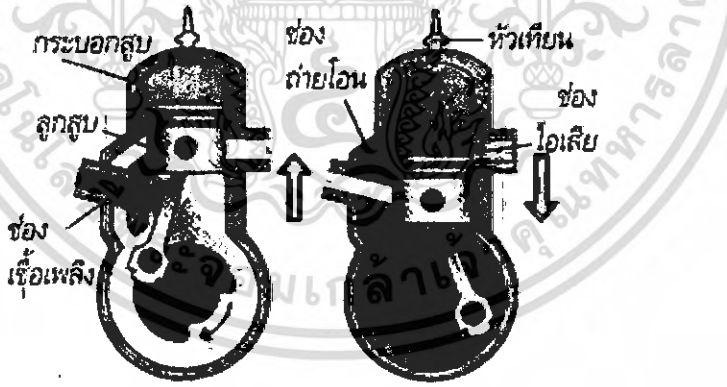


รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ในจังหวะคาย [6]

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบ 2 จังหวะส่วนมากจะใช้ในเครื่องยนต์ที่มีขนาดเล็ก เช่น รถจักรยานยนต์ หลักการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 มีขั้นตอนดังนี้

1. ลูกสูบจะเคลื่อนไหวเพื่อเปิด และปิดช่องหรือพอร์ท (Port) ในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นในจังหวะที่หนึ่ง (1) เชื้อเพลิงซึ่งอยู่เหนือลูกสูบจะถูกอัดแล้วถูกจุดระเบิด โดยหัวเทียน ในขณะที่เชื้อเพลิงใหม่ผ่านช่องเชื้อเพลิงเข้ามาในบริเวณใต้ ลูกสูบที่เลื่อนขึ้นนั้น

2. ในจังหวะที่สอง (2) ลูกสูบถูกดันลง ปล่อยให้ก๊าซเสียระบายออกไป และดันเชื้อเพลิงใต้ลูกสูบขึ้นสู่บริเวณเหนือลูกสูบโดยผ่านช่องถ่ายโอน



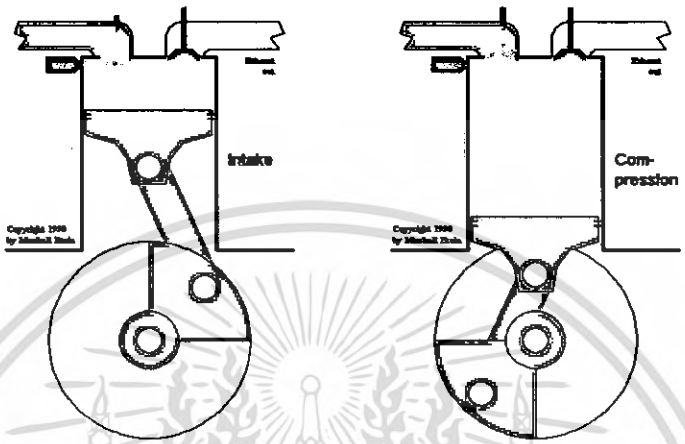
รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ [6]

จังหวะการทำงานทั้ง 4 ของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะเป็นดังนี้

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) เมื่อลูกสูบเลื่อนลงจากจุดศูนย์ตายบนถึงจุดศูนย์ตายล่าง (TDC-BDC) ลิ้นไอดี จะ เปิด ดังแสดงในรูปที่ 2.9 อากาศจะถูกดูดเข้ามาประจุในห้องเผาไหม้ แต่ในขณะนี้ลิ้นไอเสียยังคงเปิดอยู่

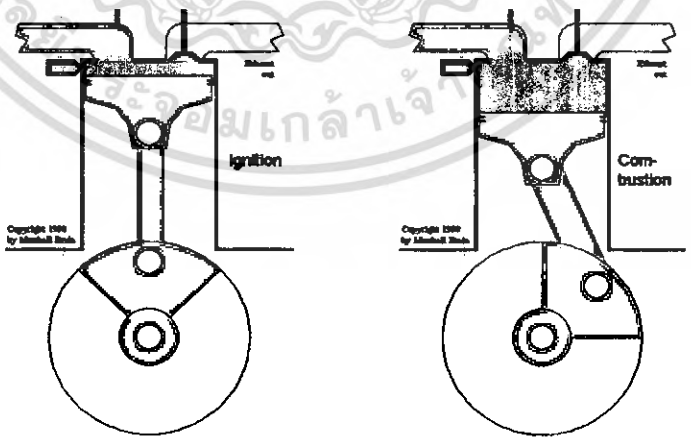
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ลิ้นทั้งสองจะปิด ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ดังนั้นอากาศในกระบอกสูบจึงถูกอัดโดยลูกสูบแรงดันและความร้อนของอากาศจึงสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อากาศในระยะนี้จึงเป็นอากาศที่ร้อนแดง " Red Hot Air" ถ้าอัตราส่วนการอัด 20:1 อากาศจะมีแรงดัน 40 - 45 กก./ซม.^{2} (kg/cm^2) และมีอุณหภูมิ 550-600° ซ. (°C)



รูปที่ 2.9 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะดูดและจังหวะอัด [6]

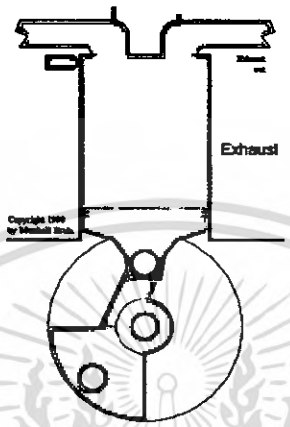
3. จังหวะระเบิด (Power Stroke) เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นเกือบถึงจุดศูนย์ตายบน (TDC) ในปลายจังหวะอัด ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ละอองน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างทันทีทันใด แรงดันจากการเผาไหม้จะผลักดันให้ลูกสูบเลื่อนลง อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็นประมาณ 2,000°ซ. และแรงดันจะสูงขึ้นเป็น 55 - 80 กก. /ซม.^{2} ในจังหวะระเบิดนี้พลังงานความร้องจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล



รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะระเบิด [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) ปลายจังหวะระเบิด ลิ้นไอเสียจะเปิด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 แก๊สไอเสียจึงถูกขับไล่ออกจากกระบอกสูบด้วยการเลื่อนขึ้นของลูกสูบ จากจุดนี้ ลูกสูบจะกลับไปอยู่ตำแหน่งของจังหวะดูด เป็นการครบรอบการทำงานของเครื่องยนต์นั่นก็คือ 4 ระยะชักหรือ 4 ช่วงชักของลูกสูบทำให้ครบรอบการทำงานเครื่องยนต์ 4 จังหวะ



รูปที่ 2.11 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ในจังหวะคาย [6]

2.3 การเกิดและสภาวะการเกิดมลพิษจากเครื่องยนต์ [5]

เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ยานพาหนะส่วนใหญ่เป็นสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอนในทางทฤษฎีอากาศจะเข้าทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงในปริมาณที่สัมพันธ์หรือมากเกินพอทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ไอเสียที่ปลดปล่อยออกมาจะประกอบไปด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังแสดงไว้ในสมการที่ (2.1) หรือปฏิกิริยาการเผาไหม้ [7]

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \longrightarrow xCO_2 + \left(\frac{y}{2}\right)H_2O \qquad (2.1)$$

เมื่อ C_xH_y คือ เชื้อเพลิงที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

x คือ จำนวนอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอนในโมเลกุลของเชื้อเพลิง

y คือ จำนวนอะตอมเฉลี่ยของไฮโดรเจนในโมเลกุลของเชื้อเพลิง

O_2 คือ ออกซิเจนจากอากาศ

CO_2 คือ คาร์บอนไดออกไซด์

H_2O คือ น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จะมีปริมาณที่แน่นอนเนื่องมาจากมวลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้สัมพันธ์กันโดยน้ำหนักโมเลกุลดังนั้นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จะเป็นไปตามสมการที่ (2.2)

$$[CO_2]=\left([C_xH_y]\,x\,\frac{12x}{12x+y}\right)+\left\{\left([C_xH_y]\,x\,\frac{12x}{12x+y}\right)x\,\frac{32}{12}\right\}O_2 \qquad (2.2)$$

เมื่อ $[C_xH_y]$ คือ มวลของเชื้อเพลิง

$[CO_2]$ คือ มวลของคาร์บอนไดออกไซด์

12 คือ น้ำหนักอะตอมโดยประมาณของคาร์บอน

1 คือ น้ำหนักอะตอมโดยประมาณของไฮโดรเจน

32 คือ น้ำหนักอะตอมโดยประมาณของคาร์บอนไดออกไซด์

แต่ในทางปฏิบัติพบว่าการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์จะเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์จึงก่อให้เกิดมลพิษแล้วปลดปล่อยออกมากับไอเสียทางท่อไอเสียของรถยนต์ ในที่นี้จะพิจารณาว่าสารที่เป็นสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้แก่คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สารไฮโดรคาร์บอน (HC) และอนุภาคฝุ่นละออง (PM) การประมาณปริมาณของสารมลพิษเหล่านี้สามารถใช้หลักการเดียวกันกับการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ได้ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ (2.1)

$$[C_xH_y]=(12+r_1)\,x\left\{\frac{[CO_2]}{44}+\frac{[CO]}{28}+\frac{[HC]}{12+r_2}+\frac{\alpha}{12}[PM]\right\} \qquad (2.3)$$

r_1 และ r_2 คือ อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนต่อคาร์บอนในเชื้อเพลิงและในสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามลำดับ โดยทั่วไปตัวแปรทั้งสองตัวนี้จะมีค่าเท่ากันคือเท่ากับ 1.8 สำหรับน้ำมันเบนซินและ 2.0 สำหรับน้ำมันดีเซล

[CO] คือ มวลของคาร์บอนมอนอกไซด์

[HC] คือ มวลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

[PM] คือ มวลของอนุภาคฝุ่นละออง

α คือ สัดส่วนของอนุภาคฝุ่นละอองโดยทั่วไปจะให้มีค่าเท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 สาเหตุการเกิดสารมลพิษ

มลพิษแต่ละชนิดที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์มีกลไกลักษณะการเกิด บริเวณที่กำเนิด รวมถึงสภาวะที่แตกต่างกันไปซึ่งจะอธิบายแยกเป็นชนิดดังนี้

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จากการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน เช่น น้ำมันเบนซิน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ไม้ ขยะ เป็นต้น ปริมาณของ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างอากาศและน้ำมันเป็นอันดับแรก ส่วนรองลงมาจะขึ้นอยู่กับระดับการผสม และการหล่อเย็นที่ผนัง เป็นต้น

2. ไฮโดรคาร์บอน (HC)

มลพิษพวกไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียรถยนต์แบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเบนซินเช่น เบนซีน ไซลีน โทลูอีน ซึ่งเป็นสารที่มีการเผาไหม้ช้าที่สุดในองค์ประกอบของน้ำมันจึงมีโอกาสที่จะออกมาพร้อมกับไอเสียมากที่สุด ประเภทที่สองคือสารที่ไม่ใช่องค์ประกอบของน้ำมันแต่เกิดมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เช่น มีเทน อีเทน อะเซทิลีน โพรพิลีน และพวก อัลดีไฮด์

ในการทำงานของเครื่องยนต์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันเครื่องยนต์เสียหายเนื่องมาจากการเสียดสี โดยเฉพาะระหว่างผิวกระบอกสูบและแหวนลูกสูบจะมีฟิล์มบางๆ ของน้ำมันหล่อลื่นคั่นอยู่เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างแหวนลูกสูบกับกระบอกสูบ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นจะเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 121-149 °ซ ในขณะที่อุณหภูมิของเปลวไฟในกระบอกสูบอาจสูงถึง 2,467 °ซ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการหล่อเย็นที่บริเวณผนังกระบอกสูบและฝาสูบเพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นยังคงประสิทธิภาพไว้ การหล่อเย็นนี้ทำให้เกิดบริเวณแคบๆ บริเวณผนังห้องเผาไหม้ที่เรียกว่า Quench zone บริเวณนี้จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นพวกสารไฮโดรคาร์บอน

นอกจากไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียแล้วยังมีไฮโดรคาร์บอนบางส่วนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ ส่วนหนึ่งจะมาจากน้ำมันหล่อลื่นในกระบอกสูบที่ถูกเผาไหม้ไปกับเชื้อเพลิงโดยเฉพาะเครื่องยนต์สองจังหวะที่ผสมน้ำมันหล่อลื่น (น้ำมันออโต้ลูปหรือน้ำมัน 2T) เข้าไปกับเชื้อเพลิงเพื่อเผาไหม้โดยตรง และอีกส่วนหนึ่งจะออกมาจากการรั่วซึมออกมาตามรอยต่อต่างๆของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ภายนอกเครื่องยนต์ได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์ขณะที่ทำงานจึงทำให้น้ำมันหล่อลื่นนั้นระเหยออกไปสู่บรรยากาศ

3. ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

เป็นก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยารวมตัวกันของไนโตรเจนและออกซิเจนในภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 1,000°ซ เช่น การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ ซึ่งรถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดหลักของมลพิษชนิดนี้โดยกว่าครึ่งของออกไซด์ของไนโตรเจน ในประเทศอเมริกาเกิดจากรถยนต์ที่อัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศต่อเชื้อเพลิงสูงกว่าปริมาณสัมพันธ์นั้น การเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จึงทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนนั้นเกิดขึ้นมาในปริมาณเล็กน้อย และเมื่ออัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงลดลงต่ำกว่าปริมาณสัมพันธ์จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนออกจึงเกิดมากขึ้น

4. ออกไซด์ของกำมะถัน

เกิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งในน้ำมันดีเซลจะมีกำมะถันปนอยู่มากกว่าน้ำมันเบนซินดังนั้นเครื่องยนต์ดีเซลจึงปล่อยมลพิษชนิดนี้ออกมามากกว่าเครื่องยนต์เบนซินสมการการเกิดออกไซต์ของกำมะถันเป็นดังนี้

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \qquad (2.4)$$

5. ฝุ่นละออง (Particulate Matter: PM)

คืออนุภาคขนาดเล็กมากๆ ที่มีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ มีขนาดตั้งแต่ 0.01 ไมโครเมตรจนถึง 2000 ไมโครเมตรแต่ว่ามีอยู่สองขนาดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์คืออนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) และอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) เนื่องจากระบบทางเดินกายใจไม่สามารถกำจัดอนุภาคเหล่านี้ได้ ทำให้อนุภาคสามารถเข้าไปถึงปอดแล้วเกิดการสะสมทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้

อนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ โดยที่อนุภาคถูกปลดปล่อยออกมาโดยตรงจากแหล่งกำเนิดจะเรียกว่าเป็นอนุภาคแบบปฐมภูมิ (Primary aerosols) แต่ถ้าอนุภาคนั้นเกิดปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศแล้วมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพจะเรียกว่าเป็นอนุภาคแบบทุติยภูมิ (Secondary aerosols) ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว โดยฝุ่นละออง ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร เนื่องจาก มีความเร็วในการตกลงมาต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลายใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาด เล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร อาจแขวนอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี

72181
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ความแตกต่างของมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล

เนื่องจากเครื่องยนต์ทั้งสองมีกลไกในการทำงานและชนิดของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันทำให้มลพิษถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณที่แตกต่างกัน

2.3.2.1 มลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน

โดยปกติก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอนเป็นมลพิษที่สามารถเกิดได้จากกระบวนการเผาไหม้โดยทั่วไป เช่น เตาในครัวเรือน การก่อกองไฟ เป็นต้น แต่ว่าสำหรับเครื่องยนต์เบนซินจะก่อให้เกิดมลพิษเหล่านี้มากกว่าแหล่งอื่นๆ เมื่อเทียบกันที่ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เท่ากันเนื่องมาจาก

- อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ในเครื่องยนต์มักจะมีปริมาณของออกซิเจนที่ไม่พอเพียงที่จะเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
- ในรถยนต์จะมีการอุ่นไอน้ำมันที่ผสมกับอากาศก่อนจะเข้าสู่ห้องเผาไหม้
- การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะเป็นแบบสภาวะไม่คงตัวเนื่องจากในการเผาไหม้ในแต่ละครั้งกินเวลาน้อยมาก
- เครื่องยนต์เบนซินทำงานโดยการผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ ให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบเพื่อเผาไหม้ดังนั้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นทั่วทั้งกระบอกสูบ เปลวไฟของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จึงสัมผัสโดยตรงกับผนังกระบอกสูบที่เย็นในขณะที่การเผาไหม้แบบอื่นมักไม่พบสภาวะเช่นนี้ เป็น สาเหตุให้เกิดสารมลพิษพวกสาร ไฮโดรคาร์บอนดังนั้นมลพิษหลักที่ถูกปลดปล่อย ออกมาจากเครื่องยนต์เบนซินจึง ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน

2.3.2.2 มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล

มลพิษที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้นต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน เนื่องมาจากระบบการทำงานที่ต่างกัน โดยที่เครื่องยนต์ดีเซลจะฉีดน้ำมันเข้าไปเผาไหม้โดยตรงในกระบอกสูบแทนการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้ากระบอกสูบ การเผาไหม้จึงเกิดเฉพาะตรงกลางของกระบอกสูบบริเวณที่น้ำมันถูกฉีดเข้าไปทำให้โอกาสที่เปลวไฟจะไปสัมผัสกับผนังกระบอกสูบที่เย็นมีน้อยกว่าและเปลวไฟที่เกิดขึ้นมีอุณหภูมิของต่ำกว่าที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์เบนซิน แต่ว่าในขณะที่เครื่องยนต์มีภาระหรือกำลังเร่งความเร็วนั้นน้ำมันจะถูกฉีดเข้าไปในปริมาณที่มากขึ้นทำให้น้ำมันที่ฉีดเพิ่มเข้าไปเผาไหม้ไม่ทันจึงทำให้เกิดควันดำหรืออนุภาคฝุ่นละออง และมลพิษอีกชนิดที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลคือออกไซด์ของกำมะถัน เนื่องจากกำมะถันที่มีอยู่น้ำมันดีเซลเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในขณะที่เชื้อเพลิงกำลังเผาไหม้ ด้วยหลักการทำงานดังกล่าวทำให้เครื่องยนต์ดีเซลมีมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาต่างจากเครื่องยนต์เบนซินดังนี้คือ

- มีออกไซด์ของกำมะถันและอนุภาคฝุ่นละอองมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีสารจำพวกออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน ถูกปลดปล่อยออกมาน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

นอกจากลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ต่างกันแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยมลพิษดังหัวข้อถัดไป

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยมลพิษ

ปริมาณของสารพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ

1. การปล่อยมลพิษจากไอเสียรถยนต์

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อปริมาณมลพิษที่ออกมากับไอเสียคืออัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง (A/F) หรืออัตราส่วนของของผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่จะเข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ซึ่งอัตราส่วนนี้จะมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์โดยเฉพาะเครื่องยนต์เบนซิน ที่ออกมาและยังมีผลต่อมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาอีกด้วย โดยที่ (A/F) หาได้ดังนี้ [5]

$$\frac{A}{F} = \frac{[x + \left(y/4\right) - z][32 + (3.76x28)]}{12x + y} \tag{2.5}$$

เมื่อสูตรโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันคือ C_xH_y

และ $$z = \frac{(Air_needed - Actual_air_used)}{Air_needed}\left(x + \frac{y}{4}\right) \tag{2.6}$$

เครื่องยนต์เบนซินต้องการอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ต่างกันในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานเนื่องมาจากที่สภาวะการทำงานที่ต่างๆ เช่นการใช้รถทางบนเรียบและการใช้รถบนทางลาดชัน เครื่องยนต์จะมีความต้องการอัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงที่ต่างกัน ในขณะที่เครื่องยนต์ดีเซลจะมีอัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงเท่ากันทุกสภาวะการใช้งาน ที่อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงต่ำเครื่องยนต์จะให้กำลังที่สูงกว่าที่อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงสูง ถ้าหากอัตราส่วนระหว่างอากาศ-เชื้อเพลิงต่ำกว่าอัตราส่วนที่ปริมาณสัมพันธ์ ($z \doteq 0$) จะเรียกว่าไอดีหนา (Fuel rich) และที่อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศสูงกว่าอัตราส่วนที่ปริมาณสัมพันธ์จะเรียกว่าไอดีบาง (Fuel lean) โดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ปริมาณสัมพันธ์จะอยู่ที่ค่า 14.7 ซึ่งผลของ Fuel rich และ Fuel lean ได้แสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 2.3

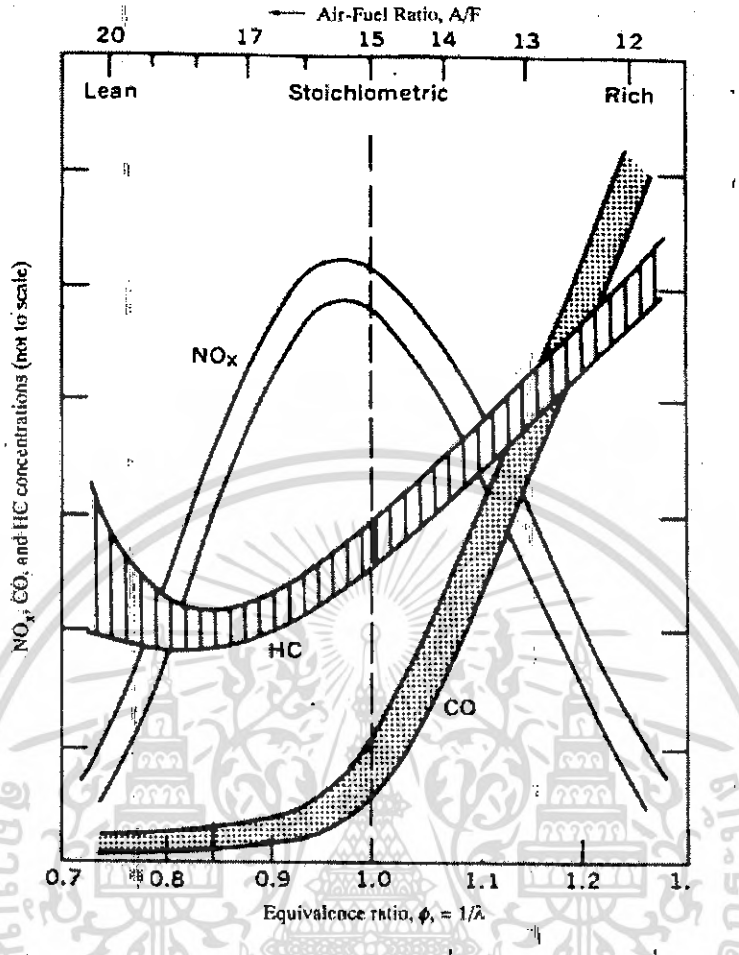
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ [5]

ไอดี	บาง	ปริมาณสัมพันธ์	หนา
A/F, (lb/lb)	>14.7	14.7	<14.7
การใช้งานทั่วไป	ความเร็วคงที่โดยไม่มีการบรรทุก หรือขับบนทางเรียบ	ใช้ร่วมกับ 3-way catalytic converter เพื่อให้กำจัดก๊าซพิษได้ผลดีที่สุด	ใช้ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ หรือต้องการกำลังสูงสุด เช่น การเร่งความเร็วหรือการขึ้นทางชัน
กำลังที่ได้	ต่ำ	ปานกลาง	สูงสุด
การประหยัดเชื้อเพลิง	ดีเยี่ยม	ปานกลาง	สิ้นเปลืองสูงสุด
CO ที่ถูกปลดปล่อย	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
HC ที่ถูกปลดปล่อย	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
NO_x ที่ถูกปลดปล่อย	ต่ำ	สูงสุด	ต่ำ

ปริมาณของมลพิษทั้งสามชนิดที่กล่าวมาในข้างต้นที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์เบนซินขึ้นอยู่กับอัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่าปริมาณของก๊าซทั้งสามชนิดเป็นผลมาจากอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษบางชนิดที่ปลดปล่อยจากเครื่องยนต์เบนซิน [5]

จากรูปที่ 2.12 สามารถสรุปได้ว่าก๊าซทั้งสามชนิดไม่ได้มีการปลดปล่อยออกมาในปริมาณระดับเดียวกัน เพียงแต่แสดงไว้เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบแนวโน้มของการเกิดสารมลพิษทั้งสามชนิดนี้เท่านั้น และเนื่องจากการเกิดของออกไซด์ของไนโตรเจนจะเกิดที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่สูงกว่าปริมาณสัมพันธ์ จนถึงปริมาณสัมพันธ์จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์มีอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่สูงและสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพันธ์เนื่องจากเชื้อเพลิงมีปริมาณมากที่สุดที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ที่จุดนี้จึงทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สุดและเมื่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงต่ำกว่าจุดปริมาณสัมพันธ์ การเผาไหม้จะเกิดอย่างไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนไม่พอเพียงในการทำปฏิกิริยา ทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำลงส่งผลให้ออกไซด์ของไนโตรเจนเกิดได้น้อยลง ส่วนที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงสูงกว่าปริมาณสัมพันธ์นั้นการเผาไหม้จะเกิดอย่างสมบูรณ์ จึงทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนนั้นเกิดขึ้นมาในปริมาณเล็กน้อย แต่เมื่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงต่ำกว่าสัมพันธ์จะทำให้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนออกจึงเกิดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อายุการใช้งานของรถยนต์

การเสื่อมสภาพเนื่องมาจากอายุการใช้งานเป็นอีกสาเหตุหนึ่งให้มลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมามีปริมาณมากขึ้น เนื่องมาจากการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เช่นการสึกหรอของกระบอกสูบและแหวนลูกสูบทำให้มีน้ำมันหล่อลื่นสามารถเข้าไปเผาไหม้กับน้ำมันเชื้อเพลิง และที่สำคัญคือการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษเช่นอุปกรณ์บำบัดไอเสีย (Catalytic Converter)

3. สภาวะการใช้งานของเครื่องยนต์

การใช้งานของรถยนต์ที่สภาวะการทำงานต่างๆ จะใช้กำลังของเครื่องยนต์ที่แตกต่างกันส่งผลให้ต้องปรับเปลี่ยนอัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศเพื่อให้ได้กำลังงานตามที่ต้องการใช้งานสภาวะการใช้งานที่ส่งผลให้ต้องใช้กำลังเครื่องนี้คือที่ต่างกันคือ ความลาดชั้นของถนน น้ำหนักบรรทุก ปริมาณของออกซิเจนในอากาศที่เป็นผลเนื่องมาจากความสูงต่ำของพื้นที่ และความเร็วในการใช้งานของรถยนต์

4. ขนาดของเครื่องยนต์

ความสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์มีผลต่อการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์เนื่องมาจากปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ดังสมการที่ 2.5 และ 2.6

5. องค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิง

การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นจะต้องเปลี่ยนพลังงานที่สะสมไว้ในรูปพลังงานเคมีโดยผ่านการเผาไหม้เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ซึ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้นี้สามารถก่อให้เกิดสารที่เป็นมลพิษซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณภาพและหรือองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท โดยเชื้อเพลิงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการขนส่งทางถนนในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล แก๊สปิโตรเลียมเหลว แก๊ส NGV แก๊สโซฮอล์ ไบโอดีเซล

2.4 ผลกระทบจากมลพิษ [7]

แหล่งที่มาของสารมลพิษในอากาศที่สำคัญ คือ ควันจากท่อไอเสียของยานพาหนะ ควันพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งกำลังเป็นปัญหาใหญ่ในนครใหญ่ๆ ทุกแห่งทั่วโลก ตัวอย่างที่ร้ายแรง เช่น เมื่อปีพ.ศ.2497 เกิดหมอกควันเป็นพิษปกคลุมไปทั่วกรุงลอนดอนถึง 4 วันเต็มๆ ทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 4,000 คน และนอกจากนั้นแล้วยังมีคนที่ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ตลอดจนโรคร้ายอื่นๆ ที่ไม่สามารถจะรักษาให้หายขาดได้ผลกระทบของมลภาวะอากาศต่อสุขภาพของประชาชน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ

1. คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เบากว่าอากาศเพียงเล็กน้อยและละลายน้ำได้บ้าง คาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นก๊าซเฉื่อยในสภาพอุณหภูมิและความดันปกติ แต่ไวต่อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง และเป็นตัวลดออกซิเจนได้อย่างดี จุลินทรีย์สามารถใช้ก๊าซนี้และส่วนใหญ่อยู่ในพื้นดิน ดินที่มีอนินทรีย์สารอยู่บนผิวดินมากจะสามารถดึงเอาก๊าซนี้จากอากาศได้มากกว่าดินที่ขาดอนินทรีย์สาร เช่น ดินในทะเลทราย พืชบางชนิดสามารถเปลี่ยนมลพิษนี้ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือมีเทนได้นอกจากนั้นแหล่งน้ำต่างๆ ก็อาจกำจัดก๊าซนี้ได้ด้วย การดำรงชีวิตอยู่ในบ้านทำให้เกิดก๊าซนี้ได้ เช่น การประกอบอาหารในห้องครัว การใช้เครื่องทำความร้อนในฤดูหนาว การจราจร ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และในบางกรณีนอกบ้านอาจจะใกล้เคียงกับในบ้านด้วย ผู้โดยสารรถยนต์อาจได้รับก๊าซนี้เนื่องจากระบบท่อไอเสียชำรุดและมีการรั่วไหลเข้าสู่บริเวณตัวถังรถ จากบริเวณดังกล่าวหรือจากบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นภายนอก ระดับความเข้มข้นของก๊าซภายในรถอาจสูงกว่าระดับภายนอก บางครั้งพบว่าในรถยนต์สูงถึงระดับ 42 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผลของคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่อมนุษย์ ร่างกายต้องการออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ บางระบบ เช่น ระบบสมองส่วนกลางจะไวต่อการขาดออกซิเจนมาก เมื่อใดที่อยู่ในภาวะที่ขาดออกซิเจนนานเกินควร ก็จะเกิดการเสื่อมสภาพโดยโดยไม่สามารถฟื้นฟูให้มีสภาพดีดังเดิมได้ เมื่อคนหายใจเอาอากาศเข้าสู่ปอด ออกซิเจนในอากาศจะจับตัวอย่างหลวมกับฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเม็ดโลหิตแดง ปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (Oxygenation) ในโลหิตนี้ทำให้เกิดสารประกอบไม่คงตัวคือออกซีฮีโมโกลบิน หัวใจจะสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และออกซีฮีโมโกลบินจะแตกตัวปล่อยออกซิเจนให้แก่เซลล์และในขณะเดียวกันก็รับเอาของเสียออกจากเซลล์ด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าสู่ปอดเมื่อหายใจเข้าและฟุ้งผ่านเยื่อปอด ด้วยวิธีเดียวกับออกซิเจน ถ้าคนอยู่ในบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของก๊าซนี้คงที่เป็นเวลานานนับชั่วโมง อัตราที่ร่างกายรับก๊าซนี้จะลดลงอย่างฉับพลันจนกว่าจะถึงระดับสมดุล นั้นคือเมื่อความกดดันของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในโลหิตในเส้นโลหิตฝอยในปอดเท่ากันกับความดันในปอด ก๊าซนี้จับตัวกับฮีโมโกลบินแทนที่ออกซิเจน เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบินซึ่งแตกตัวได้ช้ากว่าออกซิเจน นอกจากนั้นยังเปลี่ยนแปลงการแตกตัวของออกซิเจนจากออกซีฮีโมโกลบินที่หลงเหลืออยู่อีกด้วย กล่าวคือทำให้ออกซิเจนจับตัวกับฮีโมโกลบินแน่นยิ่งขึ้น และแตกตัวออกที่แรงดึงออกซิเจนต่ำลงก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จับตัวกับฮีโมโกลบินได้ช้ากว่าออกซิเจน แต่มีความดึงดูดสัมพัทธ์กับฮีโมโกลบินมากกว่า ดังนั้นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน จึงคงตัวมากกว่า ออกซีฮีโมโกลบินถึง 200 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 อาการสนองตอบของมนุษย์ที่มีต่อระดับคาร์บอกซีฮีโมโกลบินอิ่มตัวในกระแสเลือด [8]

% COHb อิ่มตัวในเลือด	อาการตอบสนองของผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี	อาการตอบสนองของผู้ป่วยโรคหัวใจอย่างแรง
0.3 - 0.7	ยังไม่ปรากฏอาการใดๆ	
1 – 5	กระตุ้นให้ปริมาณโลหิตที่ส่งไปยังอวัยวะสำคัญบางส่วนเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยการที่โลหิตลดความสามารถในการนำออกซิเจน	ไม่มีความสามารถที่จะสูบฉีดโลหิตเพื่อชดเชย
2.5 – 3		ผู้ป่วยด้วยโรค angina pectoris หรือ intermittent claudication ไม่อาจออกกำลังได้ตามปกติ
4 – 5	ตำรวจจราจรปวดศรีษะ เพลีย	
5 - 9	ต้องใช้แสงมากขึ้นเพื่อให้เห็นชัดเจน	การออกกำลังกายเล็กน้อยทำให้เกิดการเจ็บหน้าอก
16 – 60	ปวดศรีษะ การมองเห็นผิดปกติ	คนไข้โรคหัวใจอย่างแรงอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต
20 - 30	ปวดศรีษะหนึบๆ คลื่นเหียนลดความสามารถในการทำงานประณีต	
30 -40	ปวดศรีษะอย่างแรง คลื่นเหียนและอาเจียน กล้ามเนื้อ เปลี้ยหมดสติ	
50	โคมา ชัก	
60 - 70	ถึงตายหากไม่ได้รับการรักษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับระยะเวลาที่ได้รับก๊าซและปริมาณคาร์บอกซีฮีโมโกลบินอิ่มตัวในเลือด [10]

ระยะเวลาที่ได้รับ	ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่ทำให้เกิด HbCO อิ่มตัวในเลือด			
ก๊าซ CO (ชั่วโมง)	มิลลิกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร	ส่วนในล้านส่วน	มิลลิกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร	ส่วนในล้านส่วน
24	29	25	15	13
8	35	30	14	12
1	117	100	58	50

2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอนุภาคสาร (Sulfur dioxide and suspended particulate matter : SO_2,PM)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นและเป็นกรดในธรรมชาติ เกิดจากการ Oxidation ของ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งได้จากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิต เมื่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศเกิดเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อบุทางเดินหายใจในร่างกายของมนุษย์และสัตว์ ผลต่อพืชคือ เกิดโรคพืชเรื้อรัง และใบไม้ร่วงมากกว่าปกติ เมื่อมีความชื้นจะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟิวริก กัดกินวัสดุต่าง ๆ และเมื่อหายใจเข้าไปก็จะทำลายเนื้อเยื่อปอด นอกจากนี้ยังพบว่าสารกันน็อคในน้ำมันเบนซินสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม เช่น การแยกตัวของโครมาทิด การหักของโครโมโซม (ดรรชนี ใจดี และ ธวัช ขนบดี, พ.ศ.2526)

อนุภาคสารคือสารทั้งในสภาพของแข็งและของเหลวซึ่งเกาะรวมตัวกันและมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ประมาณ 0.00002 ไมครอน แต่ไม่เกิน 500 ไมครอน อาจประกอบด้วยสารนานาชนิด เช่น ซัลเฟต โลหะต่างๆ รวมทั้งละอองที่เกิดจากธรรมชาติขนาดและความหนาแน่นของอนุภาคสารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งควบคุมให้อนุภาคมวลสารตกสู่พื้นดิน แต่ฝนก็มีส่วนในการชะล้างเช่นกัน

เชื่อกันว่ามลพิษทั้งสองมีผลส่งเสริมซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดผลเฉียบพลัน และมีความชื้นเป็นองค์ประกอบเพิ่มเติม นอกจากนั้นยังมีการตรวจสอบระดับในบรรยากาศมากกว่ามลพิษชนิดอื่นๆ ทั้งสิน ภูเขาไฟระเบิดทำให้มลพิษทั้งสองชนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากปฏิกิริยา ไร้อากาศของจุลินทรีย์ในดิน หล่มบึง หรือแม้แต่จากละอองน้ำทะเล เมื่อมีลมหรือพายุพัดผ่านผืนดินแห้งแล้ง ทำให้มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ละอองพืช ย่อมเป็นองค์ประกอบของอนุภาคมวลสารและไฟป่าเป็นแหล่งกำเนิดอนุภาคมวลสารตามธรรมชาติอีกแหล่งหนึ่ง ธรรมชาติก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในปริมาณไล่เลี่ยกับส่วนที่เป็นผลจากฝีมือมนุษย์ แต่มนุษย์ทำให้เกิดสภาวะมลพิษเนื่องจากก๊าซนี้ในแถบเมืองมากกว่าธรรมชาติ ในทางตรงกันข้าม ธรรมชาติก่อให้เกิดมวลสารในโลกเป็นปริมาณมากกว่าส่วนที่เกิดจากมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอนุภาคมลสารต่อมนุษย์ หลอดลมส่วนบน ได้แก่ จมูก ช่องจมูกต่อกับหลอดลมในคอดูดซับก๊าซเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่ย้อนกว่า 40 - 90 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของมลพิษนี้ จากนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เข้าสู่โลหิต แล้วแพร่กระจาย ไปทั่วร่างกายผ่านการเมตาโลไลบ์แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ หากร่างกายรับก๊าซที่ระดับความเข้มข้นสูงมาก ๆ คาดว่าจะเกินกำลังความสามารถในการดูดซึมของหลอดลมส่วนบน จนอาจถึงแก่ชีวิตหรือเกิดโรคได้

ผลกระทบจากอนุภาคมวลสาร (Particulates) ได้แก่ อนุภาคแขวนลอยอยู่ในอากาศในรูปของของเหลวหยดเล็กๆ หรือของแข็งขนาดเล็กๆ เช่น เขม่าและควันจากปล่อยโรงไฟฟ้าพลังงานลิกไนต์ ทำให้เกิดปัญหาการหายใจและหลอดลมอักเสบในมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดปัญหาทัศนวิสัย ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคสามารถดูดกลืนแสงและทำให้เกิดการกระจายของแสงที่ส่งมาสู่พื้นโลกได้ อากาศจะมืดครึ้มแสงส่องสว่างได้น้อย

ส่วนเส้นทางของอนุภาคสารนั้นขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างและความหนาแน่น รวมตลอดจนถึงลักษณะของลมหายใจ อย่างไรก็ตามอนุภาคสารที่มีขนาดเล็กเท่านั้นจึงจะเข้าสู่ระบบหายใจส่วนลึกได้ เมื่ออนุภาคของสารตกอยู่ที่ส่วนใดในระบบหายใจจะถูกขับสู่ช่องว่างหรือระบบทำลายเชื้อโรค ระยะเวลาที่มีปริมาณในร่างกายลดลงครึ่งหนึ่งนั้น อาจเป็นวันหรือนานนับปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีหากเป็นอนุภาคมลสารที่ละลายน้ำได้ ก็อาจปนอยู่กับเสมหะหรือเมือกบุปอดอนุภาคมวลสารในกรณีแรกจะถูกขับออกพร้อมเสมหะ และในกรณีหลังอนุภาคมลสารอาจซึมเข้าสู่ระบบทำลายเชื้อโรคหรือเลือด

การศึกษาถึงผลจากมลพิษทั้งสองในระยะยาว แสดงอนุภาคมลสารมีผลต่อสุขภาพอนามัยมากกว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กล่าวคือร่างกายมีการผลิตเสมหะน้อยลง เมื่ออนุภาคมลสารลดระดับจาก 550 ลงเป็น 230 มคก.ต่อลบ.ม. ในขณะระดับของก๊าซคงที่ที่ 250 มคก.ต่อลบ.ม. ภายในระยะเวลากว่า 10 ปี นอกจากนั้นอาการอื่นๆ ของโรคระบบหายใจอื่นๆ ได้แสดงความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระดับอนุภาคมลสารมากกว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งนี้เป็นผลจากการศึกษา 3 ครั้ง ทุกระยะ 6 ปี ในคนกลุ่มเดิมของเมืองเบอร์ลิน สหรัฐอเมริกา นอกจากนั้นการรับมลพิษทั้งสองในระยะยาวทำให้เกิดโรคหลอดลมเรื้อรัง

3. ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซนี้ทำลายเนื้อเยื่อในปอด ทำให้ทางเดินหายใจอักเสบ ซึ่งนอกจากจะเป็นพิษต่อมนุษย์โดยตรงแล้ว ยังมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอื่น กล่าวคือ เมื่อรวมตัวกับไฮโดรคาร์บอนจะกลายเป็นหมอกที่เรียกว่า Photochemical smog มีฤทธิ์ทำให้ผู้เป็นหืดมีอาการแพ้ง่ายขึ้น ไนโตรเจนออกไซด์ในที่นี้จำกัดเฉพาะ ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) เนื่องจากเป็นมลพิษซึ่งมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าไนโตรเจนออกไซด์ชนิดอื่นๆ ไนโตรเจนออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสีไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์นั้นมีสภาพเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซที่อุณหภูมิปกติ ก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ คือการเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม ทำกรดไนตริก ชุบโลหะ ทำกรดกำมะถัน และทำวัตถุระเบิด เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรวมทั้งโลกของก๊าซทั้งสองจากแหล่งกำเนินตามธรรมชาติและมนุษย์แล้ว พบว่าธรรมชาติเป็นต้นเหตุมากกว่ามนุษย์ถึง 20 เท่า ออกไซด์ของไนโตรเจนในธรรมชาติมีเพียง 0.001 ppm ถ้าปริมาณสูงกว่านี้มากจะให้โทษร้ายแรงทั้งต่อพืช สัตว์และมนุษย์ ไนโตรเจน ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในอากาศเกิดเป็นกรดไนตริค ซึ่งให้โทษเช่นเดียวกับกรดกำมะถัน นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบหลักในกระบวนการ Photochemical Smog

การใช้เชื้อเพลิงของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญซึ่งทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ และมีไนตริกออกไซด์เป็นส่วนประกอบถึง 90 -95 % การเกิดไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด กล่าวคือจะเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นยานยนต์จึงก่อให้เกิดก๊าซนี้ ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อร่างกายมนุษย์ คนจะเริ่มได้กลิ่นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระดับ 230 มคก.ต่อลบ.ม. หากมีความชื้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดกลิ่นเร็วขึ้น แต่ผู้ที่สูดดมก๊าซนี้ที่ระดับ 40 มคก.ต่อลบ.ม.จะสามารถปรับสายตาให้เข้ากับความมืดได้ไม่ดีเท่าเดิม ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดอาจมีอาการหอบหืดเร็วขึ้นหากได้รับก๊าซนี้ที่ระดับ 190 มคก.ต่อลบ.ม. ร่วมกับสารกระตุ้นให้หลอดลมตีบ แต่บรรดาแม่บ้านชาวอเมริกาวิ่งใช้เตาอบก๊าซและสูดดมก๊าซนี้ที่ระดับ 940 มคก.ต่อลบ.ม. กลับไม่มีผลร้ายต่อระบบทางเดินหายใจแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามความผิดปกติของระบบหายใจในคนทั่วไปเริ่มต้นเมื่อร่างกายรับก๊าซที่ 1,300 - 3,800 มคก.ต่อลบ.ม. และที่ระดับ 1,320 - 1,880 มคก.ต่อลบ.ม. ผู้รับก๊าซยังสามารถออกกำลังกายได้ดังเดิม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลเฉียบพลันระหว่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ที่มีต่อการทำงานของปอดแล้ว พบว่า ไนตริกออกไซด์มีอันตรายน้อยกว่าอย่างชัดเจน

4. ไฮโดรคาร์บอน

เป็นสารประกอบซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอน สารประกอบคาร์บอนทุกสารเป็นสารอินทรีย์ ยกเว้นออกไซด์ของคาร์บอน คาร์ไบด์และคาร์บอเนด เป็นก๊าซพิษที่มี กลิ่นเหม็นมาก และทำให้เวียนศีรษะ เมื่อรวมตัวกับไนโตรเจนออกไซด์ จะทำให้เกิด photochemical smog ผลที่มีต่อพืช ในระดับความเข้มข้น 115 – 575 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1–0.5 ppm) ในช่วงเวลานาน 8 –24 ชั่วโมง จะก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช

5. ตะกั่ว

ตะกั่วที่ผสมในน้ำมันเบนซินนั้นเป็นสารประกอบตะกั่วในรูปของของเหลว มีสองชนิด คือ เททระเมทิลเลด และ เททระเมทิลเลด เมื่อเผาไหม้ในห้องเครื่อง ตะกั่วจะออกมาพร้อมกับไอเสียในลักษณะของฝุ่นตะกั่ว เมื่อสูดหายในเข้าไปจะไปทำลายระบบประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีการจัดทำบัญชีการปลดปล่อย

จากการที่มลพิษได้เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการใช้พลังงานที่มากขึ้นทำให้ต้องมีการจัดหมวดหมู่ตามปัจจัยในการเกิดของมลพิษเหล่านั้น เพื่อประโยชน์ในการจัดการควบคุมให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การทำบัญชีการปลดปล่อยจึงเป็นการรวบรวมข้อมูลเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ง่ายต่อการเห็นถึงปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการปลดปล่อยมลพิษ

การจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษทางอากาศมี 2 วิธี คือ วิธีแบบคร่าว (Top-down Approach) และ วิธีแบบละเอียด (Bottom-down Approach) วิธีแรกใช้การคำนวณการปล่อยมลพิษจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวมของประเทศ (แยกตามสาขาเศรษฐกิจ) เพื่อคำนวณปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งหมดทำให้เห็นภาพรวมของการปล่อยมลพิษทั้งประเทศ และวิธีที่สองใช้การคำนวณหาปริมาณมลพิษจากข้อมูลกิจกรรมเช่นการใช้พลังงานของแต่ละแหล่งกำเนิด แล้วนำมารวมกันเป็นปริมาณการปล่อยมลพิษทั้งประเทศ วัตถุประสงค์ของวิธีการนี้คือเพื่อการทำฐานข้อมูลของการปลดปล่อยมลพิษโดยจำแนกแต่ละแหล่งกำเนิดและเพื่อในไปใช้ในการระบุแหล่งกำเนิดควบคู่กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) โดยทั่วไปการหาปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจะอาศัยสมการ

สารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย (Emission) = ปัจจัยการปลดปล่อย (Emission Factor) x
ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) (2.7)

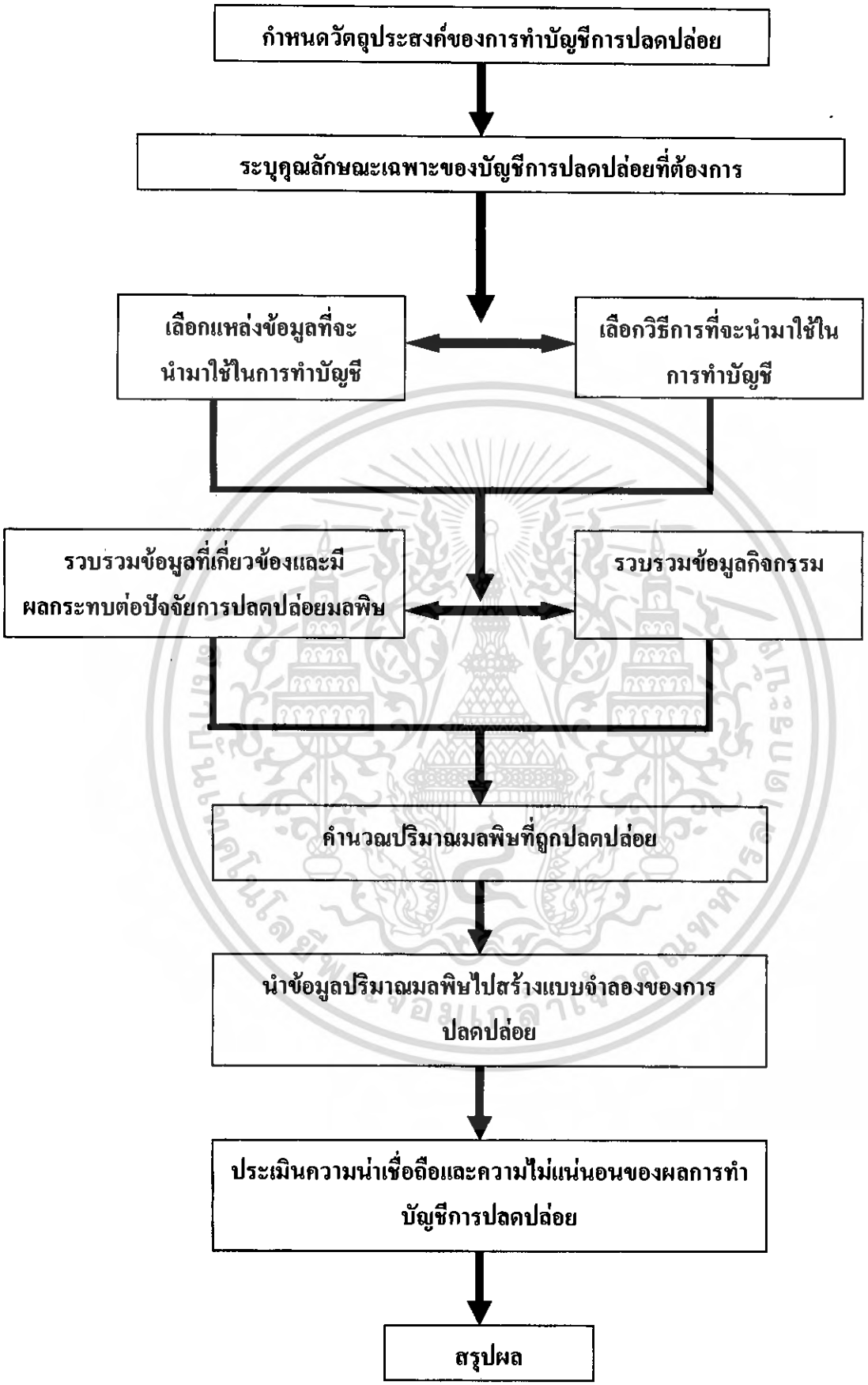
โดยที่ปัจจัยการปลดปล่อยและข้อมูลกิจกรรมที่ใช้จะขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำบัญชีการปลดปล่อยในแต่ละครั้งว่าต้องการที่จะเน้นที่กิจกรรมใดหรือข้อมูลใด ที่สะดวกต่อการรวบรวมรวบรวม

ปัจจัยการปลดปล่อยก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญและมีวิธีการหาที่หลากหลายโดยสามารถหาได้จากโปรแกรมที่มีผู้จัดทำไว้เช่น MOBILE 6 ขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของอเมริกา (US.EPA), Airviro ของบริษัท SMHI ประเทศสวีเดน หรือ COPERT 3 ของสหภาพยุโรป โดยที่ผู้ทำบัญชีการปลดปล่อยจะต้องใส่ข้อมูลที่จำเป็นตามที่แต่ละโปรแกรมกำหนดเพื่อให้ได้ค่าปัจจัยการปลดปล่อย จากนั้นจึงนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย

โดยทั่วไปการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษจะมีขั้นตอนในการทำดังแผนภาพรูปที่ 2.13 สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การระบุวัตถุประสงค์
2. การระบุคุณลักษณะเฉพาะของบัญชีการปลดปล่อยที่ต้องการ เช่นชนิดของมลพิษ แหล่งกำเนิด ปีฐาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แผนภาพการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกวิธีการที่จะนำมาใช้ในการทำบัญชีและเลือกแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำบัญชีการปลดปล่อย ในบางครั้งข้อมูลที่มีอยู่สามารถใช้เป็นตัวกำหนดถึงวิธีการที่จะใช้ในการทำบัญชีการปลดปล่อยได้

4. รวบรวมข้อมูลกิจกรรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และมีผลกระทบต่อปัจจัยการปลดปล่อย เช่น ค่าปัจจัยการปลดปล่อย แหล่งที่มาของการทดสอบ ค่าตัวแปรของปัจจัยการปลดปล่อย เป็นต้น

5. นำข้อมูลปริมาณมลพิษไปสร้างแบบจำลองของการปลดปล่อย ซึ่งจะแสดงถึงการกระจายตัวของ ความหนาแน่น และทิศทางการแพร่กระจาย เป็นต้น

6. ประเมินความน่าเชื่อถือและความไม่แน่นอนของผลการทำบัญชีการปลดปล่อย โดยการนำไปเปรียบเทียบกับค่าการคาดการณ์ การทดลองและการทำบัญชีที่คล้ายกันที่ได้มีการทำไว้ก่อนหน้า

7. การรวบรวมสรุปรายงาน ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน ข้อมูลและสมมติฐานที่ใช้ในกระบวนการทำบัญชี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ Radian [8, 9] ได้จัดทำบัญชีการปลดปล่อยของประเทศเม็กซิโกโดยใช้โปรแกรม MOBILE 5 ในการหาปัจจัยการปลดปล่อยที่ใช้การอ้างอิงจากฤดูการที่ต่างกัน ประเภทของรถยนต์ ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ และความเร็วที่รถยนต์ใช้วิ่ง พร้อมกับนำข้อมูลกิจกรรมคือระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ (Vehicle Kilometer Travel : VKT) ที่ถูกวิเคราะห์จากปริมาณการใช้พลังงานรวมในการขนส่งทางบก โดยคำนวณมาจากระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่แบบรวมแล้วนำมาคิดแยกตามสัดส่วนของประเภทเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์แบบต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลกิจกรรมนี้มาคูณกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยของแต่ละความเร็ว และแต่ละประเภทของรถ เพื่อมาคำนวณหาสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย

Japan International Cooperation Agency (JICA) [11] ได้จัดทำบัญชีการปลดปล่อยของประเทศไทยในรูปแบบการคำนวณที่แตกต่างกันออกไปคือ เป็นการมุ่งประเด็นในสิ่งที่สนใจไปในสาร SO_x โดยหลักการในการคิดคำนวณจะคิดปริมาณสารซัลเฟอร์เป็นหลัก ใช้การวิเคราะห์ปริมาณสารซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในน้ำมันทั้งหมด แล้วมีข้อสมมติฐานว่าปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดในเชื้อพลิงที่ผ่านกระบวนการการเผาไหม้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ SO_x และยังคงใช้หลักการการคิดการปลดปล่อยไม่ต่างจากเดิม คือการคำนวณปัจจัยการปลดปล่อยโดยใช้โปรแกรม COPERT 3 จากปริมาณการใช้พลังงานรวมและมาตรฐานน้ำมันของประเทศไทย และจัดข้อมูลกิจกรรมโดยการคิด Traffic Volume ทำบัญชีการปลดปล่อยของออกไซด์ของกำมะถันและออกไซด์ของไนโตรเจนในประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลด้านการจราจรในประเทศในการหาสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤกษ์ พงศ์พฤกษา [11] ได้จัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดสารไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์ของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในส่วนของการทำฐานข้อมูลของแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่นั้นใช้ข้อมูล 4 ส่วนในการประมาณการปลดปล่อยสารมลพิษจากรถยนต์ ส่วนแรกจำนวนของรถยนต์แต่ละประเภทซึ่งข้อมูลนี้ได้มาจากการการขนส่งทางบก ส่วนที่สองคือลักษณะการใช้งานของรถได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของรถได้เท่ากับ 20 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับกรุงเทพมหานครและสำหรับปริมณฑลตามลำดับ และระยะทางการขับเคลื่อนของรถ ส่วนที่สามคือปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษใช้การคำนวณค่าปัจจัยการปลดปล่อยด้วยโปรแกรม MOBILE 5 และส่วนสุดท้ายคือข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในส่วนของการคมนาคมขนส่ง

กรมควบคุมมลพิษ [12] และงานวิจัยอื่นๆ ของกรมควบคุมมลพิษเอง ได้จัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศซึ่งสามารถสรุปว่าแหล่งกำเนิดจากการจราจรปั่นแหล่งกำเนิดมลพิษขนาดใหญ่และจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องมาจากไม่มีแผนงานในการแก้ไขอย่างจริงจัง งานวิจัยชิ้นนี้เน้นไปที่การศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลของมลพิษทางอากาศ มีการเก็บข้อมูลในรายละเอียดคือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง องค์ประกอบของรถชนิดต่างๆ ที่ใช้ถนน ความเร็วที่ใช้ และปริมาณจราจรเฉลี่ยรายวันซึ่งนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลของถนนเช่นพิกัด ความยาวถนนและการจัดกลุ่มถนนเป็นต้นในการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ โดยใช้โปรแกรม Airviro งานวิจัยชิ้นนี้มีข้อดีคือมีความละเอียดในการระบุถึงแหล่งกำเนิดและการกระจายตัวของมลพิษทำให้เป็นการง่ายที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนและแก้ไขปัญหาแต่มีข้อเสียคือต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากในการทำบัญชี ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำบัญชีการปลดปล่อยในระดับประเทศเนื่องจากข้อมูลที่มีในระดับประเทศมีความละเอียดไม่เพียงพอที่จะนำมาทำบัญชีการปลดปล่อยในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การประเมินปริมาณสารมลพิษ

การประเมินปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมการขนส่งทางถนนในโครงงานพิเศษนี้ใช้การคำนวณจากค่าปัจจัยการปลดปล่อย ข้อมูลกิจกรรมของการขนส่งคือกิโลเมตรการเดินทางของรถยนต์ และข้อมูลความหนาแน่นของการจราจร ดังนั้นในการดำเนินงานจึงต้องแบ่งช่วงการทำงานเป็นสองขั้นตอนคือ การรวบรวมข้อมูลและการคำนวณปริมาณสารมลพิษ โดยได้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษเป็นรายจังหวัดแล้วจึงรวบรวมให้เป็นข้อมูลของทั้งประเทศ

3.1 การรวบรวมข้อมูล

ในการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากการขนส่งทางถนนนี้ได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ มาเพื่อใช้ในการคำนวณโดยรายละเอียดข้อมูลที่รวบรวมมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ข้อมูลปริมาณรถยนต์จากกรมการขนส่งทางบก

1. ข้อมูลของจำนวนรถยนต์จดทะเบียนรายจังหวัด แยกตามประเภทของรถยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2548 โดยมีลักษณะการจำแนกประเภทตามที่กรมการขนส่งทางบกกำหนดเป็นดังนี้คือ

- หมวด ก. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์

รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า
รย.12 รถจักรยานยนต์
รย.13 รถแทร็กเตอร์
รย.14 รถบดถนน
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม
รย.16 รถพ่วง
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมวด ข. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก

รถโดยสาร แยกเป็น

ประจำทาง ไม่ประจำทาง และ ส่วนบุคคล

รถบรรทุก แยกเป็น

ไม่ประจำทางและส่วนบุคคล

รถยนต์ขนาดเล็ก

2. จำนวนรถยนต์จดทะเบียนแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง ณวันที่ 31 มีนาคม 2549 โดยจำแนกประเภทรถยนต์ที่กรมการขนส่งทางบกได้จำแนกไว้ ออกเป็นตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่

1. เบนซิน	7. NGVและเบนซิน
2. ดีเซล	8. NGVและดีเซล
3. แก๊ส LPG	9. NGV
4. LPGและเบนซิน	10. ไฮบริด
5. LPGและดีเซล	11. ไม่ใช้เชื้อเพลิง
6. ไฟฟ้า	12. อื่น ๆ

3.1.2 ข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลคำนวณมาจากโปรแกรม MOBILE 5 ของ US-EPA ซึ่งค่าปัจจัยการปลดปล่อยนี้แยกตามประเภทของยานพาหนะดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่ อยสำหรับอัตราการระบายสารมลพิษจากยานพาหนะประเภทต่างๆ [13]

ประเภทยานพาหนะ	อัตราการระบายสารมลพิษ (กรัม/กิโลเมตร/คัน)				
	NO_x	SO_x	CO	PM	HC
เบนซิน	1.460	0.182	5.745	0.005	1.535
ดีเซลเล็ก	4.166	0.117	2.177	0.398	0.984
ดีเซลใหญ่	28.478	0.534	11.887	0.186	3.074
จักรยานยนต์	0.051	0.041	5.868	0.150	8.552

3.1.3 ข้อมูลระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ (Vehicle Kilometer Travel : VKT)

โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษ[13] ซึ่งข้อมูล VKT ของรถยนต์ประเภทต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ของรถประเภทต่างๆ [13]

ประเภทของรถยนต์	กรุงเทพมหานคร (กม./ปี)	ต่างจังหวัด (กม./ปี)
รถยนต์เบนซิน	15,634	14,071
รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	101,454	116,232
รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	177,705	238,160
รถจักรยานยนต์	5,627	5,627

3.1.4 ข้อมูลประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Economy)

ข้อมูลที่ได้คือข้อมูลอัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยมีหน่วยเป็นลิตรของเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตรที่เดินทางของรถแต่ละประเภทซึ่งได้มาจากงานวิจัยของ S. Tanatvanit [14]

ตารางที่ 3.3 อัตราการใช้เชื้อเพลิงตามประเภทรถยนต์จำแนกตามพื้นที่ [14]

ประเภทรถยนต์	กรุงเทพมหานคร (ลิตรต่อกิโลเมตร)	ต่างจังหวัด (ลิตรต่อกิโลเมตร)
รถยนต์เบนซิน	0.085690	0.087336
รถยนต์ดีเซลเล็ก	0.094025	0.101139
รถยนต์ดีเซลใหญ่	0.103456	0.105764
รถจักรยานยนต์	0.040750	0.047551

3.1.5 ข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยในหน่วย กิโลกรัมสารมลพิษต่อปริมาณพลังงาน

จากงานวิจัยของ S. Tanatvanit [14] ได้จัดประเภทรถยนต์ไว้ 11 ประเภทดังตารางที่ ค.1 ในภาคผนวก ค แต่เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายในการเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษจึงได้จัดกลุ่มของค่าปัจจัยการปลดปล่อยดังกล่าวให้เป็น 4 ประเภทเช่นเดียวกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยของกรมควบคุมมลพิษซึ่งเมื่อจัดประเภทแล้วไว้แสดงไว้ในดังตารางที่ 3.4

3.1.6 ข้อมูลการใช้พลังงานในส่วนของการขนส่งทั่วประเทศ

เป็นข้อมูลการใช้พลังงานในส่วนของการขนส่งโดยจำแนกเป็นรายจังหวัดและจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง จากกรมเชื้อเพลิงพลังงานเป็นปริมาณน้ำมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายให้ลูกค้าและผู้ใช้ในจังหวัดต่างๆ ในปี 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับการประเมินปริมาณมลพิษแบบคร่าว [14]

ประเภทรถยนต์	ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (ก.ก./เทอระจูลล์ของพลังงานที่ใช้)	
	CO	NO_x
รถยนต์เบนซิน	1,000	120
รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	300	300
รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	314	298
รถจักรยานยนต์	12,000	200

3.2 การจัดกลุ่มข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลต่างๆ ได้รวบรวมมาจากหลายๆ แหล่งข้อมูลที่ได้มาจึงมีรูปแบบและการจัดประเภทที่หลากหลายแตกต่างกันทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยได้ทันที จึงมีความจำเป็นที่จะต้องประมวลผลและจัดกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ให้มีความเหมาะต่อการนำมาใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่จะต้องมีการจัดกลุ่มและเรียบเรียงใหม่มีดังต่อไปนี้

3.2.1 การจัดประเภทรถยนต์

ในการประเมินปริมาณมลพิษที่ถูกปลดปล่อยในโครงงานพิเศษนี้ได้ประเมินปริมาณมลพิษเป็นรายจังหวัดทั่วประเทศ แต่เนื่องจากข้อมูลการจำแนกประเภทรถยนต์ตามชนิดเชื้อเพลิงของกรมการขนส่งทางบกในหัวข้อ 3.1.1 ได้จำแนกรถยนต์ตามชนิดเชื้อเพลิงไว้เพียง 3 ระดับเท่านั้นคือ กรุงเทพมหานคร ภูมิภาคและทั่วประเทศดังรายละเอียดในตารางที่ 3.5 ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการทำโครงงานพิเศษนี้ ดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลการจำแนกรถยนต์ตามชนิดของเชื้อเพลิงในส่วนของภูมิภาคเป็นตัวแทนของการจำแนกรถยนต์ตามชนิดของเชื้อเพลิงในส่วนของต่างจังหวัด

เมื่อคำนวณปริมาณในส่วนของภูมิภาคให้เป็นร้อยละซึ่งแสดงผลไว้ดังตารางที่ 3.5 จะเห็นได้ว่ามีการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลเป็นหลักโดยมีสัดส่วนของรถยนต์ที่ใช้รวมกันกว่าร้อยละ 98 ของรถยนต์ทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถคำนวณมลพิษจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักโดยไม่ต้องพิจารณาเชื้อเพลิงอื่นๆ ในการประเมินครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 จำนวนรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค

ประเภทรถ	เบนซิน	ดีเซล	แก๊ส LPG	LPG และ เบนซิน	LPG และ ดีเซล	ไฟฟ้า	NGV และ เบนซิน	NGV และ ดีเซล	NGV	ไฮบริด	ไม่ใช้ เชื้อเพลิง	อื่น ๆ
รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	1,152,550	302,767	361	2,096	90	16	106	1	16	1	-	19,031
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	21,050	209,082	71	140	10	-	-	20	4	-	-	4,443
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	281,952	3,377,476	873	1,542	161	4	12	5	-	1	-	40,641
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล	289	23	270	115	-	1	-	-	-	-	-	19
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด	18	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน	567	122	6	18	-	-	-	-	-	-	-	36
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	671	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ	7,232	292	8,368	230	1	-	1	1	-	-	-	81
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ	834	38	-	14	-	-	-	-	-	-	-	1
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร	72	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.12 รถจักรยานยนต์	13,270,518	4,430	363	316	162	755	-	-	-	2	-	8,822
รย.13 รถแทร็กเตอร์	1,420	72,995	28	51	5	-	-	-	-	-	-	2,064
รย.14 รถบดถนน	81	6,590	5	5	-	-	-	-	-	-	-	30
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม	4,490	74,351	22	18	5	-	-	-	-	-	-	1,554
รย.16 รถพ่วง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	672	51
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ	14,312	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.5 จำนวนรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค (ต่อ)

ประเภทรถ	เบนซิน	ดีเซล	แก๊ส LPG	LPG และ เบนซิน	LPG และ ดีเซล	ไฟฟ้า	NGV และ เบนซิน	NGV และ ดีเซล	NGV	ไฮบริด	ไม่ใช้ เชื้อเพลิง	อื่น ๆ
รถโดยสาร												
-ประจำทาง	1,507	51,426	49	19	-	3	3	-	-	-	13	48
-ไม่ประจำทาง	3,571	12,466	270	11	1	7	2	-	-	-	7	10
-ส่วนบุคคล	23	5,512	1	-	1	-	1	1	-	-	6	6
รถบรรทุก -ไม่ประจำทาง	17	50,475	13	12	13	3	2	12	-	-	22,399	1,297
-ส่วนบุคคล	219	451,129	58	37	19	23	15	4	-	-	33,405	2,676
รถโดยสารขนาดเล็ก	2,360	14,400	17	3	1	-	1	-	-	-	12	6

ตารางที่ 3.6 ร้อยละของรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค

ประเภทรถ	เบนซิน	ดีเซล	แก๊ส LPG	LPG และ เบนซิน	LPG และ ดีเซล	ไฟฟ้า	NGV และ เบนซิน	NGV และ ดีเซล	NGV	ไฮบริด	ไม่ใช้ เชื้อเพลิง	อื่น ๆ
รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	78.03	20.50	0.02	0.14	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	8.96	89.04	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	1.89
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	7.61	91.22	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล	40.31	3.21	37.66	16.04	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด	78.26	21.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน	75.70	16.29	0.80	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	93.45	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.46
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ	44.63	1.80	51.64	1.42	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.50
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ	94.02	4.28	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร	91.14	8.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รย.12 รถจักรยานยนต์	99.89	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
รย.13 รถแทร็กเตอร์	1.85	95.34	0.04	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
รย.14 รถบดถนน	1.21	98.20	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม	5.58	92.43	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
รย.16 รถพ่วง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.95	7.05
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ	99.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 3.6 ร้อยละของรถยนต์จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้งานในส่วนของภูมิภาค (ต่อ)

ประเภทรถ	เบนซิน	ดีเซล	แก๊ส LPG	LPG และ เบนซิน	LPG และ ดีเซล	ไฟฟ้า	NGV และ เบนซิน	NGV และ ดีเซล	NGV	ไฮบริด	ไม่ใช้ เชื้อเพลิง	อื่น ๆ
รถโดยสาร												
-ประจำทาง	2.84	96.91	0.09	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09
-ไม่ประจำทาง	21.85	76.27	1.65	0.07	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06
-ส่วนบุคคล	0.41	99.30	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.11	0.11
รถบรรทุก -ไม่ประจำทาง	0.02	67.99	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	30.17	1.75
-ส่วนบุคคล	0.04	92.52	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.85	0.55
รถโดยสารขนาดเล็ก	14.05	85.71	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04

จากข้อมูลจำนวนรถยนต์จดทะเบียนของรถยนต์ของกรมการขนส่งทางบกได้จัดประเภทรถยนต์ตามลักษณะไว้ 23 ประเภทแต่เนื่องจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ได้แบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภทเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำข้อมูลจากทั้งสองแหล่งมาใช้ในการคำนวณได้จึงจำเป็นต้องรวมประเภทรถของกรมการขนส่งทางบกให้เหลือเป็นเพียง 4 ประเภทตามค่าปัจจัยการปลดปล่อยมีอยู่ โดยจัดประเภทได้ดังนี้คือ

1. รถยนต์เบนซิน ได้แก่รถยนต์ประเภทต่อไปนี้ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงหลัก

รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ
รถบรรทุกทุกประเภท
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า
รย.13 รถแทร็กเตอร์
รย.14 รถบดถนน
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม
รย.16 รถพ่วง
รถโดยสารทุกประเภท
และโดยรถขนาดเล็ก

2. รถยนต์ดีเซลเล็ก ได้แก่รถยนต์ต่อไปนี้ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 3,500 กิโลกรัมและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก

รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม
และโดยรถขนาดเล็ก

3. รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ได้แก่รถยนต์ประเภทต่อไปนี้ที่มีน้ำหนักเกินกว่า 3,500 กิโลกรัม และใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก

รย.13 รถแทร็กเตอร์
รย.14 รถบดถนน
รถโดยสาร
และรถบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รถจักรยานยนต์ ได้แก่รถประเภทต่อไปนี้ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงหลัก
รย.12 รถจักรยานยนต์ และรย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ

เมื่อจำแนกปริมาณรถยนต์ของแต่ละจังหวัดด้วยค่าร้อยละของจำนวนรถยนต์ในตารางที่ 3.5 และจัดรถยนต์ออกเป็น 4 ประเภทดังหัวข้อที่ 3.1.2 แล้ว สามารถแสดงปริมาณรถยนต์จำแนกตามรายจังหวัดได้ดังตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก. เมื่อรวมปริมาณรถยนต์แต่ละประเภทในทุกจังหวัดทั่วประเทศแล้วนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณรถยนต์ในกรุงเทพมหานครจะได้ดังตารางที่ 3.6 จากตารางแสดงให้เห็นว่าในกรุงเทพมหานครมีปริมาณรถยนต์รวมถึงร้อยละ 25 ของทั้งประเทศ จึงได้แยกกรุงเทพมหานครออกมาจากภาคกลางเป็นอีกหนึ่งพื้นที่เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษกับภูมิภาคอื่นๆ

ตารางที่ 3.7 ปริมาณรถยนต์ที่จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการประเมิน

พื้นที่	ปริมาณรถยนต์ (คัน)				
	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์	รวม
กรุงเทพมหานคร	1,879,879	1,564,645	125,924	2,539,753	6,110,200
ส่วนภูมิภาค	1,420,173	3,859,993	638,021	12,954,214	18,872,401
รวม	3,300,052	5,424,638	763,944	15,493,967	24,982,600
ร้อยละ	13.21	21.71	3.06	62.02	100

3.2.2 การจำแนกค่า VKT ของยานพาหนะ

ค่า VKT ที่ได้จากงานวิจัยของ S. Tanatvanit [14] ได้แบ่งประเภทของ VKT ไว้ดังตาราง ข.1 ภาคผนวก ข แต่จากการจำแนกประเภทของรถยนต์ในหัวข้อที่ผ่านมาได้จำแนกรถยนต์ไว้เป็น 4 ประเภท ดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้จึงได้จัดกลุ่มของค่า VKT ไว้ดังตารางที่ 3.8 ซึ่งจากตารางได้จัดกลุ่มรถยนต์จากทั้งหมด 11 ประเภทออกเป็น 4 ประเภทเช่นเดียวกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยจากนั้นจึงนำค่าที่ได้จากการจัดกลุ่มไปใช้ในการคำนวณปริมาณมลพิษจากรถยนต์แต่ละประเภท ซึ่งผลของการจัดกลุ่มค่า VKT ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 การจัดกลุ่มของ VKT

ประเภทรถยนต์	การจัดประเภทของ S. Tanatvanit[15]
รถยนต์เบนซิน	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง
รถยนต์ดีเซลเล็ก	รถยนต์ส่วนบุคคลเกิน 7 ที่นั่ง รถกระบะ รถแทรกเตอร์ รถโดยสารขนาดเล็ก
รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	รถโดยสารประจำทาง รถโดยสารไม่ประจำทาง รถโดยสารส่วนบุคคล รถบรรทุกไม่ประจำทาง รถบรรทุกส่วนบุคคล
รถจักรยานยนต์	รถจักรยานยนต์

3.3 การประเมินปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย

การทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษในโครงงานนี้จะใช้การประเมิน 2 วิธี วิธีการแรกคือการประเมินแบบคร่าวโดยใช้อัตราการใช้พลังงานของยานพาหนะ (Fuel Economy) เป็นฐานในการคำนวณ ส่วนวิธีการประเมินแบบที่ 2 คือการประเมินแบบละเอียดโดยมีฐานการคำนวณจากปริมาณการจราจรและกิโลเมตรการเดินทางของยานพาหนะ (VKT)

3.3.1 การประเมินแบบคร่าว (Top-Down approach)

การประเมินแบบคร่าวกระทำโดยใช้ข้อมูลอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Economy) ของรถยนต์แต่ละประเภท และข้อมูล VKT มาใช้คำนวณปริมาณการใช้พลังงาน คือน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ในภาคการขนส่งทั้งประเทศ จากนั้นจึงนำปริมาณพลังงานที่ได้ไปคูณกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยในตารางที่ 3.4 เพื่อให้ได้ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาในภาพรวมของทั้งประเทศ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง

ซึ่งประเมินโดยใช้สมการที่ 3.1

$$L_i = F_i \times VKT_i \times N_i \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ L คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่รถยนต์ใช้ (ลิตร)
F คือ อัตราการใช้เพลิง (ลิตรต่อกิโลเมตร)
VKT คือ กิโลเมตรการเดินทางของยานพาหนะ (กิโลเมตรต่อปี)
N คือ ปริมาณของยานพาหนะ (คัน)
i คือ รถประเภท i

2. ประเมินมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา

เมื่อได้ปริมาณเชื้อเพลิงที่รถแต่ละประเภททั้งประเทศใช้แล้ว จากนั้นจึงนำปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้คูณกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยและค่าแปลงหน่วยพลังงานดังสมการที่ 3.2 เพื่อที่หาปริมาณมลพิษชนิดต่างๆ ที่ถูกปลดปล่อยจากรถยนต์แต่ละชนิดทั่วประเทศไทย

$$E_{i,j} = L_i \times \varepsilon f_{i,j} \times C \qquad (3.2)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณมลพิษ (กรัมต่อปี)
εf คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (กิโลกรัมต่อเทอระจูลล์)
j คือ ชนิดของสารมลพิษ
C คือ ค่าแปลงหน่วยพลังงาน[15] มีค่าเท่ากับ
31.48 เมกกะจูลล์ (MJ) ต่อน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร
36.42 เมกกะจูลล์ (MJ) ต่อน้ำมันดีเซล 1 ลิตร

3.3.2 การประเมินแบบละเอียด (Bottom-Up approach)

ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในการทำบัญชีแบบละเอียดใช้การคำนวณจากค่า VKT และปริมาณรถยนต์ในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการจำแนกถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณของสารมลพิษแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจนในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย วิธีการคำนวณคือนำจำนวนรถยนต์แต่ละประเภทตามที่ได้จำแนกไว้ดังตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก. คูณกับค่า VKT ของรถแต่ละประเภทซึ่งได้จำแนกไว้ในตารางที่ 3.2 และคูณกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยตามประเภทของรถในตารางที่ 3.1 ดังแสดงสมการที่ 3.3

$$E_{i,j,} = N_{i,k} \times VKT_i \times \varepsilon_{i,j} \qquad (3.3)$$

เมื่อ k คือ พื้นที่ที่ทำการประเมินปริมาณสารมลพิษ
ε คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (กรัมต่อกิโลเมตร)

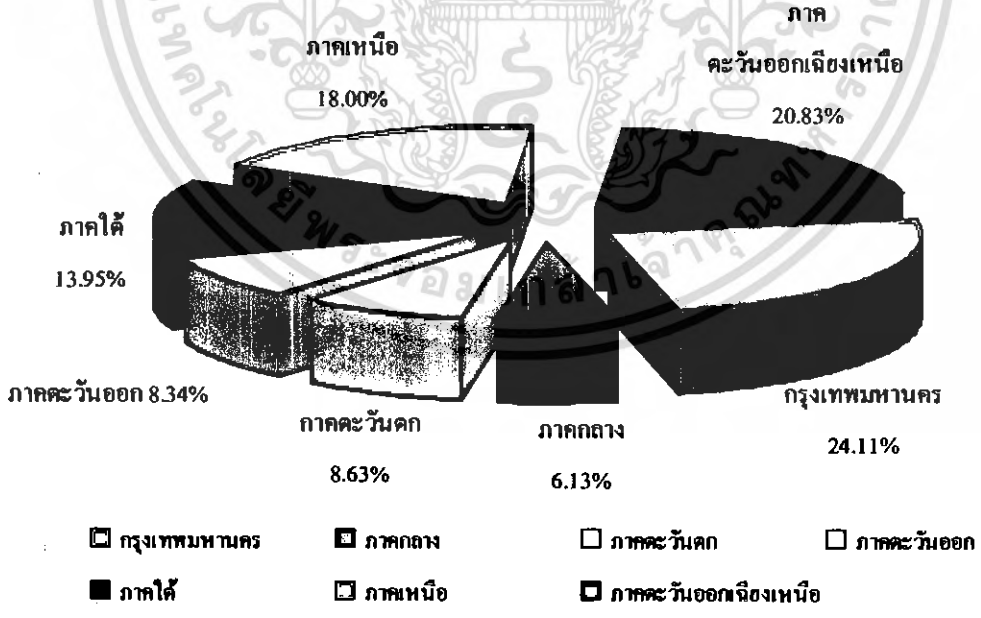
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ ที่ประเมินได้จากกิจกรรมการขนส่งทางถนน

ในส่วนนี้เป็นการอธิบายผลการประเมินในส่วนของสัดส่วนและแนวโน้มของปริมาณรถยนต์ในประเทศไทยที่เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งผลต่อการปลดปล่อยสารมลพิษ ต่อจากนั้นอธิบายถึงผลการประเมินปริมาณสารมลพิษในประเทศไทยที่ได้จากวิธีการประเมินทั้งในแบบละเอียดและแบบคร่าว พร้อมกับมีการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถืออื่นๆ

4.1 ปริมาณและสัดส่วนของยานพาหนะในประเทศไทยปีพ.ศ. 2548

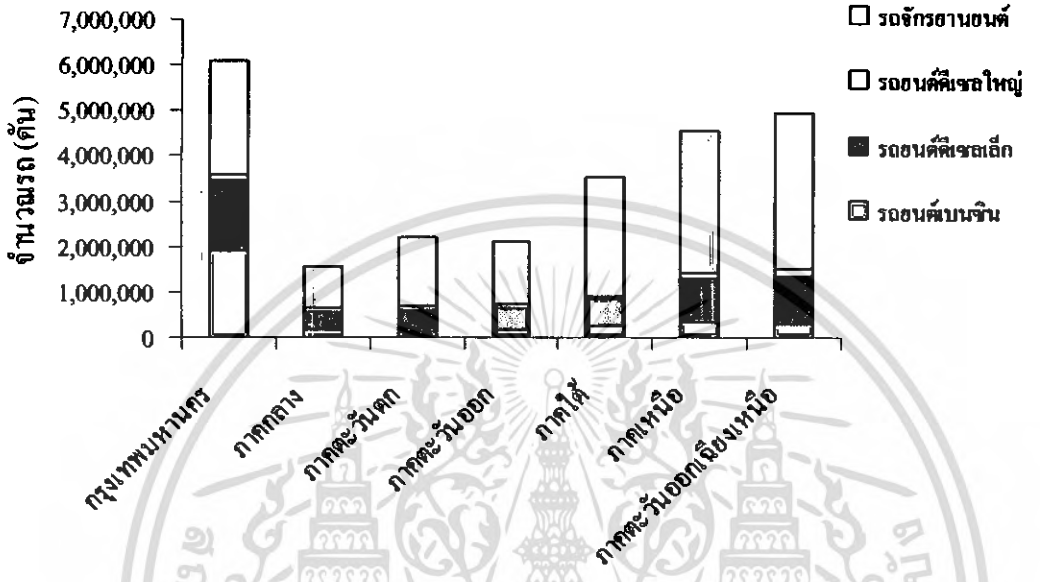
จากข้อมูลการจดทะเบียนยานพาหนะของกรมการขนส่งทางบกเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2548 พบว่ามีรถยนต์ในประเทศไทยทั้งหมด 25,266,294 คัน ซึ่งเมื่อมีการจำแนกออกเป็นตามภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร ตามประเภทของรถยนต์พบว่ามีจำนวนรถยนต์ในกรุงเทพมหานครในปริมาณที่มากที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 24.11% หรือ 1 ใน 4 ของปริมาณรถยนต์ทั้งหมดในประเทศไทย รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และ ภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ที่แสดงปริมาณสัดส่วนของรถยนต์ในประเทศในแต่ละภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.1 ปริมาณรถยนต์ทั่วประเทศโดยจำแนกตามภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพิจารณาตามประเภทของรถยนต์พบว่าสัดส่วนของรถจักรยานยนต์มีสูงที่สุด และรองลงมาคือรถยนต์ดีเซลเล็กในแทบทุกภูมิภาค ยกเว้นในกรุงเทพมหานครที่มีสัดส่วนรถยนต์แตกต่างออกไปคือมีปริมาณรถจักรยานยนต์สูงสุดและรองลงมาคือรถยนต์เบนซินและรถยนต์ดีเซลเล็ก ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาณรถยนต์จำแจกตามประเภทของรถยนต์ในภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร

ดังนั้นเมื่อพิจารณาในด้านปริมาณสัดส่วนของรถยนต์ในแต่ละภูมิภาคและกรุงเทพมหานครจำแนกตามประเภทของรถยนต์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากกิจกรรมการขนส่งทางถนน จะเห็นได้ว่ารถจักรยานยนต์จะต้องมีการควบคุมมลพิษจากทั่วประเทศเป็นอันดับแรกเนื่องจากมีปริมาณมากที่สุด แต่ในกรุงเทพมหานครจะต้องจัดการและควบคุมในส่วนของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ควบคู่กันไปด้วย

4.2 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษจากการประเมินแบบละเอียดโดยจำแนกในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศไทยและประเภทของรถยนต์

ผลประเมินปริมาณสารมลพิษแบบละเอียด 5 ประเภท ในแต่ละจังหวัด 75 จังหวัดและกรุงเทพมหานคร โดยการประเมินจากข้อมูลทางด้านระยะทางที่รถยนต์เดินทาง ดังที่ผลในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)				
ภาค	จังหวัด	NO_x	SO_x	CO	PM	HC
	กรุงเทพมหานคร	1,342,208	36,457	864,282	69,620	392,319
กลาง	ชัยนาท	43,692	947	21,895	1,266	9,156
	นนทบุรี	87,490	2,022	44,304	3,204	16,148
	ปทุมธานี	96,505	2,044	44,926	2,426	15,064
	ลพบุรี	148,520	3,177	73,421	3,916	29,691
	สมุทรปราการ	129,910	2,627	58,155	2,293	17,977
	สระบุรี	153,385	3,288	75,747	4,141	30,619
	สิงห์บุรี	36,601	829	19,837	1,319	9,612
	อยุธยา	93,934	2,120	49,657	3,303	22,606
	อ่างทอง	41,360	947	22,185	1,600	10,508
ตะวันตก	กาญจนบุรี	108,327	2,401	55,961	3,553	24,807
	นครปฐม	192,700	4,133	93,666	5,368	36,612
	ประจวบคีรีขันธ์	76,668	1,706	40,447	2,608	19,035
	เพชรบุรี	121,517	2,764	65,426	4,534	31,373
	ราชบุรี	121,517	2,764	65,426	4,534	31,373
	สมุทรสงคราม	23,963	539	12,517	879	5,740
	สมุทรสาคร	68,024	1,443	34,808	1,723	15,847
	สุพรรณบุรี	165,108	3,535	82,106	4,520	34,396
ตะวันออก	จันทบุรี	78,042	1,870	42,995	3,774	21,084
	ฉะเชิงเทรา	106,958	2,346	53,891	3,380	22,817
	ชลบุรี	269,800	6,100	143,359	9,367	65,101
	ตราด	24,903	581	13,686	1,066	6,818
	นครนายก	26,813	632	15,091	1,160	7,651
	ปราจีนบุรี	61,095	1,377	32,150	2,210	14,783
	ระยอง	130,510	2,968	69,229	4,821	31,732
	สระแก้ว	64,244	1,372	31,768	1,761	13,235
ใต้	กระบี่	40,841	978	23,978	1,912	13,271
	ชุมพร	52,567	1,256	30,162	2,497	16,205
	ตรัง	54,834	1,332	34,931	2,565	21,502
	นครศรีธรรมราช	96,527	2,319	57,260	4,514	31,971
	นราธิวาส	26,819	671	19,154	1,341	13,424
	ปัตตานี	35,689	889	21,856	1,898	12,504

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)				
ภาค	จังหวัด	NO_x	SO_x	CO	PM	HC
ใต้ (ต่อ)	พังงา	24,433	559	13,730	923	7,173
	พัทลุง	39,830	945	23,777	1,760	13,542
	ภูเก็ต	61,571	1,498	37,635	2,644	20,339
	ยะลา	35,629	895	23,930	1,841	15,406
	ระนอง	21,564	487	11,298	790	5,134
	สงขลา	154,567	3,633	86,997	6,298	43,061
	สตูล	16,918	405	10,809	749	6,782
	สุราษฎร์ธานี	105,729	2,521	61,078	4,841	32,682
เหนือ	กำแพงเพชร	103,861	2,231	52,253	2,898	22,539
	เชียงราย	107,621	2,611	62,974	5,252	33,975
	เชียงใหม่	181,655	4,593	109,595	9,628	57,504
	ตาก	36,264	855	20,968	1,583	11,353
	นครสวรรค์	185,518	3,994	93,365	5,139	39,723
	น่าน	40,453	939	22,658	1,656	11,674
	พะเยา	43,659	1,061	25,808	2,154	14,221
	พิจิตร	68,616	1,557	37,657	2,556	19,048
	พิษณุโลก	104,116	2,416	56,623	4,196	26,919
	เพชรบูรณ์	122,966	2,714	63,060	4,089	28,137
	แพร่	57,106	1,346	31,624	2,516	15,663
	แม่ฮองสอน	6,835	161	4,140	298	2,444
	ลำปาง	83,823	2,067	49,246	4,283	26,078
	ลำพูน	46,524	1,137	26,323	2,400	13,347
	สุโขทัย	68,778	1,513	35,758	2,190	16,360
	อุตรดิตถ์	52,918	1,245	29,624	2,325	15,125
	อุทัยธานี	46,124	1,029	24,534	1,567	11,666
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	69,479	1,576	36,449	2,660	16,822
	ขอนแก่น	184,343	4,196	97,303	6,812	43,901
	ชัยภูมิ	103,295	2,235	52,056	3,067	22,602
	นครพนม	31,838	746	18,679	1,337	10,428
	นครราชสีมา	350,129	7,702	177,937	11,116	76,406
	บุรีรัมย์	99,270	2,180	52,849	3,100	25,616
	มหาสารคาม	69,849	1,606	36,995	2,840	17,225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)				
ภาค	จังหวัด	NO_x	SO_x	CO	PM	HC
ตะวันออกเฉียงเหนือ (ต่อ)	มุกดาหาร	24,237	551	13,420	897	6,852
	ยโสธร	50,556	1,166	27,223	2,079	13,162
	ร้อยเอ็ด	89,280	2,023	47,668	3,340	22,758
	เลย	63,453	1,427	32,898	2,332	14,871
	ศรีสะเกษ	82,427	1,801	43,310	2,513	20,475
	สกลนคร	65,709	1,490	36,542	2,389	18,835
	สุรินทร์	92,510	2,002	48,542	2,619	22,901
	หนองคาย	53,831	1,208	29,246	1,865	14,450
	หนองบัวลำภู	31,249	686	16,138	1,009	7,391
	อำนาจเจริญ	26,021	582	14,028	903	6,918
	อุดรธานี	148,583	3,292	76,690	4,853	33,889
	อุบลราชธานี	129,430	2,924	69,801	4,613	33,559
รวม		7,703,635	180,238	4,257,511	297,993	1,983,942

จากตารางจะเห็นได้ว่าปริมาณของสารมลพิษที่มีจำนวนมากที่สุดคือแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าประมาณ 8 ล้านตัน รองลงมาคือแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณ 4 ล้านตันต่อปี สารไฮโดรคาร์บอนประมาณ 2 ล้านตัน ฝุ่นละอองประมาณ 3 แสนตัน และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 2 แสนตันตามลำดับ โดยจะเห็นว่ากรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ที่ปลดปล่อยสารมลพิษสูงเป็นพื้นที่อันดับแรกๆ ของประเทศโดยเฉพาะแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีปริมาณปลดปล่อยออกมามากถึง 1.4 ล้านตัน และเมื่อพิจารณาในแหล่งพื้นที่ในภูมิภาคอื่นๆ ที่มีการปลดปล่อยสารออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนคาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นละออง ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันและมีปริมาณสูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณเฉลี่ยโดยทั่วไปในจังหวัดอื่นๆ ในภูมิภาคเดียวกันคือ จังหวัดชลบุรีในภาคตะวันออก จังหวัดนครราชสีมาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีภาคเหนือ ที่มีปริมาณปลดปล่อยสารมลพิษทุกประเภทสูงกว่าแทบทุกจังหวัดปลดปล่อยโดยประมาณ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจนสูงประมาณ 3 แสนตัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 7 พันตัน และคาร์บอนมอนอกไซด์ 1 แสนตัน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษจำแนกตามประเภทของรถยนต์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดจากรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ที่มีปริมาณสูงถึง 5 พันตัน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 65% ของปริมาณสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยทั้งหมดรองลงมาคือรถยนต์ดีเซลเล็ก และยังมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลดปล่อยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดจากรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ คิดเป็นสัดส่วนจาก 52% ของปริมาณการปลดปล่อยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด และ 49% ของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทั้งหมด ตามลำดับ รองลงมาคือรถยนต์ดีเซลเล็ก แต่ในการปลดปล่อยของฝุ่นละอองและไฮโดรคาร์บอนมีสัดแนวโน้มที่แตกต่างกันออกไปคือสัดส่วนการปลดปล่อยของฝุ่นละอองสูงสุดจากรถยนต์ประเภทรถยนต์ดีเซลเล็ก และมีสูงถึง 85% ของปริมาณการปลดปล่อยของฝุ่นละอองทั้งหมด และในส่วนของสารไฮโดรคาร์บอนมีสัดส่วนการปลดปล่อยสูงสุดจากรถจักรยานยนต์คิดเป็น 38% รองลงมาคือจากรถยนต์ดีเซลเล็กคิดเป็นสัดส่วน 31%

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยในปี พ.ศ.2548

ประเภทรถยนต์	ปริมาณสารมลพิษ (พันตัน)				
	NO_x	SO_x	CO	PM	HC
รถยนต์เบนซิน	72.29	9.01	284.44	0.25	76.00
รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	2,639.57	74.13	1,379.34	252.17	623.46
รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	4,987.33	93.52	2,081.76	32.49	538.35
รถจักรยานยนต์	4.45	3.58	511.96	13.09	746.13
รวมทั้งหมด	7,703.63	180.24	4,257.51	297.99	1,983.94

จากผลการประเมินผลในด้านการปลดปล่อยจากประเภทต่างๆ ของรถยนต์จะเห็นได้ว่าสารมลพิษ 3 ประเภทคือ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มในสัดส่วนการปลดปล่อยคล้ายคลึงกัน นั่นคือมาจากรถยนต์ที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นเมื่อพิจารณาประเภทของรถยนต์ เพื่อเป็นปัจจัยในการนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากการขนส่งทางถนนจึงควรพิจารณาถึงรถยนต์ดีเซลเป็นหลัก แต่ในส่วนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองควรพิจารณาจากแหล่งกำเนิดจากรถยนต์ดีเซลเล็กเป็นหลัก เนื่องมาจากจะเห็นได้ว่าสัดส่วนหลักที่เป็นสาเหตุของการปลดปล่อยฝุ่นละอองนั้นมาจากเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก และในส่วนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสารไฮโดรคาร์บอนนั้นควรพิจารณาสาเหตุที่เป็นมาจากแหล่งกำเนิดจากและมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ รถจักรยานยนต์และรถยนต์ดีเซลเล็ก

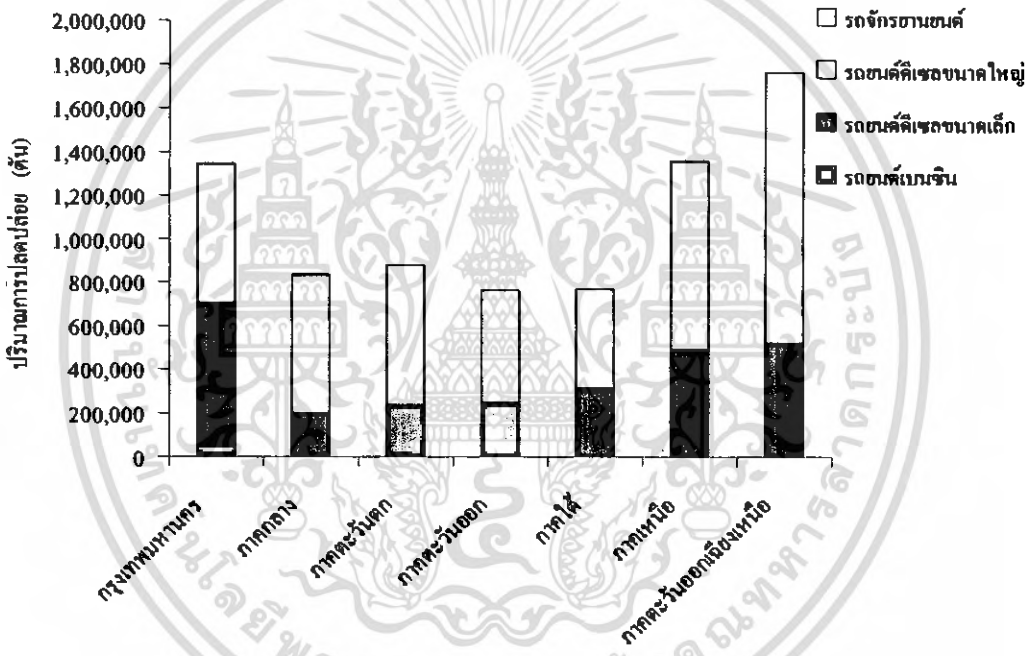
4.2.1 ลักษณะของการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลจากการศึกษาการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนจำแนกจามภูมิภาคและประเภทของรถยนต์สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สุดถึงแม้ว่าจะมีปริมาณรถยนต์น้อยกว่ากรุงเทพมหานคร รองลงมาคือภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกรุงเทพมหานคร นอกจากนั้นภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกมีจำนวนรถยนต์น้อยกว่าภาคใต้แต่ในทางกลับกันพบว่ามีปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนในระดับที่ใกล้เคียงกัน

ซึ่งพบว่าข้อมูลดังกล่าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ ภูมิภาคใดที่มีรถยนต์ประเภทนี้มากก็จะมีปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนถูกปลดปล่อยออกมามากเช่นกัน แม้ว่าปริมาณของรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่จะเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับรถยนต์ทั้งหมด จากตารางที่ 3.1 พบว่าค่าปัจจัยการปลดปล่อยของออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าสูงมากที่สุดของสารมลพิษทุกตัว โดยเฉพาะค่าการปัจจัยการปลดปล่อยของรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ดังนั้นจึงทำให้ภูมิภาคที่มีรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนออกมามากกว่าแม้ว่าจะมีจำนวนรถรวมที่น้อยกว่าก็ตาม



รูปที่ 4.3 สัดส่วนของไนโตรเจนออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร

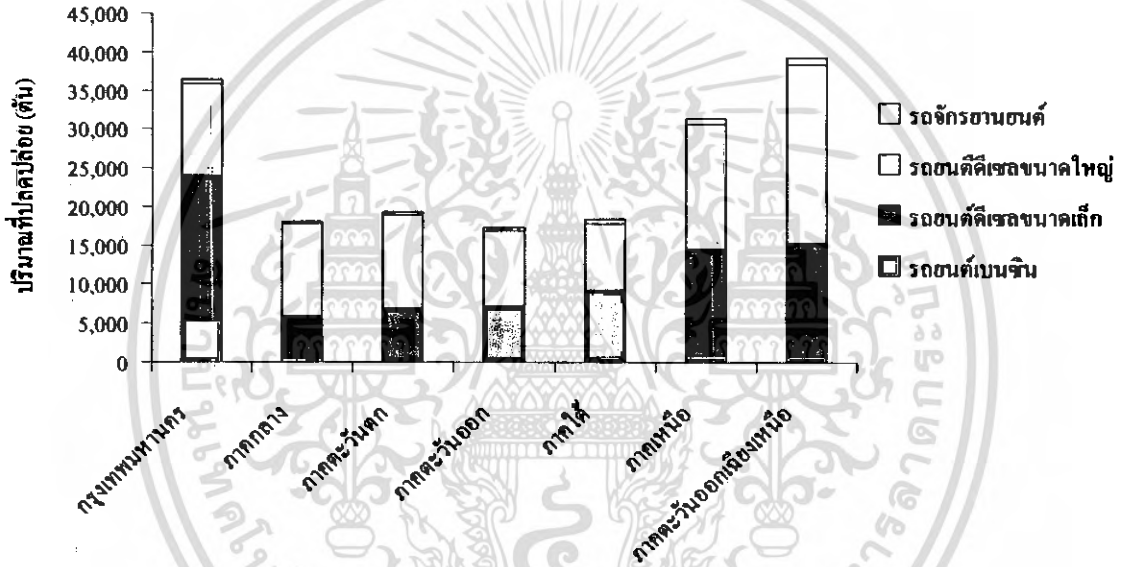
นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมา มาจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มากที่สุด และรองลงมาเป็นรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก เนื่องมาจากเครื่องยนต์ในรถยนต์ดีเซล มีสภาวะการทำงานในการเผาไหม้ในจังหวะระเบิดที่มีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 2,000 °ซ ซึ่งโดยปกติแล้วปฏิกิริยารวมตัวกันของไนโตรเจนและออกซิเจนสามารถเกิดขึ้นได้ในภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 °ซ ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลมีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนออกมาในปริมาณมาก แตกต่างจากสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน ที่มีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ต่ำกว่าจึงมีการปลดปล่อยออกมาในปริมาณที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านความเร็วที่มีผลต่อปริมาณการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลดปล่อยของสารออกไซด์ของไนโตรเจน [15] กล่าวคือเมื่อความเร็วรถยนต์อยู่ในช่วงความเร็วประมาณ 30-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะมีการปลดปล่อยของสารออกไซด์ของไนโตรเจนได้สูงสุด จึงเป็นสาเหตุที่สอดคล้องกับผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อยในกรุงเทพมหานครที่การจราจรติดขัดและรถยนต์มีการขับขี่ด้วยความเร็วต่ำ

4.2.2 ลักษณะของการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปกติในน้ำมันปิโตรเลียมจะมีองค์ประกอบของกำมะถันปะปนอยู่จึงทำให้น้ำมันสำเร็จรูปที่ใช้มีเมื่อเกิดการเผาไหม้ของน้ำมัน กำมะถันที่มีอยู่เหล่านั้นจะรวมตัวกันเป็นออกไซด์ของกำมะถันแล้วถูกปลดปล่อยออกมากับไอเสียของรถยนต์แยกตามประเภทรถยนต์และภูมิภาคที่ได้จากโครงการนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 จากรูปแสดงให้เห็นว่ารถยนต์ดีเซลเป็นแหล่งมลพิษหลัก



รูปที่ 4.4 สัดส่วนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร

เนื่องมาจากน้ำมันดีเซลมีปริมาณของกำมะถันมากกว่าน้ำมันเบนซิน จึงส่งผลให้การเกิดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากรถยนต์ดีเซลมากกว่ารถยนต์เบนซิน และแนวโน้มของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวโน้มของออกไซด์ของไนโตรเจน กล่าวคือปริมาณที่ถูกปลดปล่อยโดยรวมมาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุดและมากกว่ากรุงเทพมหานครที่มีจำนวนรถยนต์มากที่สุดและนอกจากนี้ยังมาจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มากกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดเล็กทั้งที่มีปริมาณที่น้อยกว่า แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในกรุงเทพมหานครสัดส่วนการปลดปล่อยออกไซด์ของกำมะถันต่างจากภูมิภาคอื่นๆ คือมาจากรถยนต์ประเภทดีเซลเล็กมากกว่ารถยนต์ประเภทดีเซลขนาดใหญ่ ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อพิจารณาสัดส่วนของรถในรูปที่ 4.1 พบว่าจำนวนของรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กในกรุงเทพมหานครนั้นมีจำนวนมากที่สุดในประเทศ และสูงกว่ารถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่มาก และ

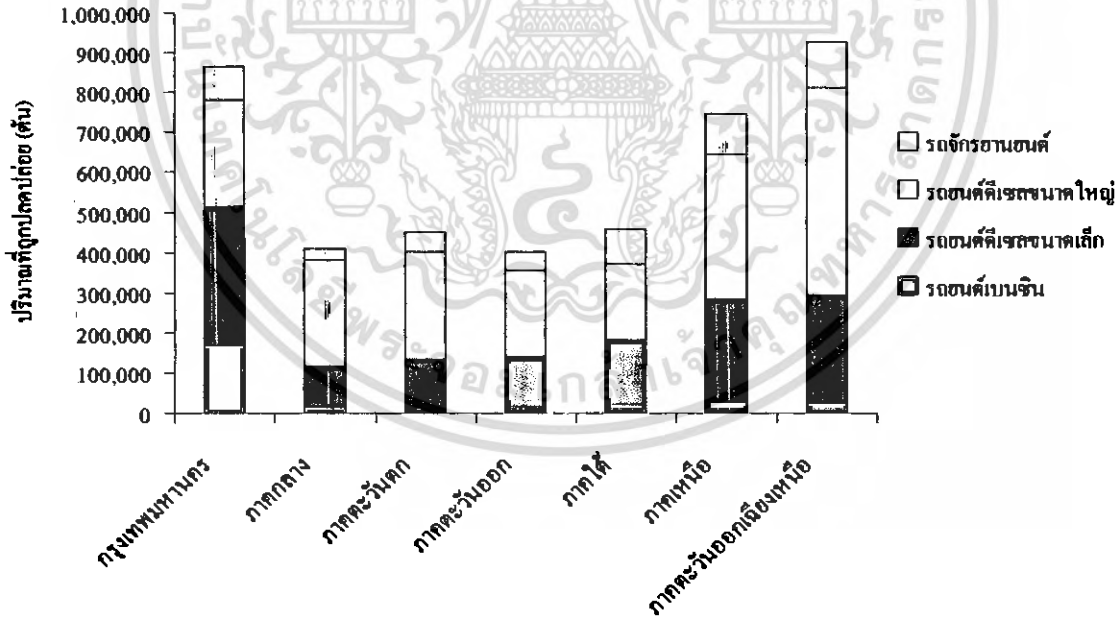
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับปริมาณที่ปลดปล่อยมากสุดจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะปริมาณของรถยนต์จดทะเบียนในประเภทรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มีจำนวนมากที่สุด

4.2.3 ลักษณะของการปลดปล่อยสารคาร์บอนมอนอกไซด์

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นมาเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ คืออัตราส่วนระหว่างอากาศต่อน้ำมันต่ำ ซึ่งในรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่ต้องการใช้แรงขับเคลื่อนสูง สภาวะการทำงานในห้องเผาไหม้จะถูกป้อนเชื้อเพลิงจำนวนมาก แต่ปริมาณของแก๊สออกซิเจนไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสาเหตุนี้จึงทำให้รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.5 แสดงปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละภูมิภาคและกรุงเทพมหานครจำแนกตามประเภทรถยนต์

แต่แนวโน้มในเขตกรุงเทพมหานครแตกต่างจากพื้นที่ภูมิภาคอื่นๆทั้งนี้เนื่องมาจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กมีขนาดมากกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ถึงประมาณ 13 เท่าจึงทำให้สัดส่วนที่ปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แตกต่างจากภูมิภาคอื่นๆ คือมีสัดส่วนการปลดปล่อยจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ดังนั้นในส่วนเป็นเป็นสาเหตุหลักที่ต้องพิจารณาในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์คือ รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่



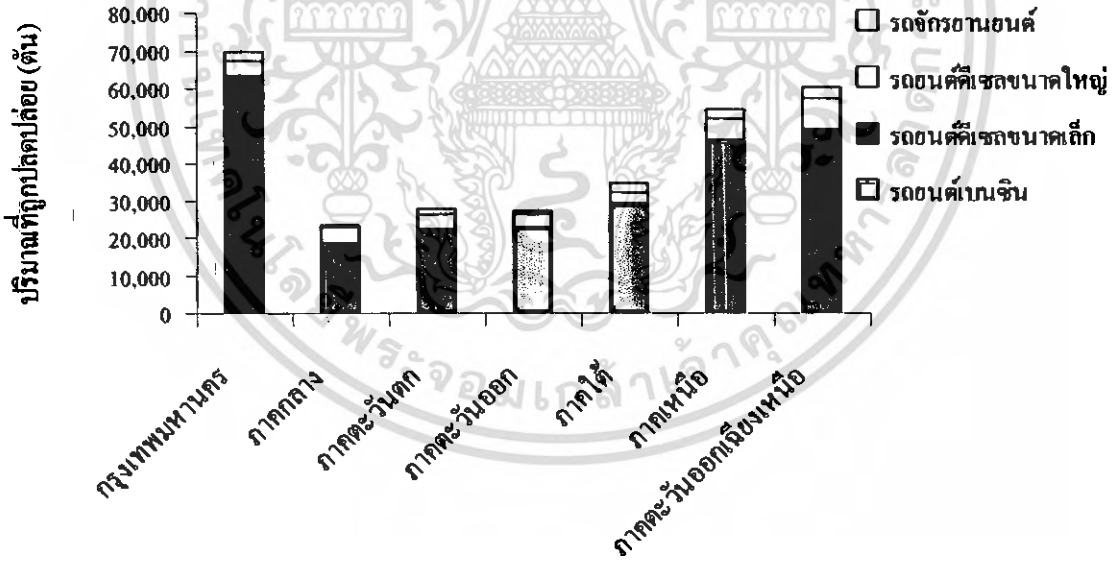
รูปที่ 4.5 สัดส่วนของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ลักษณะของการปลดปล่อยอนุภาคฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่กำเนิดมาจากรถยนต์เป็นสารมลพิษที่เกิดมาจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งการปลดปล่อยของฝุ่นละอองในแต่ละภูมิภาคและกรุงเทพมหานครสามารถแสดงผลการประเมินได้ดังแสดงรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าอนุภาคฝุ่นละอองถูกปลดปล่อยออกมาจากรถยนต์ประเภทดีเซลขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าปัจจัยการปลดปล่อย (Emission Factor) ของรถยนต์ดีเซลเล็ก มีค่าสูงสุด กล่าวคือสูงกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ 2 เท่า และมากกว่ารถยนต์เบนซินประมาณ 80 เท่า ซึ่งส่งผลให้รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กแสดงผลการปลดปล่อยออกมามากที่สุด

แนวโน้มที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.6 พบว่ามีความแตกต่างจากแนวโน้มของการปลดปล่อยสารมลพิษชนิดอื่นๆ กล่าวคือแนวโน้มของสัดส่วนของปริมาณฝุ่นละอองที่ปลดปล่อยออกมาสูงสุดจากรถยนต์ประแภทดีเซลขนาดเล็ก ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงปริมาณรถยนต์ในกรุงเทพมหานครที่มีสัดส่วนของรถยนต์ดีเซลเล็กสูงสุด จึงทำให้ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยฝุ่นละอองของรถยนต์ดีเซลเล็กในกรุงเทพมหานครมากกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยที่สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นละอองที่เกิดจากการขนส่งทางถนนในประเทศไทยได้ว่าสาเหตุที่ต้องพิจารณาอันดับแรกคือรถยนต์ประเภทดีเซลขนาดเล็ก



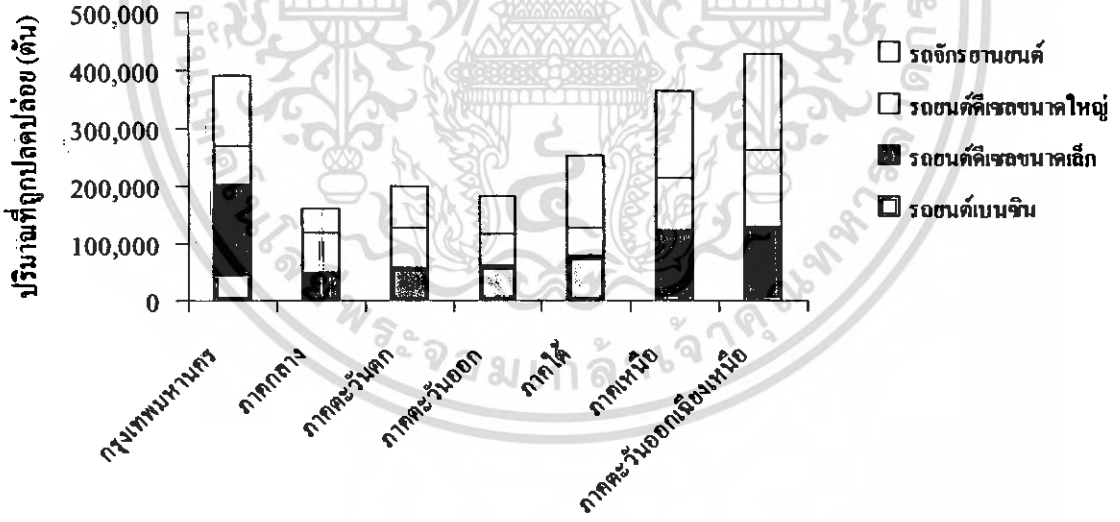
รูปที่ 4.6 สัดส่วนของฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ลักษณะของการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอน

ปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมการขนส่งทางถนนในประเทศไทยตามแต่ละภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร สามารถแสดงได้ดังรูป 4.7 กล่าวคือประเภทของรถยนต์ที่ปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากที่สุดคือรถจักรยานยนต์ รองลงมาคือรถยนต์ดีเซลทั้งนี้เนื่องมาจากรถจักรยานยนต์ชนิด 2 จังหวะ ซึ่งมีระบบการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้มีการปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกมาในจำนวนมาก เพราะฐานข้อมูลของค่าปัจจัยการปลดปล่อยมีที่มาจากปี พ.ศ. 2541 ซึ่งในช่วงเวลานั้นความนิยมในการใช้รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีสูง ต่อมารัฐบาลเล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าวคือรถยานยนต์สองจังหวะมีการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนออกมาปริมาณมาก จึงกำหนดให้มีการยกเลิกการผลิตรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะแล้วส่งเสริมให้ใช้รถจักรยานยนต์สี่จังหวะแทนเนื่องจากมีการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่า

แต่ทั้งนี้ก็มิใช่ว่ารถจักรยานยนต์สองจังหวะจะถูกห้ามใช้เป็นเพียงแค่การห้ามผลิตเท่านั้นดังนั้นประชานชนที่มีรถจักรยานยนต์สองจังหวะอยู่แล้วก็ยังคงใช้งานต่อไป จึงทำให้ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่มาจากรถจักรยานยนต์ยังมีปริมาณที่สูงที่สุดอยู่ ดังนั้นรถจักรยานยนต์เป็นสาเหตุสำคัญในการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอน ทำให้มีแนวโน้มแตกต่างไปจากแนวโน้มการปลดปล่อยสารมลพิษประเภทอื่นๆ



รูปที่ 4.7 สัดส่วนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์และพื้นที่แหล่งกำเนิดแต่ละภูมิภาครวมทั้งกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษจากการประเมินแบบคร่าวจำแนกในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศไทยและประเภทของรถยนต์

ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษแบบคร่าว โดยการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์แต่ละประเภท และปริมาณการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งทางถนน สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษได้ 2 ประเภทคือ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยพิจารณาแยกเป็นรายจังหวัดที่ปลดปล่อยสารมลพิษเหล่านี้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)	
ภาค	จังหวัด	NO_x	CO
	กรุงเทพมหานคร	201,359	488,752
กลาง	ชัยนาท	4,107	10,537
	นนทบุรี	9,963	15,920
	ปทุมธานี	8,230	12,614
	ลพบุรี	13,044	33,051
	สมุทรปราการ	8,729	12,813
	สระบุรี	13,696	33,978
	สิงห์บุรี	4,053	12,746
	อยุธยา	10,229	28,402
	อ่างทอง	4,844	13,582
ตะวันตก	กาญจนบุรี	10,943	27,759
	นครปฐม	10,718	26,455
	ประจวบคีรีขันธ์	29,139	81,987
	เพชรบุรี	3,156	9,147
	ราชบุรี	3,434	10,488
	สมุทรสงคราม	6,785	18,610
	สมุทรสาคร	14,764	39,988
	สุพรรณบุรี	5,781	15,094
ตะวันออก	จันทบุรี	8,058	21,094
	ฉะเชิงเทรา	20,876	54,528
	ชลบุรี	9,850	26,900
	ตราด	3,963	15,327
	นครนายก	35,219	90,168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)	
ภาค	จังหวัด	NO_x	CO
ตะวันออก (ต่อ)	ปราจีนบุรี	9,813	33,971
	ระยอง	8,502	21,750
	สระแก้ว	2,734	9,457
ใต้	กระบี่	6,203	17,195
	ชุมพร	10,164	29,570
	ตรัง	7,126	18,295
	นครศรีธรรมราช	8,006	26,570
	นราธิวาส	7,304	26,214
	ปัตตานี	8,506	29,790
	พังงา	5,771	19,468
	พัทลุง	3,170	9,251
	ภูเก็ต	2,789	9,271
	ยะลา	15,271	41,258
	ระนอง	14,209	44,200
	สงขลา	9,466	26,776
	สตูล	15,195	48,583
	สุราษฎร์ธานี	27,683	81,648
เหนือ	กำแพงเพชร	4,664	16,305
	เชียงราย	16,853	46,695
	เชียงใหม่	4,945	16,174
	ตาก	6,213	20,621
	นครสวรรค์	7,771	26,027
	น่าน	12,619	35,039
	พะเยา	12,776	34,313
	พิจิตร	7,421	20,975
	พิษณุโลก	874	3,717
	เพชรบูรณ์	12,326	36,873
	แพร่	6,886	18,081
	แม่ฮองสอน	6,915	20,569
	ลำปาง	6,851	20,736
	ลำพูน	4,872	15,191
	สุโขทัย	11,167	30,282

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารมลพิษจำแนกตามรายจังหวัดทั่วประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

แหล่งกำเนิด		ประเภทสารมลพิษ (ตันต่อปี)	
ภาค	จังหวัด	NO_x	CO
เหนือ (ต่อ)	อุตรดิตถ์	17,600	38,665
	อุทัยธานี	8,103	24,501
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	13,822	41,080
	ขอนแก่น	13,822	41,080
	ชัยภูมิ	2,687	7,171
	นครพนม	5,767	19,956
	นครราชสีมา	14,855	39,591
	บุรีรัมย์	5,558	19,301
	มหาสารคาม	7,239	22,971
	มุกดาหาร	7,447	33,688
	ยโสธร	13,133	46,888
	ร้อยเอ็ด	3,834	22,559
	เลย	5,410	18,613
	ศรีสะเกษ	2,799	10,081
	สกลนคร	5,166	20,162
	สุรินทร์	7,896	29,891
	หนองคาย	5,262	24,791
	หนองบัวลำภู	2,419	6,386
	อำนาจเจริญ	18,933	58,473
	อุดรธานี	2,191	10,738
	อุบลราชธานี	14,152	46,492
รวม		904,102	2,537,885

จากผลการประเมินปริมาณสารมลพิษโดยใช้วิธีการประเมินแบบคร่าวในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ สามารถประเมินปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมารวมทั้งหมดได้ 9 แสนตัน และปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมารวมประมาณกว่า 2 ล้านตัน และเมื่อพิจารณาในแต่ละจังหวัดจะเห็นได้ว่าปริมาณของสารมลพิษที่ประเมินจากวิธีแบบคร่าวนั้นยังคงมีแนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษทั้ง 2 ประเภทจำนวนมากที่แหล่งกำเนิดจากกรุงเทพมหานครคือในปริมาณประมาณ 2 แสนตันและ 5 แสนตัน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาในรายจังหวัด ในแต่ละภูมิภาคจะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษที่แตกต่างกับวิธีการประเมินแบบละเอียดอย่างมาก เช่น ในจังหวัดที่มีการปลดปล่อยสารมลพิษสูงกว่าจังหวัดอื่นๆ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูมิภาคเดียวกัน คือ จังหวัดชลบุรี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดเชียงใหม่ ยังคงเป็นจังหวัดที่มีการปลดปล่อยสารมลพิษสูงกว่าจังหวัดอื่นในภูมิภาคเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันตรงที่ปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษที่ประเมินนั้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการประเมินแบบละเอียด เช่น ในจังหวัดนครราชสีมามีปริมาณการปลดปล่อยสารออกไซด์ของไนโตรเจนกว่า 3 ตัน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนเพียง 10% ของปริมาณสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ประเมินได้จากการประเมินแบบละเอียด และเมื่อพิจารณาด้านปริมาณสารมลพิษจากการประเมินแบบคร่าวโดยจำแนกตามประเภทของรถยนต์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารมลพิษที่ประเมินได้จากการประเมินแบบคร่าว

ประเภทรถยนต์	ปริมาณสารมลพิษ (ตัน)	
	CO	NO_x
รถยนต์เบนซิน	134,602	16,152
รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	662,174	662,174
รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	210,613	200,267
รถจักรยานยนต์	1,530,495	25,508
รวมทั้งหมด	2,537,885	904,102

จะเห็นได้ว่าปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยมาจากรถยนต์แต่ละประเภทนั้นมีแนวโน้มที่แตกต่างจากการประเมินแบบละเอียด โดยสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ประเมินได้จากการประเมินแบบละเอียดมีประมาณ 8 ล้านตัน แต่ผลการประเมินแบบคร่าวประเมินได้เพียง 9 แสนตันและในส่วนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ประเมินได้จากการประเมินแบบละเอียดมีประมาณ 4 ล้านตันแต่ผลการประเมินแบบคร่าวประเมินได้เพียง 2 แสนตัน กล่าวคือปริมาณสารมลพิษทุกประเภทที่ประเมินได้นั้นมีปริมาณต่ำกว่าการประเมินแบบละเอียด โดยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีการประเมินแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีสัดส่วนที่ถูกปลดปล่อยมาจากรถจักรยานยนต์เป็นหลัก แตกต่างออกไปจากการประเมินแบบละเอียดที่มีสัดส่วนปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ และในส่วนของปริมาณการปลดปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีสัดส่วนการปลดปล่อยสูงสุดจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ซึ่งแตกต่างกับการประเมินแบบละเอียดที่มีสัดส่วนการปลดปล่อยสูงสุดจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 อภิปรายผลการประเมินงานวิจัย

จากแนวโน้มของปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาและได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.2 และ 4.3 พบว่าปริมาณของสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาในภาพรวมนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของรถยนต์ที่มีการใช้งานดังที่กรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณรถยนต์มากเป็นอันดับหนึ่งและอันดับสองของประเทศจึงทำให้ปริมาณมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมามากกว่าในส่วนของภูมิภาคอื่นๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความแตกต่างของการประเมินนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่ได้จัดทำการประเมินปริมาณมลพิษจากกิจกรรมขนส่งทางถนนในแนวทางการประเมินที่ใกล้เคียงกัน จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลการประเมินในการวิจัยในครั้งนี้แตกต่างกับในบางแหล่งข้อมูลมากน้อยเพียงไร โดยข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ ที่ได้นำมาใช้ในการเปรียบเทียบในครั้งนี้ใช้แหล่งข้อมูลจาก 2 แหล่งข้อมูล

ฐานข้อมูลแรกคือ NASA-TRACE-P โดย David Street ที่จัดทำบัญชีการปลดปล่อยของสารมลพิษในประเทศต่างๆ ในแถบทวีปเอเชีย รวมถึงประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2543 เป็นข้อมูลปีฐานในการจัดทำ โดยแสดงข้อมูลในการประเมินอย่างละเอียดไว้ในส่วนของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเมื่อนำค่า VKT มาแทนค่าและประเมินค่าและเปรียบเทียบกับค่าบัญชีการปล่อยปล่อยของผลการวิจัยในครั้งนี้

ฐานข้อมูลที่สองคือจากโปรแกรม VAPIS จัดทำโดย World Bank ได้ประเมินปริมาณสารมลพิษในกรุงเทพมหานครไว้ในปี พ.ศ. 2542 พร้อมกับทำนายปริมาณสารมลพิษที่จะเกิดขึ้นตามแนวโน้มที่ประเมินไว้จนถึงปี พ.ศ. 2568

เมื่อประเมินข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือจากทั้ง 2 แหล่งข้อมูล สามารถเปรียบเทียบผลและความแตกต่างของผลการประเมินจากงานวิจัยในครั้งนี้ได้ดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

โดยค่าความคลาดเคลื่อนนี้เกิดมาจากค่า VKT ที่ประเมินจากฐานข้อมูลจากทั้ง 2 แหล่งข้อมูลมีความแตกต่างกันโดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ใช้ค่า VKT จากฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ [17] ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มีการประเมินในปี พ.ศ. 2546 จึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่าฐานข้อมูลของ NASA-TRACE-P โดย David Street ที่ประเมินไว้ในปี พ.ศ. 2543 เพราะใช้ฐานข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมิน เช่น ปริมาณรถยนต์ในประเทศไทย ที่มีค่าต่ำกว่าข้อมูลที่ทันสมัยจึงอาจจะเกิดความผิดพลาดในการประเมินค่าได้

และในส่วนการเปรียบเทียบผลและความแตกต่างกับแหล่งข้อมูลจากโปรแกรม VAPIS จะเห็นได้ว่าปริมาณของสารมลพิษเกือบทุกประเภทมีค่าต่ำกว่าปริมาณของสารมลพิษที่ได้ประเมินไว้ในการวิจัยนี้ เช่น สารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ประเมินไว้นั้นสูงกว่าถึง 149% แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประเมินไว้สูงกว่า 106% ฝุ่นละอองประเมินไว้สูงกว่า 109% และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเมินไว้สูงกว่า 52% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการประเมินได้ทำไว้ในปี 2542 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศรษฐกิจจึงอาจทำให้การประเมินการใช้พลังงานและการเติบโตของการขนส่งทางถนนต่ำกว่าความเป็นจริง แต่ยกเว้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปริมาณที่ประเมินได้จากงานวิจัยนี้ต่ำกว่าประมาณ 8%

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมการขนส่ง

สารมลพิษ	ปริมาณสารมลพิษจากการประเมินในแต่ละแหล่งข้อมูลแหล่งที่มาของข้อมูล					
	ผลการประเมินทั่วประเทศ	NASA-TRACE-P (David Street) ทั้งประเทศ		ผลการประเมินในเขตกรุงเทพฯ	VAPIS (World Bank) กรุงเทพมหานคร	
		ปริมาณ	ความแตกต่าง		ปริมาณ	ความแตกต่าง
NO_x	7,703,635			1,342,208	198,005	148.58%
SO_x	180,238	-	-	36,457	11,229	105.81%
CO	4,257,511	3,756,999	12.49%	864,282	936,457	-8.02%
PM	297,993	-	-	69,620	20,418	109.29%
HC	1,983,942	-	-	392,319	230,479	51.97%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการประเมินปริมาณสารมลพิษในประเทศไทยในแต่ละจังหวัด

การประเมินปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งทางถนนในประเทศไทย ในการวิเคราะห์จากโครงงานพิเศษฉบับนี้ สามารถสรุปได้ว่าสารมลพิษที่มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดในประเทศไทย จากรถยนต์ทุกประเภทในปี 2548 คือแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งมีปริมาณ 7,703,635 ตัน รองลงมาคือแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4,257,511 ตัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน 1,983,942 ตัน อนุภาคฝุ่นละออง 297,993 ตัน และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 180,238 ตัน

โดยเมื่อวิเคราะห์ถึงแหล่งกำเนิดในพื้นที่ต่างๆ ที่ปลดปล่อยสารมลพิษออกมามากจะพบว่า พื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษสูงที่สุดคือกรุงเทพมหานคร ที่มีปริมาณของสารมลพิษที่มีจำนวนมากที่สุดคือแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน มีปริมาณประมาณ 8 ล้านตัน รองลงมาคือแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณ 4 ล้านตัน สารไฮโดรคาร์บอน 2 ล้านตัน ฝุ่นละอองประมาณ 3 แสนตัน และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 2 แสนตันตามลำดับ รองลงมาคือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกและภาคกลาง ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปริมาณสารมลพิษแต่ละพื้นที่แหล่งกำเนิดในภูมิภาคและกรุงเทพมหานคร

พื้นที่	สารมลพิษ (ตันต่อปี)				
	NO_x	SO_2	CO	PM	HC
กรุงเทพมหานคร	1,342,208	36,457	864,282	69,620	392,319
ภาคกลาง	831,396	18,001	410,126	23,469	161,381
ภาคตะวันตก	877,823	19,284	450,358	27,720	199,184
ภาคตะวันออก	762,365	17,248	402,167	27,539	183,222
ภาคใต้	767,517	18,386	456,594	34,572	252,998
ภาคเหนือ	1,356,839	31,471	746,211	54,728	365,774
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,765,487	39,391	927,773	60,345	429,063
รวม	7,703,635	180,238	4,257,511	297,993	1,983,942

โดยจังหวัดในภูมิภาคเหล่านี้ที่เป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษทุกประเภทมากกว่าจังหวัดอื่นๆ ในเขตภูมิภาคเดียวกัน คือจังหวัดนครราชสีมาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดชลบุรีในภาคตะวันออก และจังหวัดเชียงใหม่ในภาคเหนือ จังหวัดสระบุรีในภาคกลาง จังหวัดสงขลาในภาคใต้ และจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นครปฐมในภาคตะวันตก โดยปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษของจังหวัดเหล่านี้มีค่าประมาณเช่น ออกไซด์ของไนโตรเจนสูงประมาณ 3 แสนตัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 7 พันตัน และคาร์บอนมอนอกไซด์ 1 แสนตัน เป็นต้น

จากข้อสรุปดังกล่าว จึงเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงสาเหตุในลักษณะของพื้นที่แหล่งกำเนิดสารมลพิษที่สำคัญในแต่ละภูมิภาค โดยสามารถระบุถึงพื้นที่ที่เป็นจังหวัดที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดสารมลพิษนำไปสู่ปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการขนส่งทางถนนนั่น เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและแก้ไขได้ต่อไป โดยพื้นที่ที่ต้องได้รับการพิจารณาเป็นอันดับต้นคือในเขตพื้นที่ กรุงเทพมหานคร และในส่วนของภูมิภาคต่างๆ คือในจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสระบุรี จังหวัดชลบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสงขลา และจังหวัดเชียงใหม่ นอกเหนือจากนั้นสารมลพิษที่มีสัดส่วนการปลดปล่อยออกมามากที่สุดคือสารจำพวกแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ที่มีอัตราการปลดปล่อยสูงมาก และคิดเป็นสัดส่วนในการปลดปล่อยมากกว่าครึ่งหนึ่งของสารมลพิษที่ทุกประเภทที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมขนส่งทางถนนในประเทศไทย ดังนั้นสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยจากการขนส่งทางถนนที่ควรพิจารณาเพื่อได้รับการแก้ไขมากที่สุดคือแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน

5.2 สรุปผลการประเมินปริมาณสารมลพิษในประเทศไทยจำแนกตามประเภทของรถยนต์

จากผลการประเมินของปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากรถยนต์แต่ละประเภท สามารถสรุปได้ว่าปริมาณสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดจากรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ที่มีปริมาณสูงถึง 5 พันตัน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 65% ของปริมาณสารออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยทั้งหมดรองลงมาคือรถยนต์ดีเซลเล็ก และยังมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณการปลดปล่อยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดจากรถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ คิดเป็นสัดส่วนจาก 52% ของปริมาณการปลดปล่อยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด และ 49% ของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทั้งหมด ตามลำดับรองลงมาคือรถยนต์ดีเซลเล็ก แต่ในการปลดปล่อยของฝุ่นละอองและไฮโดรคาร์บอนมีสัดแนวโน้มที่แตกต่างกันออกไปคือสัดส่วนการปลดปล่อยของฝุ่นละอองสูงสุดจากรถยนต์ประเภทรถยนต์ดีเซลเล็กและมีสูงถึง 85% ของปริมาณการปลดปล่อยของฝุ่นละอองทั้งหมด และในส่วนของสารไฮโดรคาร์บอนมีสัดส่วนการปลดปล่อยสูงสุดจากรถจักรยานยนต์คิดเป็น 38% รองลงมาคือจากรถยนต์ดีเซลเล็กคิดเป็นสัดส่วน 31%

จากผลการประเมินผลในด้านการปลดปล่อยจากประเภทต่างๆ ของรถยนต์จะเห็นได้ว่าสารมลพิษ 3 ประเภทคือ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มในสัดส่วนการปลดปล่อยคล้ายคลึงกัน นั่นคือมาจากรถยนต์ที่เป็นรถยนต์ดีเซลทั้ง 2 ประเภท ดังนั้นเมื่อพิจารณาประเภทของรถยนต์ เพื่อเป็นปัจจัยในการนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการแก้ไขปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากการขนส่งทางถนนจึงควรพิจารณาถึงรถยนต์ดีเซลทั้ง 2 ประเภทเป็นหลัก โดยแนวทางในการแก้ไขสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การจัดรณรงค์เพื่อให้มีการใช้รถยนต์ขนส่งมวลชนเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปริมาณของรถยนต์ในท้องถนนส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษอีกด้วย

แต่ในส่วนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศที่เกิดมาจากฝุ่นละออง ควรพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของรถยนต์ดีเซลเล็กเป็นหลัก เนื่องมาจากจะเห็นได้ว่าสัดส่วนหลักที่เป็นสาเหตุของการปลดปล่อยฝุ่นละอองนั้นมาจากเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก และในส่วนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสารไฮโดรคาร์บอนนั้นควรพิจารณาสาเหตุที่เป็นมาจากแหล่งกำเนิดจากและมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ รถจักรยานยนต์และรถยนต์ดีเซลเล็ก ซึ่งในปัจจุบันมีสัดส่วนการใช้รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมากขึ้นซึ่งเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบผลการประเมินงานวิจัย

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากการขนส่งทางถนนกับแหล่งข้อมูล 2 แหล่งคือฐานข้อมูล NASA TRACE-P โดย David Street และฐานข้อมูลจากโปรแกรม VAPIS จัดทำโดย World Bank ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของผลการประเมินปริมาณสารมลพิษนั้นมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือ ปริมาณสารมลพิษเกือบทุกประเภทที่ประเมินได้จากการวิจัยในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าฐานข้อมูลทั้ง 2 แหล่งข้อมูล กล่าวคือออกไซด์ของไนโตรเจนที่ประเมินได้นั้นมีค่าสูงกว่าฐานข้อมูลจาก NASA TRACE-P โดย David Street 12% และสูงกว่าฐานข้อมูลจาก 148% เฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร และในส่วนการเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละอองกับฐานข้อมูลของโปรแกรม VAPIS จะเห็นได้ว่ามีปริมาณสูงกว่าผลที่ประเมินได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ประมาณ 110% และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีปริมาณสูงกว่าประมาณ 52% แตกต่างออกไปจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ผลการประเมินจากงานวิจัยในครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากฐานข้อมูลของโปรแกรม VAPIS ประมาณ 8%

ซึ่งผลการประเมินที่แสดงแนวโน้มในการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษในลักษณะนี้ อาจเนื่องมาจากการประเมินได้ทำไว้ในปี 2542 ซึ่งเป็นปีที่ฐานข้อมูลของโปรแกรม VAPIS ได้ใช้ข้อมูลในปีนี้ประเมิน และเป็นช่วงที่เกิดวิกฤตเศรษฐกิจจึงอาจทำให้การประเมินการใช้พลังงานและการเดินโตของการขนส่งทางถนนต่ำกว่าความเป็นจริง

โดยการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยมาจากกิจกรรมขนส่งทางถนนนั้นเป็นการประเมินที่ละเอียดอ่อน กล่าวคือการประเมินค่าเหล่านี้มีปัจจัยที่ใช้ในการประเมินหลายส่วนจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลจากหลายๆ แหล่งข้อมูล จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย การเปรียบเทียบผลการประเมินมลพิษจึงเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายและสามารถแตกต่างกันได้เป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ได้มาซึ่งบัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษที่มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ข้อมูลยังสามารถทำการพัฒนาเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มานั้นมีความทันสมัยมากขึ้น ซึ่งคณะผู้จัดทำจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อให้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการวิจัยในรูปแบบนี้ให้มีความถูกต้องแม่นยำมาขึ้นดังนี้

5.4.1 ทำการศึกษาปรับปรุงค่าปัจจัยการปลดปล่อยให้ทันสมัย เนื่องจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยที่ใช้ในโครงงานพิเศษนี้เป็นค่าที่สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2541 ซึ่งในขณะนี้ซึ่งในปัจจุบันมีองค์กรที่พัฒนาทางด้านการศึกษาค่าปัจจัยการปลดปล่อย ซึ่งสามารถพัฒนาค้นคว้าหาค่าปัจจัยการปลดปล่อยให้มีความถูกต้องแม่นยำในการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยได้มากยิ่งขึ้น

5.4.2 นำข้อมูลจากการประเมินประมาณสารมลพิษที่ได้ร่วมกับข้อมูลสาระสนเทศภูมิศาสตร์ไปสร้างเป็นแบบจำลองการปลดปล่อยแบบเส้นเพื่อให้เห็นความชัดเจนในการทำบัญชีการปลดปล่อยและเป็นประโยชน์ต่อไป

5.4.3 แบ่งรายละเอียดประเภทของการใช้เชื้อเพลิงให้ครอบคลุมถึงเชื้อเพลิงทุกชนิดเนื่องจากในปัจจุบันมีเชื้อเพลิงทางเลือกที่มากขึ้นเช่น NGV และ LPG เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) 2549. **สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย** [Online]. Available : http://www.eppo.go.th.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) 2549. **การจำแนกตามประเภทพลังงาน** [Online]. Available : http://www.dede.go.th

[3] โครงการเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 2549. **ประวัติรถยนต์ในประเทศไทย** [Online]. Available : http:// www.princess-it.org

[4] กรมการขนส่งทางบก 2541-2549. **ปริมาณจำนวนรถยนต์จดทะเบียนในประเทศไทย** [Online]. Available : http:// www.dlt.go.th

[5] Noel de Nevers. **Air Pollution Control Engineering.** International Edition. Singapore :McGraw-Hill, 1995

[6] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 2549. **การทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน** [Online]. Available : http://www.rmutphysics.com

[7] สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2549. **ความสัมพันธ์ระหว่างอาการสนองตอบและระดับคาร์บอกซีฮีโมโกลบินอิ่มตัวในเลือด.** [Online]. Available : http://aqnis.pcd.go.th/basic/pollution_co.htm

[8] Radian. **MEXICO EMISSIONS INVENTORY PROGRAM MANUALS ; VOLUME VI - MOTOR VEHICLE INVENTORY DEVELOPMENT**. Prepared for: Western Governors' Association Denver, Colorado and Binational Advisory Committee by Radian International LLC, Sacramento, California. May 17, 1996

[9] Radian. **Activity data and emission calculations from Ambos Nogales air toxics inventory**. Prepared for the Arizona Department of Environmental Quality by Radian International LLC, Sacramento, California. February 1997.

[10] Japan International Cooperation Agency (JICA), Pollution Control Department of Thailand. February 2003. **The Acid Deposition Control Strategy in The Kingdom of Thailand ; Final report Vol.2.** กรุงเทพฯ.

[11] พฤกษ์ พงศ์พฤกษา. **ฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดสารไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์ของกรุงเทพฯ และปริมณฑล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. มกราคม 2539. **รายงานฉบับสมบูรณ์ ระบบฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและเสียงในประเทศไทย พ.ศ. 2537 เล่มที่ 3/4**. กรุงเทพฯ.

[13] กรมควบคุมมลพิษ. 2543. **รายงานฉบับสมบูรณ์การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล,** กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

[14] Tanatvanit S., Limmeechokchai B. and Chungpaibulpatana S. 2003. **Sustainable energy development strategies : implications of energy demand management and renewable energy in Thailand,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 7, pp.367-395.

[15] David C. Carslawa,_, Sean D. Beevers. 2004. **Development of an urban inventory for road transport emissions of NO2 and comparison with estimates derived from ambient measurements**, Atmospheric Environment, 39, pp.2049–2059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ตารางจำแนกรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ปริมาณรถยนต์ในภาคกลางจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
กรุงเทพมหานคร	1,879,879	1,564,645	125,924	2,539,753
ชัยนาท	7,429	20,530	4,876	61,457
นนทบุรี	45,580	57,386	8,452	43,118
ปทุมธานี	18,966	39,017	11,241	36,010
ลพบุรี	26,050	61,573	17,189	189,927
สมุทรปราการ	16,044	31,324	16,753	33,217
สระบุรี	25,742	65,768	17,592	192,742
สิงห์บุรี	8,293	22,301	3,694	84,092
อยุธยา	24,087	56,183	9,552	173,237
อ่างทอง	9,144	27,816	3,979	84,224
รวม	181,334	381,898	93,329	898,024

ตารางที่ ก.2 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันตกจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
กาญจนบุรี	21,108	59,453	11,437	183,467
นครปฐม	27,841	87,092	21,782	199,307
ประจวบคีรีขันธ์	11,845	43,568	7,991	159,791
เพชรบุรี	25,856	77,713	11,994	263,690
ราชบุรี	25,856	77,713	11,994	263,690
สมุทรสงคราม	3,784	15,145	2,383	43,481
สมุทรสาคร	6,248	25,665	8,078	139,476
สุพรรณบุรี	20,591	71,592	18,897	239,133
รวม	143,129	457,940	94,556	1,492,035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันออกจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
จันทบุรี	19,428	69,073	6,256	161,641
ฉะเชิงเทรา	17,522	56,438	11,474	150,700
ชลบุรี	80,015	158,720	27,602	500,379
ตราด	5,052	18,864	2,238	58,233
นครนายก	7,845	20,483	2,389	67,941
ปราจีนบุรี	12,054	37,878	6,123	113,969
ระยอง	32,953	83,197	12,888	240,658
สระแก้ว	6,673	27,958	7,350	90,362
รวม	181,543	472,610	76,320	1,383,883

ตารางที่ ก.4 ปริมาณรถยนต์ในภาคใต้จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
กระบี่	9,624	33,832	3,447	134,479
ชุมพร	10,502	44,690	4,358	154,068
ตรัง	16,821	43,951	4,724	257,582
นครศรีธรรมราช	25,744	79,638	8,162	329,637
นราธิวาส	9,472	22,311	2,243	184,835
ปัตตานี	12,469	34,380	2,638	128,193
พังงา	4,919	15,541	2,418	71,235
พัทลุง	9,471	30,388	3,557	147,119
ภูเก็ต	36,653	45,667	5,530	207,950
ยะลา	14,676	31,974	2,801	191,063
ระนอง	4,333	13,622	2,142	38,122
สงขลา	58,663	109,844	14,351	375,686
สตูล	4,170	12,535	1,537	84,344
สุราษฎร์ธานี	27,690	85,808	9,051	314,606
รวม	245,207	604,179	66,959	2,618,918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ปริมาณรถยนต์ในภาคเหนือจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
กำแพงเพชร	12,600	45,901	11,823	168,161
เชียงราย	32,522	94,455	8,665	323,553
เชียงใหม่	106,365	177,109	13,146	504,655
ตาก	8,433	27,618	3,243	113,777
นครสวรรค์	29,343	81,433	21,139	287,189
น่าน	8,797	28,713	3,778	109,427
พะเยา	12,482	38,661	3,491	140,189
พิจิตร	11,340	43,222	6,831	178,817
พิษณุโลก	30,228	73,680	9,720	213,836
เพชรบูรณ์	16,197	68,672	12,918	209,306
แพร่	15,105	44,894	4,999	130,481
แม่ฮองสอน	1,264	5,071	622	28,076
ลำปาง	32,458	78,134	6,386	234,939
ลำพูน	13,828	44,288	3,489	107,399
สุโขทัย	10,460	35,979	7,403	132,738
อุตรดิตถ์	12,389	41,198	4,667	134,798
อุทัยธานี	8,057	26,083	4,814	100,383
รวม	361,868	955,111	127,132	3,117,722

ตารางที่ ค.6 ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
กาฬสินธุ์	11,168	46,379	6,724	126,376
ขอนแก่น	48,987	117,951	18,164	319,220
ชัยภูมิ	11,246	49,749	11,455	166,059
นครพนม	6,850	22,869	2,952	111,567
นครราชสีมา	63,262	185,273	37,502	525,851
บุรีรัมย์	13,188	49,737	10,853	237,001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ปริมาณรถยนต์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิง

จังหวัด	จำนวนรถ (คัน)			
	เบนซิน	ดีเซล	ดีเซลใหญ่	จักรยานยนต์
มหาสารคาม	13,016	50,262	6,481	127,912
มุกดาหาร	4,607	15,102	2,423	65,726
ยโสธร	8,887	36,639	4,672	106,878
ร้อยเอ็ด	15,537	57,378	8,801	188,674
เลย	9,602	40,329	6,295	108,185
ศรีสะเกษ	10,623	40,229	9,094	181,842
สกลนคร	12,338	39,845	6,652	185,090
สุรินทร์	12,401	40,626	10,544	208,393
หนองคาย	10,031	30,952	5,578	133,586
หนองบัวลำภู	3,364	16,670	3,343	59,552
อำนาจเจริญ	3,771	15,016	2,695	63,536
อุดรธานี	29,467	81,138	15,717	249,139
อุบลราชธานี	28,566	77,841	13,142	290,100
รวม	316,913	1,013,984	183,087	3,454,686

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ค่าระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่า VKT ของรถยนต์แต่ละประเภทจำแจกตามพื้นที่กรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด [14]

Average distance traveling of vehicle (VKT) 2003						
ประเภทของรถยนต์	กรุงเทพมหานคร			ต่างจังหวัด		
	ก.ม.ต่อปี	ก.ม.ต่อวัน	%	ก.ม.ต่อปี	ก.ม.ต่อวัน	%
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลน้อยกว่า 7 ที่นั่ง	15,634	42.83	3.41	14,071	38.55	2.71
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลมากกว่า 7 ที่นั่ง	20,947	57.39	4.57	20,947	57.39	4.04
รถกระบะ	17,289	47.37	3.78	17,289	47.37	3.33
รถสามล้อ	14,973	41.02	3.27	14,973	41.02	2.89
รถตุ๊กตุ๊ก	61,576	168.70	13.45	61,576	168.70	11.87
รถรับจ้างประจำทาง	19,257	52.76	4.21	19,257	52.76	3.71
รถรับจ้างสามล้อ	33,012	90.44	7.21	14,071	38.55	2.71
รถรับจ้างทั่วไป	19,257	52.76	4.21	19,257	52.76	3.71
รถจักรยานยนต์	5,627	15.42	1.23	5,627	15.42	1.09
รถแทรคเตอร์	63,218	173.20	13.81	41,985	115.03	8.10
รถโดยสารประจำทาง	55,020	150.74	12.02	55,680	152.55	10.74
รถโดยสารไม่ประจำทาง	33,117	90.73	7.23	31,358	85.91	6.05
รถโดยสารส่วนบุคคล	28,858	79.06	6.30	28,858	79.06	5.56
รถยนต์ขนาดเล็ก	0	0.00	0.00	41,985	115.03	8.10
รถบรรทุกไม่ประจำทาง	31,102	85.21	6.79	65,242	178.75	12.58
รถบรรทุกส่วนบุคคล	29,608	81.12	6.47	57,022	156.22	11.00
อื่นๆ	9,391	25.73	2.05	9,391	25.73	1.81
รวม	457,886	1,254.48	100.00	518,589	1,420.79	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ค่าปัจจัยการปลดปล่อยแบบคร่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับการประเมินปริมาณสารมลพิษแบบคร่าว [14]

ประเภทรถยนต์ (ชนิดของเชื้อเพลิง)	ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (ก.ก./เทอระจูลล์ พลังงานที่ใช้)		
	CO	NO_x	SO_2
รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล (เบนซิน)[1]	1,000	120	-
รถยนต์โดยสารส่วนบุคคล (ดีเซล)[2]	300	300	-
รถโดยสารขนาดเล็ก (เบนซิน)[1]	1,000	120	-
รถโดยสารขนาดเล็กและรถกระบะ (ดีเซล)[2]	300	300	-
รถจักรยานยนต์สามล้อ (เบนซิน)	13,000	60	-
รถจักรยานยนต์ (แก๊สปิโตรเลียมเหลว)	1,450	380	-
รถจักรยานยนต์ (เบนซิน)[4]	12,000	200	-
รถโดยสาร (ดีเซล)[3]	1,000	800	184
รถบรรทุก (ดีเซล)[3]	176	159	-
รถใช้ในการเกษตร (ดีเซล)[3]	357	567	-
อื่นๆ (ดีเซล)	1,000	800	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ปริมาณสารมลพิษทั่วประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
	กรุงเทพมหานคร	42,909,441,298	661,308,731,296	637,261,444,833	728,850,592
กลาง	ชัยนาท	152,609,408	10,452,190,143	33,069,122,741	17,636,811
	นนทบุรี	936,377,020	29,215,756,898	57,325,838,006	12,373,803
	ปทุมธานี	389,633,193	19,864,164,242	76,241,128,114	10,333,957
	ลพบุรี	535,156,686	31,347,327,139	116,582,633,496	54,504,815
	สมุทรปราการ	329,611,600	15,947,269,612	113,623,112,918	9,532,466
	สระบุรี	528,838,808	33,483,405,655	119,317,655,093	55,312,612
	สิงห์บุรี	170,362,224	11,353,486,044	25,053,205,113	24,132,441
	อยุธยา	494,833,114	28,603,391,180	64,785,704,598	49,715,076
	อ่างทอง	187,844,123	14,161,370,357	26,986,134,287	24,170,280
ตะวันตก	กาญจนบุรี	433,645,680	30,268,124,779	77,572,088,522	52,650,722
	นครปฐม	571,962,495	44,339,197,319	147,731,436,129	57,196,517
	ประจวบคีรีขันธ์	243,341,222	22,181,033,129	54,197,579,985	45,856,396
	เพชรบุรี	531,169,099	39,564,247,099	81,345,733,285	75,672,944
	ราชบุรี	531,169,099	39,564,247,099	81,345,733,285	75,672,944
	สมุทรสงคราม	77,727,980	7,710,517,007	16,161,825,230	12,478,145
	สมุทรสาคร	128,359,418	13,066,098,710	54,789,444,584	40,026,382
	สุพรรณบุรี	423,008,729	36,448,430,759	128,168,254,226	68,625,787
ตะวันออก	จันทบุรี	399,125,414	35,165,838,678	42,430,485,438	46,387,284
	ฉะเชิงเทรา	359,972,278	28,732,952,103	77,821,845,065	43,247,538
	ชลบุรี	1,643,806,454	80,805,863,337	187,206,747,027	143,597,283
	ตราด	103,792,030	9,603,634,826	15,178,997,289	16,711,485
	นครนายก	161,169,686	10,428,231,890	16,204,114,276	19,497,496
	ปราจีนบุรี	247,642,685	19,284,050,349	41,530,478,188	32,706,615
	ระยอง	676,966,866	42,356,533,213	87,407,414,565	69,063,224
	สระแก้ว	137,078,279	14,233,454,430	49,847,423,441	25,931,782

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
ใต้	กระบี่	197,721,325	17,224,256,435	23,380,266,855	38,592,241
	ชุมพร	215,749,170	22,752,287,999	29,555,115,204	44,213,856
	ตรัง	345,569,850	22,375,795,805	32,038,798,524	73,920,041
	นครศรีธรรมราช	528,882,114	40,544,583,851	55,358,693,938	94,598,274
	นราธิวาส	194,592,901	11,358,617,103	15,212,628,589	53,043,441
	ปัตตานี	256,160,134	17,503,290,766	17,892,263,311	36,788,313
	พังงา	101,059,655	7,911,969,267	16,399,636,326	20,442,889
	พัทลุง	194,563,491	15,470,762,063	24,122,359,963	42,219,876
	ภูเก็ต	752,988,073	23,249,375,165	37,508,655,251	59,676,953
	ยะลา	301,488,491	16,278,175,789	18,994,180,169	54,830,743
	ระนอง	89,010,738	6,934,908,478	14,529,481,127	10,940,235
	สงขลา	1,205,152,583	55,922,534,332	97,331,720,368	107,813,126
	สตูล	85,661,910	6,381,726,098	10,426,175,165	24,204,678
	สุราษฎร์ธานี	568,859,058	43,685,506,331	61,384,692,890	90,284,671
เหนือ	กำแพงเพชร	258,852,710	23,368,459,464	80,185,749,443	48,258,289
	เชียงราย	668,125,526	48,088,239,726	58,771,744,090	92,852,251
	เชียงใหม่	2,185,127,923	90,167,801,902	89,157,621,152	144,824,458
	ตาก	173,241,352	14,060,521,089	21,997,156,326	32,651,291
	นครสวรรค์	602,812,765	41,458,238,909	143,374,505,437	82,416,531
	น่าน	180,716,310	14,618,174,718	25,622,932,115	31,402,903
	พะเยา	256,436,149	19,682,816,453	23,679,584,651	40,231,055
	พิจิตร	232,961,996	22,004,921,297	46,326,916,206	51,316,338
	พิษณุโลก	620,989,155	37,511,364,597	65,922,543,387	61,365,931
	เพชรบูรณ์	332,748,893	34,961,703,190	87,611,736,096	60,065,945
	แพร่	310,303,001	22,855,757,435	33,902,674,487	37,445,043
	แม่ฮองสอน	25,964,142	2,581,806,685	4,219,222,140	8,057,047
	ลำปาง	666,809,498	39,779,069,093	43,309,981,364	67,422,118
	ลำพูน	284,083,865	22,547,396,869	23,661,770,586	30,820,991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
เหนือ	สุโขทัย	214,889,650	18,317,073,957	50,208,107,260	38,092,886
	อุตรดิตถ์	254,505,806	20,974,182,971	31,650,398,439	38,683,971
	อุทัยธานี	165,528,622	13,279,288,029	32,650,671,771	28,807,517
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	229,423,806	23,611,772,749	45,601,831,743	36,266,886
	ขอนแก่น	1,006,376,901	60,049,993,314	123,195,454,320	91,608,737
	ชัยภูมิ	231,038,816	25,327,888,491	77,688,145,668	47,655,164
	นครพนม	140,725,859	11,642,607,927	20,022,632,340	32,017,207
	นครราชสีมา	1,299,638,413	94,324,618,651	254,353,555,499	150,907,017
	บุรีรัมย์	270,936,205	25,321,583,136	73,609,277,176	68,013,776
	มหาสารคาม	267,403,278	25,588,643,940	43,955,758,180	36,707,763
	มุกดาหาร	94,647,046	7,688,793,942	16,434,227,393	18,861,980
	ยโสธร	182,573,351	18,653,417,764	31,689,513,509	30,671,643
	ร้อยเอ็ด	319,196,954	29,211,737,993	59,694,445,353	54,145,061
	เลย	197,252,599	20,532,090,922	42,692,139,527	31,046,589
	ศรีสะเกษ	218,238,451	20,480,871,791	61,675,544,364	52,184,333
	สกลนคร	253,466,602	20,285,280,363	45,117,127,503	53,116,539
	สุรินทร์	254,770,263	20,682,905,374	71,512,220,695	59,803,942
	หนองคาย	206,068,945	15,758,218,143	37,828,489,551	38,335,970
	หนองบัวลำภู	69,107,881	8,486,747,721	22,675,689,034	17,090,158
	อำนาจเจริญ	77,466,660	7,644,912,126	18,280,157,136	18,233,343
	อุดรธานี	605,369,242	41,308,063,927	106,598,532,008	71,497,222
	อุบลราชธานี	586,855,754	39,629,540,260	89,130,347,106	83,252,134
	รวม	72,286,758,762	2,639,569,841,694	4,987,328,650,464	4,449,584,760

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
	กรุงเทพมหานคร	5,348,985,148	18,572,520,778	11,949,491,240	585,938,711
กลาง	ชัยนาท	19,023,913	293,544,466	620,089,597	14,178,613
	นนทบุรี	116,726,450	820,509,735	1,074,934,950	9,947,567
	ปทุมธานี	48,570,713	557,874,992	1,429,621,547	8,307,691
	ลพบุรี	66,711,313	880,373,806	2,186,077,895	43,817,596
	สมุทรปราการ	41,088,569	447,870,990	2,130,582,987	7,663,355
	สระบุรี	65,923,742	940,364,489	2,237,363,151	44,467,002
	สิงห์บุรี	21,236,935	318,856,905	469,780,586	19,400,590
	อยุธยา	61,684,676	803,311,754	1,214,817,271	39,967,022
	อ่างทอง	23,416,185	397,714,914	506,025,553	19,431,009
ตะวันตก	กาญจนบุรี	54,057,201	850,064,954	1,454,578,807	42,327,051
	นครปฐม	71,299,434	1,245,243,900	2,770,158,961	45,981,513
	ประจวบคีรีขันธ์	30,334,317	622,943,081	1,016,275,992	36,864,946
	เพชรบุรี	66,214,230	1,111,141,841	1,525,339,616	60,835,112
	ราชบุรี	66,214,230	1,111,141,841	1,525,339,616	60,835,112
	สมุทรสงคราม	9,689,378	216,545,965	303,055,505	10,031,450
	สมุทรสาคร	16,000,969	366,954,765	1,027,374,233	32,178,072
	สุพรรณบุรี	52,731,225	1,023,635,717	2,403,323,539	55,169,750
ตะวันออก	จันทบุรี	49,753,990	987,614,768	795,627,475	37,291,738
	ฉะเชิงเทรา	44,873,257	806,950,407	1,459,262,071	34,767,629
	ชลบุรี	204,912,859	2,269,391,745	3,510,373,022	115,440,953
	ตราด	12,938,459	269,713,220	284,626,187	13,434,723
	นครนายก	20,091,016	292,871,611	303,848,480	15,674,458
	ปราจีนบุรี	30,870,526	541,582,787	778,751,154	26,293,554
	ระยอง	84,389,020	1,189,561,782	1,639,004,122	55,521,416
	สระแก้ว	17,087,840	399,739,359	934,704,829	20,847,119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
ใต้	กระบี่	24,647,453	483,734,518	438,410,791	31,025,135
	ชุมพร	26,894,760	638,986,485	554,197,328	35,544,473
	ตรัง	43,077,885	628,412,892	600,769,661	59,425,915
	นครศรีธรรมราช	65,929,140	1,138,674,102	1,038,048,408	76,049,593
	นราธิวาส	24,257,471	319,001,008	285,256,818	42,642,767
	ปัตตานี	31,932,291	491,571,056	335,503,498	29,574,919
	พังงา	12,597,847	222,203,650	307,514,776	16,434,479
	พัทลุง	24,253,805	434,488,517	452,326,014	33,941,469
	ภูเก็ต	93,865,636	652,946,926	703,336,678	47,975,590
	ยะลา	37,582,812	457,164,322	356,165,890	44,079,617
	ระนอง	11,095,859	194,763,392	272,446,904	8,795,091
	สงขลา	150,231,349	1,570,556,053	1,825,097,924	86,673,298
	สตูล	10,678,402	179,227,545	195,504,514	19,458,663
	สุราษฎร์ธานี	70,912,568	1,226,885,319	1,151,043,823	72,581,795
เหนือ	กำแพงเพชร	32,267,941	656,291,348	1,503,588,391	38,795,879
	เชียงราย	83,286,881	1,350,533,857	1,102,047,593	74,645,927
	เชียงใหม่	272,392,659	2,532,317,048	1,671,822,800	116,427,506
	ตาก	21,595,840	394,882,613	412,475,647	26,249,077
	นครสวรรค์	75,145,153	1,164,333,642	2,688,460,773	66,256,427
	น่าน	22,527,650	410,544,033	480,463,718	25,245,471
	พะเยา	31,966,698	552,781,931	444,023,394	32,342,613
	พิจิตร	29,040,468	617,997,070	868,690,682	41,254,311
	พิษณุโลก	77,410,977	1,053,487,676	1,236,134,496	49,333,396
	เพชรบูรณ์	41,479,657	981,881,727	1,642,835,419	48,288,309
	แพร่	38,681,607	641,892,372	635,719,790	30,102,878
	แม่ฮองสอน	3,236,626	72,508,733	79,115,971	6,477,233
	ลำปาง	83,122,828	1,117,175,008	812,119,181	54,202,094
	ลำพูน	35,413,194	633,232,221	443,689,356	24,777,659

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
เหนือ	สุโขทัย	26,787,614	514,425,745	941,468,125	30,623,693
	อุตรดิตถ์	31,726,066	589,049,306	593,486,648	31,098,879
	อุทัยธานี	20,634,390	372,942,079	612,243,090	23,158,985
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	28,599,406	663,124,679	855,094,394	29,155,732
	ขอนแก่น	125,452,463	1,686,473,648	2,310,076,993	73,646,239
	ชัยภูมิ	28,800,729	711,320,920	1,456,755,031	38,311,014
	นครพนม	17,542,539	326,976,747	375,450,722	25,739,323
	นครราชสีมา	162,009,720	2,649,059,141	4,769,464,100	121,317,406
	บุรีรัมย์	33,774,239	711,143,837	1,380,270,876	54,677,741
	มหาสารคาม	33,333,833	718,644,105	824,228,347	29,510,162
	มุกดาหาร	11,798,467	215,935,884	308,163,404	15,163,552
	ยโสธร	22,759,144	523,871,790	594,220,107	24,657,595
	ร้อยเอ็ด	39,790,305	820,396,866	1,119,349,456	43,528,382
	เลย	24,589,023	576,633,374	800,533,833	24,959,023
	ศรีสะเกษ	27,205,067	575,194,911	1,156,497,672	41,952,110
	สกลนคร	31,596,522	569,701,825	846,005,551	42,701,531
	สุรินทร์	31,759,033	580,868,922	1,340,948,306	48,077,679
	หนองคาย	25,688,047	442,561,575	709,333,992	30,819,113
	หนองบัวลำภู	8,614,818	238,346,011	425,199,029	13,739,146
	อำนาจเจริญ	9,656,803	214,703,485	342,777,018	14,658,177
	อุดรธานี	75,463,837	1,160,116,054	1,998,862,845	57,478,159
	อุบลราชธานี	73,155,991	1,112,975,567	1,671,311,376	66,928,186
	รวม	9,011,089,106	74,130,982,112	93,518,979,540	3,577,117,160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
	กรุงเทพมหานคร	168,845,712,503	345,575,878,068	265,999,255,381	83,860,691,613
กลาง	ชัยนาท	600,507,569	5,461,934,215	13,803,380,224	2,029,270,716
	นนทบุรี	3,684,579,439	15,267,091,398	23,928,374,056	1,423,715,173
	ปทุมธานี	1,533,179,927	10,380,289,379	31,823,803,985	1,189,012,926
	ลพบุรี	2,105,804,904	16,380,972,439	48,662,748,942	6,271,259,856
	สมุทรปราการ	1,296,999,071	8,333,462,781	47,427,415,663	1,096,794,337
	สระบุรี	2,080,944,486	17,497,209,340	49,804,374,117	6,364,204,057
	สิงห์บุรี	670,363,682	5,932,918,655	10,457,456,604	2,776,650,269
	อยุธยา	1,947,134,413	14,947,091,358	27,042,196,452	5,720,158,137
	อ่างทอง	739,153,756	7,400,216,819	11,264,280,436	2,781,003,937
ตะวันตก	กาญจนบุรี	1,706,366,049	15,817,020,558	32,379,360,077	6,057,930,158
	นครปฐม	2,250,633,241	23,170,051,023	61,664,568,483	6,580,963,916
	ประจวบคีรีขันธ์	957,531,040	11,591,000,750	22,622,608,093	5,276,183,019
	เพชรบุรี	2,090,114,021	20,674,835,798	33,954,516,875	8,706,839,871
	ราชบุรี	2,090,114,021	20,674,835,798	33,954,516,875	8,706,839,871
	สมุทรสงคราม	305,854,276	4,029,235,603	6,746,106,345	1,435,720,740
	สมุทรสาคร	505,085,520	6,827,867,713	22,869,658,254	4,605,388,431
	สุพรรณบุรี	1,664,510,375	19,046,623,563	53,498,702,085	7,896,002,318
ตะวันออก	จันทบุรี	1,570,531,165	18,376,387,615	17,710,905,976	5,337,266,290
	ฉะเชิงเทรา	1,416,466,258	15,014,795,182	32,483,610,938	4,976,010,851
	ชลบุรี	6,468,265,805	42,226,203,669	78,141,955,261	16,522,134,433
	ตราด	408,414,529	5,018,510,085	6,335,864,203	1,922,803,761
	นครนายก	634,191,675	5,449,414,504	6,763,758,213	2,243,359,007
	ปราจีนบุรี	974,457,003	10,077,142,969	17,335,234,013	3,763,184,684
	ระยอง	2,663,818,249	22,133,982,910	36,484,722,836	7,946,333,351
	สระแก้ว	539,393,640	7,437,885,332	20,806,809,553	2,983,680,343

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
ใต้	กระบี่	778,019,870	9,000,769,625	9,759,155,562	4,440,377,843
	ชุมพร	848,958,206	11,889,517,756	12,336,598,583	5,087,194,279
	ตรัง	1,359,793,692	11,692,776,636	13,373,312,664	8,505,152,935
	นครศรีธรรมราช	2,081,114,892	21,187,124,110	23,107,268,588	10,884,366,152
	นราธิวาส	765,709,738	5,935,599,960	6,349,902,242	6,103,115,948
	ปัตตานี	1,007,972,583	9,146,582,813	7,468,408,385	4,232,820,053
	พังงา	397,662,819	4,134,507,224	6,845,371,058	2,352,134,725
	พัทลุง	765,594,009	8,084,457,276	10,068,912,595	4,857,769,205
	ภูเก็ต	2,962,956,493	12,149,277,421	15,656,485,180	6,866,360,001
	ยะลา	1,186,336,564	8,506,382,307	7,928,359,424	6,308,760,763
	ระนอง	350,251,156	3,623,930,811	6,064,749,707	1,258,770,550
	สงขลา	4,742,192,869	29,223,081,431	40,627,226,632	12,404,851,475
	สตูล	337,073,747	3,334,857,829	4,351,989,051	2,784,961,816
	สุราษฎร์ธานี	2,238,421,432	22,828,455,901	25,622,580,391	10,388,048,079
เหนือ	กำแพงเพชร	1,018,567,686	12,211,506,542	33,470,328,100	5,552,541,945
	เชียงราย	2,629,028,184	25,129,164,158	24,531,909,614	10,683,470,791
	เชียงใหม่	8,598,328,710	47,118,412,084	37,215,276,446	16,663,331,779
	ตาก	681,692,854	7,347,516,661	9,181,831,493	3,756,819,095
	นครสวรรค์	2,372,026,940	21,664,566,996	59,845,942,346	9,482,749,139
	น่าน	711,106,300	7,638,926,155	10,695,266,313	3,613,181,056
	พะเยา	1,009,058,680	10,285,523,624	9,884,093,783	4,628,937,813
	พิจิตร	916,689,497	11,498,971,115	19,337,314,872	5,904,397,421
	พิษณุโลก	2,443,549,790	19,602,074,106	27,516,724,252	7,060,691,878
	เพชรบูรณ์	1,309,344,103	18,269,713,837	36,570,008,672	6,911,117,020
	แพร่	1,221,021,056	11,943,587,118	14,151,313,001	4,308,382,567
	แม่ฮองสอน	102,167,120	1,349,158,222	1,761,145,220	927,034,295
	ลำปาง	2,623,849,701	20,787,093,955	18,078,016,310	7,757,509,523
	ลำพูน	1,117,850,553	11,782,449,108	9,876,658,015	3,546,226,930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
เหนือ	สุโขทัย	845,576,054	9,571,836,295	20,957,362,560	4,382,922,628
	อุตรดิตถ์	1,001,462,913	10,960,344,774	13,211,190,612	4,450,932,188
	อุทัยธานี	651,343,788	6,939,272,693	13,628,714,634	3,314,559,058
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	902,766,961	12,338,653,211	19,034,657,417	4,172,825,198
	ขอนแก่น	3,960,024,177	31,379,941,297	51,423,006,022	10,540,393,452
	ชัยภูมิ	909,121,915	13,235,432,848	32,427,803,482	5,483,147,127
	นครพนม	553,746,617	6,084,003,230	8,357,645,573	3,683,862,185
	นครราชสีมา	5,113,988,138	49,290,613,251	106,169,699,916	17,363,183,798
	บุรีรัมย์	1,066,115,411	13,232,137,899	30,725,243,268	7,825,585,048
	มหาสารคาม	1,052,213,584	13,371,694,157	18,347,569,966	4,223,552,019
	มุกดาหาร	372,429,643	4,017,883,920	6,859,809,713	2,170,237,186
	ยโสธร	718,413,632	9,747,597,329	13,227,517,631	3,529,043,137
	ร้อยเอ็ด	1,256,018,150	15,264,991,265	24,917,054,284	6,229,867,034
	เลย	776,175,465	10,729,323,557	17,820,122,992	3,572,184,022
	ศรีสะเกษ	858,753,357	10,702,558,303	25,743,984,685	6,004,267,910
	สกลนคร	997,373,718	10,600,349,340	18,832,337,054	6,111,526,441
	สุรินทร์	1,002,503,535	10,808,133,701	29,849,911,068	6,880,971,172
	หนองคาย	810,867,183	8,234,671,363	15,789,987,193	4,410,891,642
	หนองบัวลำภู	271,934,778	4,434,865,528	9,465,057,783	1,966,373,416
	อำนาจเจริญ	304,826,000	3,994,952,880	7,630,319,119	2,097,906,940
	อุดรธานี	2,382,086,503	21,586,091,015	44,495,285,834	8,226,386,298
	อุบลราชธานี	2,309,237,197	20,708,955,628	37,203,891,989	9,578,892,625
	รวม	284,443,444,582	1,379,343,145,791	2,081,760,505,235	511,963,987,667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ปริมาณฝุ่นละอองจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
	กรุงเทพมหานคร	146,950,141	63,178,318,544	4,150,993,680	2,143,678,211
กลาง	ชัยนาท	522,635	998,552,971	215,405,656	51,872,973
	นนทบุรี	3,206,771	2,791,135,681	373,409,051	36,393,537
	ปทุมธานี	1,334,360	1,897,728,605	496,619,470	30,393,991
	ลพบุรี	1,832,728	2,994,775,852	759,395,973	160,308,279
	สมุทรปราการ	1,128,807	1,523,526,958	740,118,247	28,036,665
	สระบุรี	1,811,092	3,198,846,724	777,211,357	162,684,153
	สิงห์บุรี	583,432	1,084,658,532	163,191,571	70,977,768
	อยุธยา	1,694,634	2,732,633,147	422,001,131	146,220,811
	อ่างทอง	643,302	1,352,910,562	175,782,285	71,089,058
ตะวันตก	กาญจนบุรี	1,485,088	2,891,673,947	505,289,080	154,855,065
	นครปฐม	1,958,776	4,235,957,881	962,293,047	168,225,049
	ประจวบคีรีขันธ์	833,360	2,119,071,336	353,032,203	134,871,754
	เพชรบุรี	1,819,072	3,779,781,648	529,869,848	222,567,481
	ราชบุรี	1,819,072	3,779,781,648	529,869,848	222,567,481
	สมุทรสงคราม	266,192	736,626,445	105,274,899	36,700,428
	สมุทรสาคร	439,587	1,248,273,473	356,887,491	117,724,653
	สุพรรณบุรี	1,448,660	3,482,111,244	834,862,391	201,840,550
ตะวันออก	จันทบุรี	1,366,868	3,359,578,443	276,383,701	136,433,187
	ฉะเชิงเทรา	1,232,782	2,745,010,787	506,915,944	127,198,641
	ชลบุรี	5,629,474	7,719,811,236	1,219,427,332	422,344,950
	ตราด	355,452	917,485,996	98,872,954	49,151,425
	นครนายก	551,951	996,264,112	105,550,362	57,345,578
	ปราจีนบุรี	848,091	1,842,307,259	270,521,234	96,195,928
	ระยอง	2,318,380	4,046,543,499	569,354,428	203,127,131
	สระแก้ว	469,446	1,359,797,135	324,696,153	76,269,947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ปริมาณฝุ่นละอองจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
ใต้	กระบี่	677,128	1,645,524,259	152,294,385	113,506,591
	ชุมพร	738,867	2,173,646,333	192,516,113	130,040,754
	ตรัง	1,183,458	2,137,678,044	208,694,330	217,411,885
	นครศรีธรรมราช	1,811,240	3,873,438,400	360,595,468	278,230,219
	นราธิวาส	666,414	1,085,148,729	99,092,022	156,010,121
	ปัตตานี	877,261	1,672,181,883	116,546,627	108,200,922
	พังงา	346,095	755,872,244	106,823,953	60,126,143
	พัทลุง	666,313	1,478,003,673	157,128,231	124,176,104
	ภูเก็ต	2,578,726	2,221,135,697	244,323,883	175,520,450
	ยะลา	1,032,495	1,555,140,174	123,724,293	161,266,891
	ระนอง	304,831	662,528,462	94,642,136	32,177,161
	สงขลา	4,127,235	5,342,575,291	633,999,372	317,097,430
	สตูล	293,363	609,680,026	67,914,021	71,190,230
	สุราษฎร์ธานี	1,948,147	4,173,507,326	399,847,620	265,543,151
เหนือ	กำแพงเพชร	886,482	2,232,512,450	522,313,945	141,936,144
	เชียงราย	2,288,101	4,594,123,718	382,827,394	273,094,857
	เชียงใหม่	7,483,315	8,614,206,711	580,754,924	425,954,289
	ตาก	593,292	1,343,275,899	143,285,080	96,033,208
	นครสวรรค์	2,064,427	3,960,724,697	933,912,872	242,401,563
	น่าน	618,891	1,396,551,497	166,902,658	92,361,479
	พะเยา	878,206	1,880,403,492	154,244,081	118,326,631
	พิจิตร	797,815	2,102,246,442	301,764,273	150,930,404
	พิษณุโลก	2,126,675	3,583,658,932	429,406,271	180,488,034
	เพชรบูรณ์	1,139,551	3,340,076,301	570,685,338	176,664,546
	แพร่	1,062,682	2,183,531,315	220,835,245	110,132,479
	แม่ฮองสอน	88,918	246,653,639	27,483,170	23,697,196
	ลำปาง	2,283,594	3,800,304,729	282,112,562	198,300,346
	ลำพูน	972,890	2,154,072,000	154,128,044	90,649,973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ปริมาณฝุ่นละอองจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
เหนือ	สุโขทัย	735,923	1,749,926,893	327,045,575	112,037,899
	อุตรดิตถ์	871,595	2,003,774,561	206,164,369	113,776,385
	อุทัยธานี	566,879	1,268,640,575	212,679,950	84,727,992
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	785,698	2,255,757,454	297,041,217	106,667,311
	ขอนแก่น	3,446,496	5,736,893,264	802,470,566	269,437,460
	ชัยภูมิ	791,229	2,419,707,062	506,045,053	140,162,248
	นครพนม	481,938	1,112,279,874	130,423,425	94,168,256
	นครราชสีมา	4,450,816	9,011,329,386	1,656,808,222	443,844,167
	บุรีรัมย์	927,864	2,419,104,678	479,476,119	200,040,518
	มหาสารคาม	915,765	2,444,618,408	286,319,023	107,964,009
	มุกดาหาร	324,134	734,551,126	107,049,272	55,476,411
	ยโสธร	625,251	1,782,059,594	206,419,157	90,210,714
	ร้อยเอ็ด	1,093,140	2,790,751,733	388,837,686	159,250,180
	เลย	675,523	1,961,539,171	278,088,064	91,313,497
	ศรีสะเกษ	747,392	1,956,645,937	401,742,169	153,483,331
	สกลนคร	868,036	1,937,960,054	293,883,951	156,225,114
	สุรินทร์	872,501	1,975,947,273	465,816,312	175,893,946
	หนองคาย	705,716	1,505,465,872	246,407,220	112,752,854
	หนองบัวลำภู	236,671	810,783,868	147,704,906	50,265,169
	อำนาจเจริญ	265,297	730,358,864	119,073,290	53,627,478
	อุดรธานี	2,073,182	3,946,377,687	694,361,531	210,285,948
	อุบลราชธานี	2,009,780	3,786,019,449	580,577,266	244,859,218
	รวม	247,557,393	252,172,058,808	32,486,461,994	13,087,014,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
	กรุงเทพมหานคร	45,113,693,419	156,199,661,929	68,787,895,267	122,218,240,401
กลาง	ชัยนาท	160,448,933	2,468,784,230	3,569,579,440	2,957,451,118
	นนทบุรี	984,478,580	6,900,697,261	6,187,921,414	2,074,916,864
	ปทุมธานี	409,648,597	4,691,871,727	8,229,694,073	1,732,862,738
	ลพบุรี	562,647,611	7,404,169,444	12,584,276,121	9,139,709,320
	สมุทรปราการ	346,543,703	3,766,709,865	12,264,816,669	1,598,463,731
	สระบุรี	556,005,185	7,908,706,473	12,879,502,485	9,275,165,830
	สิงห์บุรี	179,113,708	2,681,668,331	2,704,317,456	4,046,679,125
	อยุธยา	520,252,624	6,756,057,830	6,993,161,596	8,336,535,853
	อ่างทอง	197,493,649	3,344,884,405	2,912,963,579	4,053,024,142
ตะวันตก	กาญจนบุรี	455,921,999	7,149,264,230	8,373,361,897	8,828,803,462
	นครปฐม	601,344,130	10,472,820,490	15,946,570,499	9,591,070,793
	ประจวบคีรีขันธ์	255,841,627	5,239,111,042	5,850,247,941	7,689,488,271
	เพชรบุรี	558,455,182	9,344,987,793	8,780,700,334	12,689,314,004
	ราชบุรี	558,455,182	9,344,987,793	8,780,700,334	12,689,314,004
	สมุทรสงคราม	81,720,855	1,821,207,089	1,744,555,473	2,092,413,730
	สมุทรสาคร	134,953,224	3,086,183,661	5,914,135,566	6,711,874,891
	สุพรรณบุรี	444,738,629	8,609,038,854	13,834,862,472	11,507,602,561
ตะวันออก	จันทบุรี	419,628,431	8,306,093,437	4,580,072,766	7,778,510,790
	ฉะเชิงเทรา	378,464,005	6,786,659,834	8,400,321,361	7,252,018,541
	ชลบุรี	1,728,248,566	19,086,166,472	20,207,652,938	24,079,293,399
	ตราด	109,123,812	2,268,357,338	1,638,466,102	2,802,286,599
	นครนายก	169,448,951	2,463,125,343	1,749,120,278	3,269,462,548
	ปราจีนบุรี	260,364,056	4,554,850,106	4,482,923,307	5,484,450,480
	ระยอง	711,742,561	10,004,519,607	9,435,016,236	11,580,954,809
	สระแก้ว	144,119,972	3,361,910,504	5,380,679,109	4,348,403,935

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
ใต้	กระบี่	207,878,242	4,068,331,333	2,523,735,526	6,471,389,113
	ชุมพร	226,832,175	5,374,040,180	3,190,267,018	7,414,056,829
	ตรัง	363,321,726	5,285,113,555	3,458,363,181	12,395,376,261
	นครศรีธรรมราช	556,050,715	9,576,541,169	5,975,582,034	15,862,832,196
	นราธิวาส	204,589,112	2,682,880,276	1,642,096,365	8,894,657,053
	ปัตตานี	269,319,045	4,134,238,626	1,931,344,105	6,168,895,210
	พังงา	106,251,075	1,868,789,669	1,770,225,510	3,427,991,849
	พัทลุง	204,558,190	3,654,159,834	2,603,839,263	7,079,693,633
	ภูเก็ต	791,668,967	5,491,451,071	4,048,795,781	10,007,005,918
	ยะลา	316,975,914	3,844,869,173	2,050,288,287	9,194,362,993
	ระนอง	93,583,207	1,638,010,068	1,568,355,397	1,834,527,223
	สงขลา	1,267,061,106	13,208,779,113	10,506,275,315	18,078,781,495
	สตูล	90,062,350	1,507,349,611	1,125,432,350	4,058,792,340
	สุราษฎร์ธานี	598,081,270	10,318,420,122	6,626,046,279	15,139,500,200
เหนือ	กำแพงเพชร	272,149,939	5,519,578,520	8,655,488,229	8,092,252,678
	เชียงราย	702,447,043	11,358,336,028	6,343,996,816	15,570,048,093
	เชียงใหม่	2,297,377,645	21,297,435,687	9,623,938,739	24,285,073,854
	ตาก	182,140,736	3,321,064,031	2,374,438,463	5,475,173,295
	นครสวรรค์	633,779,174	9,792,344,476	15,476,270,444	13,820,121,103
	น่าน	189,999,682	3,452,780,586	2,765,815,483	5,265,835,786
	พะเยา	269,609,238	4,649,037,780	2,556,044,779	6,746,195,667
	พิจิตร	244,929,222	5,197,513,816	5,000,665,089	8,605,045,458
	พิษณุโลก	652,889,282	8,860,101,479	7,115,875,355	10,290,224,428
	เพชรบูรณ์	349,842,158	8,257,877,086	9,457,071,310	10,072,234,621
	แพร่	326,243,224	5,398,479,433	3,659,555,495	6,279,019,719
	แม่ฮองสอน	27,297,916	609,817,038	455,435,384	1,351,056,116
	ลำปาง	701,063,410	9,395,728,274	4,675,008,172	11,305,763,708
	ลำพูน	298,677,215	5,325,645,348	2,554,121,876	5,168,257,107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจำแนกตามรถยนต์แต่ประเภทในพื้นที่ทั่วประเทศ (ต่อ)

แหล่งพื้นที่		ปริมาณสารมลพิษในรถยนต์แต่ละประเภท (กรัมต่อปี)			
ภาค	จังหวัด	เบนซิน	ดีเซลเล็ก	ดีเซลใหญ่	รถจักรยานยนต์
เหนือ	สุโขทัย	225,928,502	4,326,452,418	5,419,612,393	6,387,654,110
	อุตรดิตถ์	267,579,734	4,954,055,699	3,416,438,121	6,486,770,974
	อุทัยธานี	174,031,804	3,136,538,507	3,524,410,598	4,830,625,266
ตะวันออกเฉียงเหนือ	กาฬสินธุ์	241,209,275	5,577,048,580	4,922,397,316	6,081,458,946
	ขอนแก่น	1,058,074,345	14,183,675,809	13,298,083,664	15,361,527,744
	ชัยภูมิ	242,907,248	5,982,391,329	8,385,889,451	7,991,116,945
	นครพนม	147,954,927	2,749,958,281	2,161,302,473	5,368,846,184
	นครราชสีมา	1,366,400,660	22,279,266,623	27,455,679,107	25,305,035,419
	บุรีรัมย์	284,854,161	5,980,902,018	7,945,604,257	11,404,976,709
	มหาสารคาม	281,139,748	6,043,981,190	4,744,715,241	6,155,388,014
	มุกดาหาร	99,509,052	1,816,076,149	1,773,959,372	3,162,895,094
	ยโสธร	191,952,119	4,405,896,082	3,420,660,318	5,143,213,515
	ร้อยเอ็ด	335,594,057	6,899,748,004	6,443,595,934	9,079,383,585
	เลย	207,385,438	4,849,634,534	4,608,316,487	5,206,086,871
	ศรีสะเกษ	229,449,330	4,837,536,688	6,657,441,652	8,750,596,314
	สกลนคร	266,487,147	4,791,338,425	4,870,076,900	8,906,914,473
	สุรินทร์	267,857,777	4,885,256,574	7,719,241,745	10,028,300,182
	หนองคาย	216,654,678	3,722,056,326	4,083,319,646	6,428,416,040
	หนองบัวลำภู	72,657,943	2,004,551,070	2,447,681,301	2,865,784,842
	อำนาจเจริญ	81,446,111	1,805,711,361	1,973,214,518	3,057,481,281
	อุดรธานี	636,466,977	9,756,873,477	11,506,562,518	11,989,102,867
	อุบลราชธานี	617,002,454	9,360,409,893	9,620,994,698	13,960,240,240
	รวม	76,000,119,658	623,460,567,505	538,347,084,470	746,134,291,502

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้