



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์

Evaluation of Air Pollutant Emission Factors from Motorcycles

นามผู้วิจัย นางสาวมลธิรา สดชื่น

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอนุบล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ธีรเวช ทิตยส์แสง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสีเทวี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์

Evaluation of Air Pollutant Emission Factors from Motorcycles

โดย

นางสาวมลธิรา สดชื่น

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มลธิรา สดชื่น 2554: การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจาก
รถจักรยานยนต์ ปริญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการ
สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล,
วท.ค. 100 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission
Factor) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4
จังหวะ โดยทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง 2 จังหวะจำนวน 11 คัน และรถจักรยานยนต์ 4
จังหวะ 26 คันในห้องทดสอบด้านยานยนต์บนแชสชีสไดนาโมมิเตอร์ ทำการเก็บตัวอย่างไอเสีย
แบบปริมาตรคงที่ (Constant volume sampling) ซึ่งเก็บตัวอย่างจากปลายท่อไอเสียของ
รถจักรยานยนต์ ที่ขับเคลื่อนด้วยระดับความเร็วต่างกัน โดยแบ่งความเร็วในการขับขี่เป็น 4 ช่วง
คือ 20-30, 30-40, 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในทุกช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้คือ น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 และ 95

ผลการศึกษาพบว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะที่ใช้ น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซ
โซฮอลล์ 91 และ 95 มีการระบาย THC มากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเป็น 6.74, 11.13 และ
5.25 เท่า ตามลำดับและมีการระบาย CO มากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเป็น 1.46, 1.57 และ
1.39 เท่าตามลำดับ ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า
การขับขี่รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะที่ทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันในทุกชนิด สามารถขับขี่ได้
ระยะทางมากกว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะเป็น 1.16 ,1.38 และ 1.25 เท่าตามลำดับ จากการ
เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี t-test พบว่าปริมาณของทั้ง THC และ NO_x จาก
รถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 0.05 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของ CO₂ จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Molthira Sodchuen 2011: Evaluation of Air Pollutant Emission Factors from Motorcycles. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Thitima Rungratanaubon, Ph.D. 100 pages.

The aim of this research was to study the Emission Factor (EF) and Fuel Consumption (FC) of 2-stroke and 4- stroke motorcycles. The samples were 11 of 2-stroke and 26 of 4-stroke motorcycles. The exhaust sample was collected directly from the motorcycle's tailpipe using Constant Volume Sampling (CVS) while running on the Chassis Dynamometer. There were four different driving speeds used which were 1) 20-30, 2) 30-40, 3) 40-60 and 4) in all speed range (20-60 km/h). Fuel used in the study was gasoline 91, gasohol 91 and gasohol 95.

The study revealed that the 2-stroke motorcycle which using gasoline 91, gasohol 91 and gasohol 95 emitted THC 6.74, 11.13 and 5.25 times higher than the 4-stroke motorcycle did. The 2-stroke motorcycle also emitted CO greater than the 4-stroke motorcycle 1.46, 1.57 and 1.39 times, respectively. The study on Fuel Consumption (in kilometer per liter unit) showed that the 4-stroke motorcycle at all speed range got more distance than the 2-stroke motorcycles did for all types of fuel 1.16 ,1.38 and 1.25 times, respectively. The statistical t-test revealed that the amounts of both THC and NO_x between 2 and 4 stroke motorcycles were significantly different at the 0.05 confidential level. Otherwise, there was not significantly different at the confidential level of 95% for CO₂.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จูติมา รุ่งรัตนอุบล กรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และ ดร. ชีรเวช ทิตยส์แสง กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความ
กรุณาเรื่องคำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าวิจัย คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จ
สมบูรณ์ รวมทั้งคำแนะนำเพิ่มเติมจาก รองศาสตราจารย์ ดร. บงกชรัตน์ ปิติยนต์ ประธานการสอบ
และ ดร. เขาวนน์ นกอยู่ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความ
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ผลงาน
ในวารสารวิชาการระดับชาติ และสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวง
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจาก
ยานพาหนะ รวมถึงขอขอบพระคุณ คุณเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี ช่างเทคนิคชำนาญงาน สำนักจัดการ
คุณภาพอากาศและเสียง ที่ได้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้
อบรม ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

มลธิรา สดชื่น

ตุลาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	39
อุปกรณ์	39
วิธีการ	49
ผลและวิจารณ์	54
สรุปและข้อเสนอแนะ	78
สรุป	78
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากรถจักรยานยนต์	87
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 จำนวนรถที่จดทะเบียนใหม่ (ป้ายแดง) โดยแยกยี่ห้อรถทั่วประเทศ ไตรมาสที่ 1 ปีงบประมาณ 2553 (ต.ค.-ธ.ค.52) เปรียบเทียบกับปีงบประมาณ 2552 (ต.ค.-ธ.ค.51)	33
2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจาก รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	56
3 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจาก รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	58
4 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจาก รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	60
5 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจาก รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	62
6 การเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จาก รถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะที่ช่วงความเร็วต่าง ๆ ด้วยวิธี t-test	66
7 มาตรฐานการระบายไอเสียจากรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย	71
8 เปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิง	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	88
ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	89
ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	90
ก4 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 0-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	91
ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	92
ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	94
ก7 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	96
ก8 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	26
2	หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	28
3	จำนวนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์	33
4	แผนผังอุปกรณ์การทดสอบการเก็บตัวอย่างก๊าซ	35
5	แซสซิสไดนาโมมิเตอร์	41
6	พัดลมระบายความร้อน	42
7	อุปกรณ์ควบคุมระบบแซสซิสไดนาโมมิเตอร์	43
8	ระบบเก็บตัวอย่าง	44
9	ระบบวิเคราะห์ไอเสีย	45
10	รูปแบบการขับจี้กรุงเทพมหานครสำหรับรถจักรยานยนต์	46
11	ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล	47
12	ก๊าซมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องมือ	48
13	แผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์	50
14	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจาก รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95	72
15	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91	73
16	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91	74
17	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กิโลเมตรต่อลิตรต่อกัน จากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ของทุกช่วงความเร็ว	75

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

American Petroleum Institute (API)	=	น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน
Carbondioxide (CO ₂)	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Carbon monoxide (CO)	=	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
Carbureter	=	อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงในสัดส่วนและปริมาณที่เหมาะสมตามสภาพการทำงาน ของเครื่องยนต์ แล้วส่งผ่านไปทางท่อรวม ไอดีเข้าสู่ ระบายออกสู่อากาศ เพื่อเผาไหม้ต่อไป
Chemiluminescent Detector (CLD)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์
Constant Volume Sampler (CVS)	=	เครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่
Cubic centimeter (CC.)	=	หน่วยของขนาดเครื่องยนต์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
Economic Commission of Europe -	=	รูปแบบการขับขี่ของยุโรป
Driving Cycle (ECE)		
European emission standards Step II (EURO II)	=	ค่ามาตรฐานมลพิษจากเครื่องยนต์ระดับ 2 ของยุโรป
European emission standards Step III (EURO III)	=	ค่ามาตรฐานมลพิษจากเครื่องยนต์ระดับ 3 ของยุโรป
E3	=	น้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลอยู่ร้อยละ 3
E0	=	น้ำมันเบนซินที่ไม่มีส่วนผสมของเอทานอล
Flame ionization detector (FID)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม
Gram per kilometer (g/km)	=	เป็นหน่วยวัดสารมลพิษ เป็นน้ำหนักต่อระยะทางที่ใช้ ในการวัดสารมลพิษจากเครื่องยนต์
Hazardous Air Pollutants (HAPs)	=	สารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย
Inspection and Manterance Program (I/M Program)	=	โปรแกรมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา เครื่องยนต์จากรถจักรยานยนต์
Kaohsiung Driving Cycle (KHM)	=	รูปแบบการขับขี่ที่เมือง Kaohsiung
Liquified Petroleum Gas (LPG)	=	ก๊าซหุงต้ม

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

Microgram per cubicmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	=	หน่วยวัดสารมลพิษต่อปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของอากาศ
Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)	=	เป็นสารเคมีที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ผลิตขึ้นได้จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง Methanol และ Isobutane โดยเติมลงในน้ำมันเบนซิน เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ และช่วยเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันแทนสารตะกั่ว
Non-dispersive infrared analyzer (NDIR)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Oxides of nitrogen (NO_x)	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน
Ozone (O_3)	=	ก๊าซโอโซน
Particulate Matter which diameter - less than $10 \mu\text{m}$ (PM_{10})	=	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
Particulate Matter which diameter - less than $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$)	=	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน
Parts per million (ppm)	=	เป็นหน่วยส่วนของล้านคิดเป็นปริมาตร
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	=	ไฮโดรคาร์บอนประเภทสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง
Sulfur dioxide (SO_2)	=	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2-Stroke Carburetor (2-Stk/Cb)	=	เครื่องยนต์ 2 จังหวะ ที่มีระบบหล่อลื่นเรียกว่า ออโต้คูล ซึ่งจะผสมน้ำมันเครื่องเข้ากับน้ำมันเบนซิน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนที่เป็นน้ำมันเครื่องจะเผาไหม้ไม่หมดเกิดเป็นละอองไอน้ำมัน เมื่อกระทบกับอากาศ จึงเกิดเป็นควันขาวขึ้น
4-Stroke Carburetor (4-Stk/Cb)	=	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบการทำงานแบบคาร์บูเรเตอร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

4- Stroke Fuel Injection (4 Stk/FI)	=	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ที่มีระบบการทำงานของเครื่องยนต์เป็นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องแยกจากกัน ทำให้น้ำมันเครื่องเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงไม่เกิดควันขาว
Total Hydrocarbon (THC)	=	ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม
Total Suspended Particulate (TSP)	=	ฝุ่นรวมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน
Volatile Organic Compounds (VOCs)	=	สารอินทรีย์ระเหยง่าย
มอก.	=	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มาตรฐาน 70/220/EEC	=	มาตรฐานความปลอดภัยด้านสารมลพิษ สำหรับรถเครื่องยนต์เบนซิน
รย.12	=	รถจักรยานยนต์ประเภทที่จดทะเบียน

การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์

Evaluation of Air Pollutant Emission Factors from Motorcycles

คำนำ

เนื่องจากความคล่องตัวในการใช้งานและราคาที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับยานพาหนะอื่นๆ ทำให้รถจักรยานยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยตลอด จำนวนรถจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2552 มีจำนวนทั้งสิ้น 26.26 ล้านคัน เพิ่มขึ้นจากปี 2551 ร้อยละ 2.84 โดยประเภทรถที่จดทะเบียนสะสมมากที่สุด คือ รถจักรยานยนต์ (รย.12) ซึ่งมีจำนวนถึง 16.55 ล้านคัน คิดเป็นร้อยละ 63.03 ของจำนวนรถจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์สะสมทั่วประเทศ (กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก, 2553) สำหรับสารมลพิษที่สำคัญที่เกิดจากยานพาหนะประเภท รถจักรยานยนต์ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น (สุริลา และคณะ, 2544) ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต ผลกระทบต่อพืชและระบบนิเวศ รวมถึงผลกระทบต่อวัสดุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น (วนิดา, 2550) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยพบว่าไอเสียจากรถจักรยานยนต์มีส่วนประกอบของมลสารที่เป็นพิษ เช่น ก๊าซไฮโดรคาร์บอนและควีนขาว ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เช่น การเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเมื่อมีการสะสมของควีนขาวและพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) (Yang *et al.*, 2005) และมีงานวิจัยที่พบว่าปริมาณการระบายสารมลพิษแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ ขนาดปริมาตร ความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ สภาพความพร้อมของเครื่องยนต์ การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดสารมลพิษ เทคโนโลยีที่ใช้กับเครื่องยนต์ ชนิดของเครื่องยนต์ รูปแบบการขับขี่ ปริมาณการจราจรที่มีผลต่อความเร็วของการขับขี่ เชื้อเพลิง (Lin *et al.*, 2008) สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถจักรยานยนต์ในปัจจุบัน มีหลายชนิดที่เลือกใช้ เช่น น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าสโซลล์ ออกเทน 91 และ 95 ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของเชื้อเพลิงที่ต่างกันจะมีอัตราของการระบายสารมลพิษที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยที่พบว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลสามารถลดค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย CO และ THC ที่เกิดจากรถจักรยานยนต์ได้ (Yang *et al.*, 2011)

จากผลของรถจักรยานยนต์ที่มีต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ดังกล่าว จึงควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศ (Emission Factor) จากรถจักรยานยนต์ขึ้น โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณสารมลพิษทางอากาศ ระหว่างรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะที่มีการใช้งานในเขตกรุงเทพมหานคร ให้ทราบถึงปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) ซึ่งข้อมูลจากการทำวิจัยครั้งนี้มีความจำเป็นและสำคัญยิ่งในการใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดแนวทางการวางแผน และกำหนดมาตรการต่างๆ ในการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากการระบายไอเสียของรถจักรยานยนต์ได้เป็นอย่างดี และเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างบูรณาการและยั่งยืนเหมาะสมกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน และสภาพการณ์ในอนาคตของพื้นที่ ทั้งนี้อาจรวมถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ในการคาดการณ์ความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ โดยใช้ข้อมูลด้านนโยบาย การพลังงาน องค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรในอนาคตได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากไอเสีย (Emission Factor) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) ของยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะและ 4 จังหวะ โดยใช้วิธีการรูปแบบการจับจี้กรุงเทพมหานคร
2. เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากไอเสีย และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมลพิษอากาศ

นพภาพร และคณะ (2550) ได้อธิบายและให้ความหมายของมลพิษอากาศ (Air Pollution) ไว้ว่า มลพิษอากาศเป็นภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลา นานพอ ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าว อาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรือ อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง (SPM) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O₃)

สุธิลา และคณะ (2544) ได้อธิบายและให้ความหมายของมลพิษอากาศ (Air Pollution) ไว้ว่า เป็นสภาพอากาศที่มีสาร (Airborne substances) ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าปกติและแขวนลอยในบรรยากาศนานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ พืชหรือวัสดุต่าง ๆ สารในนี้หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบที่อาจเกิดตามธรรมชาติหรือจากการกระทำของคน สารเหล่านี้ลอยปะปนอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลวหรืออนุภาคของแข็ง

1.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System)

ระบบภาวะมลพิษอากาศมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors)

1.1.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Emission Sources) เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดสารมลพิษอากาศและระบายสารมลพิษสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ ขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศ

1.1.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษ อากาศที่ถูกกระเบาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกกระเบาออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป

1.1.3 ผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืชและสัตว์หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส จากส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณและชนิดของสารมลพิษที่ถูกกระเบาออกจากแหล่งกำเนิด (Emission) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณและความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศที่อยู่ห่างไกลออกไป ส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air Pollution Effects) อีกทอดหนึ่ง (นพภาพร, 2550)

1.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Sources of Air Pollutants)

นพภาพร (2550) กล่าวว่าข้อมูลระดับมลพิษจากแหล่งกำเนิดต่างๆ มีความสำคัญในการรวบรวมและนำไปจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษของเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพอากาศต่อไป โดยประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของละอองเกลือ เป็นต้น

1.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-Made Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทำให้มีการกระเบาสารมลพิษอากาศ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น

(2) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารมลพิษอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ

(ก) กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาเผาซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการก่อให้เกิดพลังงานความร้อน เช่น เตาเผาเพิ่มความร้อน เตาเผากำจัดของเสีย นอกจากจะทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เหมม่า และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์แล้ว บางครั้งก็ยังมีไฮโดรคาร์บอนรวม ไฮโดรเจนคลอไรด์และไดออกซินเกิดขึ้นอีกด้วย

(ข) การถลุงและแปรรูปโลหะในกระบวนการถลุงแร่ เช่น การเผาและอบ จะเกิดการแพร่กระจายของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมปรอทและธาตุอื่น ๆ ในสินแร่ในการอบแร่ที่ปนอยู่กับกำมะถัน นอกจากจะเกิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นจำนวนมากแล้วก็ยังมี ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และเหมม่าเกิดขึ้นอีกด้วย

(ค) การทำงานเกี่ยวข้องกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นผง เช่น การบดวัตถุดิบ การคัดแยก การผสม แปรรูปและการขนส่งที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละออง

(ง) การกลั่นเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งการใช้สารละลายและสีจะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนรวม

(จ) การแพร่กระจายของก๊าซพิษ เกิดจากการจัดการที่ขาดความระมัดระวัง การกระจายของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า เป็นต้น

(ฉ) การก่อสร้างทำให้เกิดฝุ่นละออง

1.3 ประเภทของสารมลพิษอากาศ (Types of Air Pollutants)

นพภาพร (2550) ได้อธิบายและแบ่งประเภทมลพิษอากาศออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด ได้แก่

1.3.1 สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นและถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นผง และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.3.2 สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใด ๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิด้วยตัวเองหรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศเช่น ก๊าซโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน กับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนรวมที่อยู่ในบรรยากาศโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนรวมอื่น ๆ และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น

ในประเทศไทยได้มีการประกาศค่าปริมาณสารมลพิษที่ยอมให้ปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อควบคุมสารมลพิษหลักจำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารมลพิษอากาศปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ตะกั่ว ฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) และโอโซนซึ่งเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้ว ยังมีสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants : HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และทำให้ผลกระทบต่อสุขภาพระยะยาว โดยจะทำลายภูมิคุ้มกันระบบประสาท และทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์และต่อมไร้ท่อ เป็นต้น ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการกำหนดชนิดของสารมลพิษในอากาศที่เป็นอันตราย จำนวน 189 ชนิด ซึ่งแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี สารกำจัดศัตรูพืช การเผาไหม้ เป็นต้น ในขณะที่สหรัฐอเมริกายังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ HAPs จากแหล่งกำเนิดให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับในประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ HAPs ในบรรยากาศ แต่มีนโยบายในการควบคุม HAPs จากแหล่งกำเนิด โดยใช้มาตรการในการควบคุมป้องกันการ

ร่วไหลของแหล่งกำเนิดได้ เช่น การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) หรือการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เป็นต้น

1.4 สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ

สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ อาจประกอบด้วยหลายชนิด ได้แก่ (นพภาพร, 2550)

1.4.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) CO เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แหล่งที่มาอาจจำแนกได้เป็นแหล่งที่มาจากธรรมชาติและแหล่งที่เกิดจากการกระทำ ของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศโดยการกระทำ ของมนุษย์ พบว่าคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มีปริมาณมากที่สุด คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มากกว่าครึ่งหนึ่งมาจากท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้น ปริมาณของ CO ในเมืองใหญ่ที่มีการจราจรคับคั่งก็จะมีมาก

1.4.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) SO₂ ในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิดคือ SO₂, H₂S และ SO₄²⁻ SO₂ ในรูปของละออง (aerosol) SO₂ มีความสำคัญที่สุด เพราะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์โดยตรง SO₂ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด จุดเดือด 10 องศาเซลเซียส SO₂ ในบรรยากาศจะมาจาก 2 แหล่งคือ จากการกระทำ ของมนุษย์และแหล่งธรรมชาติ SO₂ ที่เกิดจากการกระทำ ของมนุษย์ที่สำคัญคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิง (fossil fuel) เช่น ถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม เนื่องจากเชื้อเพลิงเหล่านี้มีสารประกอบของซัลเฟอร์อยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ซัลเฟอร์จะถูกออกซิไดซ์เป็น SO₂

1.4.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) NO_x สามารถรวมกับออกซิเจน เกิดเป็นออกไซด์ได้หลายแบบเช่น ไนตรัสออกไซด์(N₂O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ (N₂O₃) เป็นต้น ออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยการกระทำ ของมนุษย์มี 2 ชนิดคือ NO และ NO₂ แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่จะมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเช่น การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจาก NO₂ มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ดังนั้น NO₂ จะสามารถอยู่ในบรรยากาศได้โดยเฉลี่ย 3 วัน โดยที่ NO₂ จะ

รวมตัวกับละอองน้ำในอากาศหรือน้ำฝนเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) เป็นสาเหตุให้เกิดฝนกรด (acid rain)

1.4.4 ไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) THC ในอากาศส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งธรรมชาติ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งประมาณได้ว่าสูงถึงร้อยละ 95 ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยาทั่วไปของพืช และสัตว์ เช่น การเน่าเปื่อยของซากพืชโดยกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ซึ่งจะให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ส่วนไฮโดรคาร์บอนรวมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงถ่านหิน ถ่านไม้ ตลอดจนการระเหยของตัวทำละลายสารอินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

สุชีลา และคณะ (2544) กล่าวถึงสาเหตุการเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศว่ามีทั้งเกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ และพบได้ในก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วน วนิดา (2550) ยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ เช่น โดเมทิลซัลไฟด์ เอทิลีน ไอโซพรีน และเทอร์พีน เป็นต้น สุชีลา และคณะ (2544) ยังได้กล่าวอีกว่า นอกจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติแล้วยังมีสารไฮโดรคาร์บอนจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม และยานพาหนะ เช่น จากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง การเผาไหม้ถ่านหิน การระเหยของน้ำมันปิโตรเลียม การระเหยของสารละลายอินทรีย์ที่เป็นไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ออกมาทางท่อไอเสียเรียกว่า “ควันขาว” ทำให้มีอาการวิงเวียนศีรษะ หัวใจเต้นแรง เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการมีนเมา สามารถก่อให้เกิดมะเร็งที่ปอดได้ เนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีมากมายหลายชนิดในรูปแบบแตกต่างกัน ทำให้ผลกระทบที่เกิดจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีความแตกต่างกันหลายรูปแบบ บางชนิดอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติของทางเดินหายใจ เกิดอาการแสบตา แสบจมูก น้ำตาไหล น้ำมูกไหล และบางชนิดอาจทำให้เกิดอันตรายได้มาก เนื่องจากเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ เช่น เบนซีน (Benzene: C_6H_6) สารประกอบเบนซีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งซึ่งไม่ใช่ไขมันเบนซีน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ

1.4.5 ฝุ่นละออง (Particulates) ฝุ่นละออง ได้แก่ อนุภาค (particle) ซึ่งแขวนลอยในอากาศในรูปของหยดของเหลวหรือของแข็งเล็กๆ particulate ที่เกิดจากธรรมชาติได้แก่ ฝุ่นละออง

จากดินแห้ง ละอองเกสรดอกไม้ คาร์บอนจากไฟไหม้ป่าหรือวัตถุที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ส่วน particulate ที่เกิดจากการกระทำ ของมนุษย์ได้แก่วัตถุจากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม สเปรย์ ของยาฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ ขี้เถ้าจากกระบวนการเผาไหม้ และคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ (นพภาพร, 2550)

วนิดา (2550) กล่าวว่าอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่อยู่ในอากาศ หรือเรียกง่าย ๆ ว่าฝุ่น อาจเกิดขึ้นในอาคารหรือถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่มีทั้งตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟ ฝุ่นดินที่มากับลม ฝุ่นจากละอองน้ำ ทะเล ไฟป่า และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการจราจร จากการก่อสร้าง จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามอาคารบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ฝุ่นละอองจำนวนมากที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า ละอองลอย (aerosol) เมื่อละอองลอยมีมากขึ้นจะรวมกันตกสู่พื้นดิน ฝุ่นละอองมีขนาดต่าง ๆ กัน โดยทั่วไป มักจะนิยมแบ่งอนุภาคออกเป็น 3 ช่วงขนาด ได้แก่ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate, TSP) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM_{10}) มีขนาดเล็กกว่าเส้นผม ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (Particulate Matter, $PM_{2.5}$) ซึ่งอาจให้ คำจำกัดความของอนุภาคฝุ่นละอองทั้ง 3 ขนาดดังนี้

1. TSP เป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งที่พบในอากาศ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.005 ไมครอนถึง 100 ไมครอน แหล่งกำเนิดโดยธรรมชาติมักเกิดจากการฟุ้งกระจายของดิน ทราชที่พื้นผิวถนน และสถานที่ก่อสร้าง (Fugitive dust) โดยลมพัดจากพื้นดิน โดยส่วนใหญ่ ประกอบด้วยซิลิกาเป็นจำนวนมาก ฝุ่นละอองทางชีวภาพ (Bioaerosol) เช่น สปอร์ ละอองเกสรของพืชต่าง ๆ ส่วนฝุ่นละอองรวมที่พบบริเวณเขตเมือง โดยทั่วไปเป็นการแพร่กระจายแบบปฐมภูมิจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งจากการจราจร โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่น ๆ ส่วนฝุ่นทุติยภูมิมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และก๊าซอื่น ๆ ไปอยู่ในรูปของอนุภาค

2. PM_{10} เป็นสารมลพิษทางอากาศที่มีความสำคัญ มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่น (Dust) คาร์บอน (Smoke) ฟุ้ง (Fume) เขม่า (Soot) ประกอบด้วยมลสารหลายชนิดผสมผสานกัน และมีองค์ประกอบเคมีที่แตกต่างกัน

3. $PM_{2.5}$ หรือ Fine particle เป็นอนุภาคของแข็งหรือกึ่งแข็งที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหย (Semi-volatile) ประกอบด้วยอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิ (Primary fine particle) และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิ (Secondary fine particle) ผสมกันอยู่ แต่ส่วนใหญ่ $PM_{2.5}$ จะเป็นอนุภาคทุติยภูมิ เกิดขึ้นในอากาศเมื่อก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และ สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ถูกเปลี่ยนรูปในอากาศ โดยปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคจากก๊าซไปอยู่ในรูปของอนุภาค ทั้งอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิและอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิมีช่วงเวลาที่อยู่ในอากาศเป็นระยะเวลายาวนานเป็นวันหรือสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในระยะไกล (100 – 1,000 กิโลเมตร)

1.4.6 โอโซน (O_3) นพภาพร (2550) ได้อธิบายคุณสมบัติของ O_3 ว่าเป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีจุดเดือดลบ 111.9 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศของโทรโปสเฟียร์มีปริมาณน้อยมากคือ 0.02 ppm โดยปริมาตร แหล่งที่ทำให้เกิดโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ที่สำคัญคือ โอโซนที่เคลื่อนย้ายมาจากชั้นสตราโตสเฟียร์โดยการแลกเปลี่ยนระหว่างชั้นโทรโปสเฟียร์และชั้นสตราโตสเฟียร์ โอโซนที่เกิดเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล (photochemical reaction) และ โอโซนที่เกิดจากแหล่งธรรมชาติ

1.5 ผลกระทบจากมลพิษอากาศ (Air Pollution Effects)

ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศมีได้หลายประการ โดยนพภาพร และคณะ (2550) ได้อธิบายว่า มลพิษอากาศทำให้เกิดผลต่อสิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ทำลายพืช ทำให้วัสดุเสียหาย ทำให้เกิดผลกระทบแก่สภาพภูมิอากาศ และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา โดยที่ลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ รวมทั้งระยะเวลาของการสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ นอกจากนี้สารมลพิษอากาศบางชนิดยังอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กัน (Synergism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้น ทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าผลที่เกิดขึ้นหากมีเพียงสารมลพิษอากาศเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น หรืออาจมีผลหักล้างซึ่งกันและกัน (Antagonism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงน้อยลง

1.5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับชีวิตและความแข็งแรงสมบูรณ์ของมนุษย์ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเริ่มตั้งแต่การก่อให้เกิด

ความรำคาญ ระคายเคือง เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ จนกระทั่งมีอาการชัดเจนและถึงขั้นเสียชีวิตในที่สุด นอกจากนี้อันตรายต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรง เนื่องจากสารมลพิษอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดโดยทางอ้อมจากโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้น เมื่อร่างกายอ่อนแอจากการได้รับหรือสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ โดยปกติแล้วมนุษย์จะรับสารมลพิษอากาศเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนังและนัยน์ตา

1.5.2 ผลกระทบของมลพิษต่อสาร พืช คนและสัตว์ จากข้อพิสูจน์ต่าง ๆ ได้พบว่ามลพิษในอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เป็นอันตรายต่อพืชผลธัญญาหารต่าง ๆ ทำให้เครื่องอุปโภคต่าง ๆ เสียหาย ทำให้อากาศเป็นพิษหมอกมัว และกั้นการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การวัดความเสียหายต่อสิ่งต่าง ๆ จากมลพิษนั้นยากมากไม่สามารถจะชี้ขาดลงไปได้

1.5.3 ผลกระทบของมลพิษต่อพืช พวกสาร Phototoxicants ที่ถือว่าเป็นอันตรายและทำความเสียหายให้กับพืชมากขึ้น ได้แก่ สารประกอบของ SO₂ และ Peroxyacetyl nitrate และ ethylene ซึ่งเป็น oxide ของพวก Photochemical นอกจากนั้น สารที่ก่อความเสียหายต่อพืชอีกคือ สารประกอบคลอไรด์ ไฮโดรคลอไรด์ แอมโมเนีย และปรอท ธรรมดาพืชจะรับสารมลพิษเหล่านี้โดยการหายใจเข้าเมื่อสารพิษเหล่านี้อยู่ที่ใบก็จะทำลายคลอโรฟิลล์ (ส่วนสีเขียวของพืช) และหยุดการสังเคราะห์เป็นเหตุให้พืชไม่เจริญเติบโตและบางทีอาจถึงตายได้ ส่วนใหญ่อาการมักจะเกิดที่ใบก่อน และถ้าไม่รีบปรับปรุงแก้ไขก็อาจจะตายในที่สุด

1.6 หน่วยวัดมลพิษ

พลพร (2537) ได้อธิบายหน่วยในการใช้วัดความเป็นมลพิษว่ามี 3 แบบ คือ

1.6.1 ppm (parts per million) เป็นหน่วยส่วนของล้านคิดเป็นปริมาตร แต่ถ้าจำนวนสูงมากขึ้นก็อาจใช้หน่วย pphm หรือ ppb ก็เป็นส่วนของร้อยล้าน

ppm = parts per million

ppb = parts per billion

pphm = parts per hundred million

1.6.2 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Microgram per cubicmeter) เป็นการวัดน้ำหนักของสารมลพิษต่อปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของอากาศ ส่วนใหญ่มักจะใช้วัดพวกสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว แต่บางทีก็ใช้วัดสารเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักมากก็ได้

เราอาจจะแปลงหน่วยได้โดยใช้น้ำหนักโมเลกุลและปริมาตรใน 1 โมเลกุลของสารที่สภาวะ 25°C 1 atm

$$1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppm} \times 24,500 / \text{mol. Wt.}) \times 10^{-6}$$

1.6.3 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก g/mile หรือ g/km เป็นหน่วยวัดสารมลพิษ เป็นน้ำหนักต่อระยะทางจะใช้ในการวัดสารมลพิษจากเครื่องยนต์ โดยใช้กระบวนการวัดด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ Constant Volume Sampler (CVS)

2. แหล่งกำเนิดสารมลพิษและสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์

2.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ ฐิติมา (2543) ได้อธิบายแหล่งถึงกำเนิดสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ไว้ว่า กรณีพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์ และระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ พบว่ามีแหล่งกำเนิดสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 3 แหล่ง ได้แก่

2.1.1 การระเหยจากเชื้อเพลิง (Fuel evaporation gas) ไฮโดรคาร์บอนระเหยออกมาจากส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น จากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน จากสัดส่วนของไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยออกทั้งหมดจากรถยนต์ประมาณได้ว่า จะมีไฮโดรคาร์บอนระเหยออก 20 % จากระบบนี้ ในเครื่องยนต์เบนซิน

2.1.2 การระเหยจากห้องเครื่อง (Crank case) จะมีบางส่วนของไอดี ซึมผ่านลูกสูบออกมาในจังหวะอัดที่อ่างน้ำมันเครื่องเล็กน้อยในจังหวะกำลัง ซึ่งมักจะเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนทั้งสิ้น เครื่องยนต์เบนซิน ไฮโดรคาร์บอนจะระเหยออกจากระบบนี้ 25 % ของไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่ระเหยออกจากรถจักรยานยนต์

2.1.3 การระบายออกจากไอเสีย (Exhaust gas) สารมลพิษจากแหล่งนี้เป็นส่วนที่มีอันตรายและมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากผลการสันดาปของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้และเผาไหม้บางส่วน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้ของไนโตรเจนกับอากาศที่อุณหภูมิสูง

3. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

พูลพร (2537) ได้อธิบายคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและกระบวนการเผาไหม้ไว้ดังนี้ คือ

3.1 เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอนรวมที่มีโมเลกุลและน้ำหนักต่าง ๆ กัน สารผสมไฮโดรคาร์บอนรวม นี้ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียม ซึ่งสามารถแบ่งน้ำมันดิบเป็น 2 ชนิดคือเป็น Paraffin base หรือ Naptha base ในการกลั่นแยกส่วนต่าง ๆ ออกจากการนั้น อาศัยสารไฮโดรคาร์บอนรวม ที่มีจุดเดือดต่างกัน ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำกว่า เช่น C_4H_{10} (butane) C_3H_8 (propane) C_2H_6 (ethane) จะแยกออกมาก่อน แล้วต่อมาก็จะเป็นก๊าซโซลีน แนปทา คีโรซีน ดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และขี้ผึ้งหรือยางมะตอย

3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไฮโดรคาร์บอนรวม ก่อนที่กล่าวถึงการเผาไหม้จึงควรจะศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนรวมก่อน

3.2.1 ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งอาจหาค่าได้โดยใช้ Gas Calorimeter หรือ Bomb Calorimeter ก็ได้ ค่าความร้อนที่ทดลองได้จาก Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนสูงกว่า (Higher heating Value) สำหรับในการทำงานมักจะใช้ค่าความร้อนต่ำกว่า (Lower heating Value) มาใช้ในการคำนวณ ค่าความร้อนจากเชื้อเพลิงอาจจะคำนวณจากสูตรได้

$$GCV = (33800 \times C) + (144000 \times H) + (9300 \times S) \quad \text{kJ/kg}$$

$$GCV, \quad = \quad \text{Gross Calorific Value}$$

$$1 \text{ kg C} \quad \text{เผาเป็น } CO_2 \text{ หมดยจะให้ความร้อน} \quad = 33800 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kg H}_2 \quad \text{ผสมกับ } O_2 \text{ กลายเป็น } H_2O \text{ ให้ความร้อน} \quad = 144000 \text{ kJ}$$

1 kg S ผสมกับ O₂ กลายเป็น SO₂ ให้ความร้อน = 9300 kJ

3.2.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถในการระเหยต่อ อุณหภูมิของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนรวม คุณสมบัติของการระเหยต่ออุณหภูมินี้มีความสำคัญต่อ การใช้งานคือ เชื้อเพลิงส่วนที่ระเหยเท่านั้นจึงจะเกิดการสันดาป อุณหภูมิในการใช้งานของ เครื่องยนต์มีค่าต่าง ๆ กัน จึงจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้น ๆ เพื่อให้เกิดการ สันดาปที่สมบูรณ์

3.2.3 นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number) คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิ และความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูงก็เรียกว่า เชื้อนั้นมี Octane Number สูง โดย วิสาขา (2550) ได้อธิบายเกี่ยวกับสารที่เพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซินไว้ว่า

Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) เป็นสารเคมีที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ผลิตขึ้นได้จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง Methanol และ Isobutane ที่ผ่านมาในอุตสาหกรรมโรงกลั่น น้ำมันปิโตรเลียมได้มีการนำสารดังกล่าวมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเติมลงในน้ำมันเบนซิน เพื่อ ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ออกมาจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ และช่วยเพิ่มค่า ออกเทนของน้ำมันแทนสารตะกั่ว และยังสามารถต้านการน็อคของเครื่องยนต์แทนสารประกอบ ตะกั่วซึ่งได้ถูกยกเลิกไปแล้ว ในหลายประเทศได้ยกเลิกการใช้สาร MTBE แล้ว โดยเปลี่ยนมาใช้สาร ออกซิเจนอื่น ๆ ที่สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เช่น เอทานอล เป็นต้น

3.2.4 นัมเบอร์ซีเทน (Cetane Number) คือ ตัวเลขที่บอกว่า ในความดันและอุณหภูมิ หนึ่งนั้นเชื้อเพลิงสามารถจะติดไฟได้เร็วแค่ไหน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล โดยเทียบกับน้ำมัน Cetane C₁₆H₃₄ จะมี Cetane No. = 100 และน้ำมัน Alpha methyl-naphthalene C₁₁H₁₀ ซึ่งมี Cetane No. = 0

3.2.5 จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟวาบ ขึ้นได้

3.2.6 จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟต่อไป ได้เอง

3.2.7 ความถ่วงจำเพาะ คือ น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน
 ธรรมดาทั่วไปนิยมใช้เป็น API Gravity (American Petroleum Institute) ซึ่งหาจาก $API\ Gravity = 141.5 / (Sp. Gr. At\ 60F/60F) - 131.5$ โดยทั่วไป ถ้า API Gravity สูงน้ำมันนั้นจะมีค่าซีเทนสูงด้วย

3.2.8 ปริมาณกำมะถัน คือ ปริมาณกำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณกำมะถันมากจะ
 ให้โทษกับเครื่องยนต์ โดยที่กำมะถันทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และน้ำจะกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่ง
 จะกัดโลหะให้ผุกร่อนไป

3.2.9 Carbon Residue คือ ปริมาณคาร์บอนที่ยังเหลือในเชื้อเพลิงหลังจากเผาไหม้แล้ว
 อาจจะเป็นเพราะปริมาณอากาศ หรือออกซิเจนไม่พอ หรือเพราะภาวะไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการ
 สันดาปที่ไม่สมบูรณ์และมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่จะเป็นรูปของคาร์บอน หรือสารประกอบก็ได้

3.2.10 Ash คือ ขี้เถ้าที่เหลือหลังจากเผาเชื้อเพลิงแล้ว ถ้าเชื้อเพลิงใดมีขี้เถ้ามาก ก็ต้องมี
 กระบวนการขจัดขี้เถ้า ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

3.3 กระบวนการเผาไหม้ คือ การเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอาจเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เหลว
 หรือก๊าซก็ได้ หลังจากการเผาไหม้แล้วก็จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะนำไปแปลงเป็นพลังงาน
 รูปอื่นตามต้องการได้ ในกระบวนการสันดาป ต้องหาวิธีที่ทำให้ง่าย และหลังสันดาปแล้วให้
 พลังงานมากและสามารถจะควบคุมพลังงานนั้นได้ด้วย

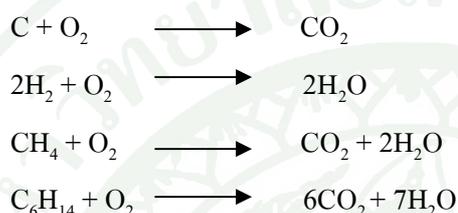
พูลพร (2537) กล่าวว่า ในการเกิดการสันดาปนั้น เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสารขึ้น ซึ่งมี 2
 แบบคือ

- Exothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วมีการคาย
 หรือจ่ายพลังงานออกจากกระบวนการ
- Endothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยมีการดูด
 พลังงานความร้อนเข้าไปเพื่อทำปฏิกิริยา

3.3.1 อากาศในการเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น จำเป็นต้องมีออกซิเจนเข้า
 ช่วยในการทำปฏิกิริยา ออกซิเจนที่นำมาใช้ในกระบวนการก็มักจะเป็นออกซิเจนจากอากาศ
 ธรรมดาในอากาศทั่วไปนั้นนอกจากจะมีออกซิเจนแล้ว ยังมีสารอื่นปนอยู่ด้วยคือ ไนโตรเจน

อาร์กอน ฮีเลียม คริปทอน ซีนอน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แต่ส่วนผสมส่วนใหญ่จะเป็น O_2 และ N_2 ส่วนสารอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้นมีน้อยมาก

3.3.2 สมการของการเผาไหม้ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ปฏิกิริยาเคมีธรรมดา โดยเขียนสมการเคมีขึ้นแล้วก็ Balance สมการให้เกิดการสมดุลกัน เช่น



ในกระบวนการเผาไหม้จะใช้อากาศโดยตรงเข้าไปช่วยในการเผาไหม้โดยไม่แยก N_2 ออก ด้วยเหตุที่ N_2 เป็นก๊าซเฉื่อย ไม่เกิดปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง แต่ก็มีผลเสียคือ ทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างลงเนื่องจากกีดขวางทางในการทำปฏิกิริยาทางเชื้อเพลิงกับ O_2 นอกจากนั้น N_2 ยังดูดเอาความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปด้วย ทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ลดลง

อย่างไรก็ดี ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอุปกรณ์ที่ใช้ในปัจจุบันจะไม่ต้องการให้เกิด ปฏิกิริยาเร็วและไม่ต้องการให้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้การควบคุมพลังงานที่ได้ยากแล้วอุณหภูมิสูง ยังจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นโลหะเกิดการเสียหายได้ จึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้อากาศธรรมดาเข้าไปช่วยในการสันดาปของเชื้อเพลิง

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะคิดเฉพาะ	N_2	:	O_2
อัตราส่วนโดยปริมาตร	79	:	21
อัตราส่วนโดยน้ำหนัก	77	:	23
N_2/O_2	โดยปริมาตร	79/21 =	3.76
เวลาเขียน	อากาศ	=	$O_2 + 3.76 N_2$

4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถจักรยานยนต์ สำนักน้ำมันเชื้อเพลิง กรมธุรกิจพลังงาน (2545) อธิบายว่า

4.1 น้ำมันเบนซิน ได้มาจากการนำน้ำมันองค์ประกอบ ที่ได้จากจากกระบวนการกลั่น น้ำมัน นำมาผสมสารเพิ่มคุณภาพ และสารเติมแต่ง เช่น Metyl Tertiary Butyl Ether (MTBE), เอทานอล และ

ดีซอล การวัดคุณภาพของน้ำมันเบนซิน ใช้ค่าออกเทน ซึ่งในสมัยก่อนใช้วิธีเติมตะกั่วลงไปเพื่อปรับค่าออกเทน แต่ต่อมาได้วิจัยพบว่าเป็นอันตรายต่อระบบประสาทของมนุษย์ ปัจจุบันจึงได้ใช้สาร MTBE แทน

4.2 น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 91 เกิดจากการผสมระหว่าง น้ำมันเบนซิน 91% กับ แอลกอฮอล์ 9 % (ได้แก่ เอทานอล)

4.3 น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 95 เกิดจากการผสมระหว่าง น้ำมันเบนซิน 95% กับ แอลกอฮอล์ 5 % (ได้แก่ เอทานอล)

การใช้น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ ซึ่งมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ในเอทานอล จะช่วยให้การเผาไหม้ภายในห้องเครื่องสมบูรณ์ขึ้นอีก และลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่จะปล่อยออกมาจากท่อไอเสีย

4.4 การเพิ่มออกเทนในน้ำมันเบนซิน ค่าออกเทน เป็นตัวเลขที่บอถึงความสามารถในการต้านทานการน็อก (Antiknock Quality) ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน โดยในสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเบนซินถูกจุดระเบิดจากประกายไฟ หัวเทียนก็จะติดไฟ เกิดเปลวไฟลุกลามเผาไหม้จนหมด และระเบิดให้พลังงานขับเคลื่อนลูกสูบต่อไป แต่ถ้าบางส่วนของเชื้อเพลิงที่เปลวไฟยังไม่ถึงเกิดจุดระเบิดขึ้นก่อน (Pre-ignition) อันเนื่องมาจากความร้อนและความดัน ก็จะทำให้เครื่องยนต์เกิดการน็อกขึ้น การใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนที่เหมาะสมจึงมีผลดีต่อการทำงาน ของเครื่องยนต์ เช่น การเผาไหม้สมบูรณ์ เครื่องยนต์สะอาดปราศจากเขม่า ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม และยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ และน้ำมันเครื่อง ปัจจุบันมีการใช้เอทานอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเอทานอลที่ใช้เป็นชนิดที่มีความบริสุทธิ์ 99.5% เพื่อทดแทนการใช้สาร MTBE ที่ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทน ในอัตราส่วนเอทานอล : น้ำมันเบนซินออกเทน 91 เท่ากับ 10 : 90 เพื่อให้เป็นน้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ที่มีค่าออกเทน 95

5. ประเภทของรถจักรยานยนต์

วัชร (2540) อธิบายประเภทของรถจักรยานยนต์ไว้ว่า รถจักรยานยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

5.1 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ มีระบบหล่อลื่นเรียกว่า ออโต้ลูบ ซึ่งจะผสมน้ำมันเครื่องเข้ากับ น้ำมันเบนซิน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนที่เป็นน้ำมันเครื่องจะเผาไหม้ไม่หมดเกิดเป็น ละอองไอน้ำมัน เมื่อกระทบกับอากาศจึงเกิดเป็นควันขาวขึ้น

5.1.1 ควันขาวคือ กลุ่มของละอองน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่เผาไหม้หรือเผาไหม้เพียง บางส่วนเมื่อกระทบกับ บรรยากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะควบแน่น มองเห็นเป็นควันขาว ออกมาจากท่อไอเสีย

5.2 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบการทำงานของเครื่องยนต์จะมีระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและ น้ำมันเครื่องแยกจากกัน ทำให้น้ำมันเครื่องเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงไม่เกิดควันขาว

6. การเผาไหม้และการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์เบนซิน

พลพร (2537) กล่าวว่า เครื่องยนต์เบนซินหรือที่เรียกว่า Gasoline Engine นั้นใช้น้ำมัน เบนซิน (Gasoline) หรือก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas-LPG) เป็นเชื้อเพลิง การจุดระเบิด ต้องใช้หัวเทียนในการช่วยจุดไฟ อดีจะต้องเป็นสารผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่มีอัตราส่วน เหมาะสม ก่อนถูกดูดเข้าเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้ม เป็นสารผสมของ ไฮโดรคาร์บอนรวม คือมีธาตุ C และ H ทั้งนี้ เพียงแต่ส่วนผสมต่างกัน ในน้ำมันเบนซินทั่ว ๆ ไป ในตลาดจะมีส่วนผสมต่างกันเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของแต่ละบริษัท โดยทั่วไป น้ำมันเบนซินจะประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนรวมอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) ร้อยละ 45-60 อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนรวม (Aromatic Hydrocarbon) ร้อยละ 30-50 และโอเลฟิน ไฮโดรคาร์บอนรวม (Olefin Hydrocarbon) ร้อยละ 5-10 น้ำมันเบนซินจะเป็นของเหลว เมื่อถูกดูด ผ่านเข้าคาร์บูเรเตอร์จะกลายเป็นไอผสมกับอากาศเป็นสารผสมอย่างดีก่อน เข้าเครื่องยนต์ ส่วนก๊าซ หุงต้มนั้นเป็นสารผสมของโพรเพน (C_3H_8) และ

บิวเทน (C_4H_{10}) ที่ขายตามท้องตลาดจะมีอัตราส่วนต่างกันมาก อาจจะมีปริมาณของโพรเพนผสมอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 10-90 แล้วแต่บริษัทที่ส่งก๊าซเข้ามาจากต่างประเทศว่าประเทศนั้น ๆ จะมีก๊าซชนิดใดเหลือใช้มากน้อย โดยเฉพาะในฤดูหนาวในประเทศทางยุโรป ปริมาณโพรเพนจะใช้ในการเพื่อความอบอุ่นมาก ก๊าซที่ส่งออกต่างประเทศจะมีปริมาณ โพรเพนน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นบิวเทน สำหรับก๊าซหุงต้มจากโรงกลั่นในประเทศไทยนั้น จะมีปริมาณ โพรเพนประมาณร้อยละ 15-30 โดยเฉพาะ โรงแยกก๊าซของปตท. จะมีการควบคุมให้มีคุณภาพเป็นมาตรฐานโดยมีอัตราส่วนโพรเพนต่อบิวเทน 30 และ 70 ตามลำดับ หากปริมาณ โพรเพนยิ่งมาก ค่าความร้อนของก๊าซก็จะสูงขึ้น ก๊าซหุงต้มที่ใช้ในรถยนต์นั้นจะมีสถานะเป็นของเหลวโดยการอัดเพื่อสะดวกในการเก็บและขนย้าย ก่อนจะนำก๊าซนี้ผสมกับอากาศในคาร์บูเรเตอร์ จะต้องผ่านหม้อต้ม (Vaporizer) เพื่อให้เป็นไอก่อน จะได้สารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันดี โดยที่ไม่เกิดน้ำแข็งเกาะที่คาร์บูเรเตอร์ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจากคาร์บูเรเตอร์จะถูกดูดเข้าห้องเผาไหม้แล้วถูกอัดจนถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่กำหนด หัวเทียนก็จะช่วยจุดทำให้เกิดระเบิดและเกิดการสันดาปขึ้น

6.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน พูลพร (2537) กล่าวว่า การสันดาปในเครื่องยนต์เบนซินจะมีประสิทธิภาพดีและให้มลพิษที่เป็นพิษน้อยนั้น มีปัจจัยที่จะต้องควบคุมหลายตัว และบางตัวจะมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อกัน นอกจากนั้นรูปแบบห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ยังมีผลกระทบต่อการสันดาปด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องพิจารณาแต่ละค่าให้เหมาะสม (Optimum) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีมลพิษที่อยู่ในขีดจำกัดด้วย

6.1.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน การจุดระเบิดและการสันดาปที่ดีนั้น จะมีผลเนื่องมาจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงมาก โดยเฉพาะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลามของเปลวและอุณหภูมิของเปลว การลามของเปลวในเครื่องยนต์เบนซินที่เหมาะสมนั้น จะต้องมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (น้ำมันเบนซิน) ในช่วง 10-17 อุณหภูมิเปลวสูงสุดนั้นจะเกิดเมื่อส่วนผสมหนาเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงประมาณ 13.5 หรือ 14 (ส่วนผสมที่พอดี หรือ Stoichiometric -ratio นั้น ประมาณ 14.6 ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของน้ำมันจาก โรงกลั่น) และอุณหภูมิเปลวจะลดลงเมื่อส่วนผสมหนาขึ้นหรือบางลง และอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อถึงอัตราส่วนของสารผสมน้ำมันและอากาศที่เปลวไม่สามารถจะลามต่อไป ความเร็วสูงสุดของเปลวจะเกิดที่อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงต่ำกว่า อยู่ในช่วงประมาณ 12 หรือ 13

และจะลดลงไม่ว่าอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแบบกราฟของอุณหภูมิ สำหรับกำลังจากเครื่องยนต์นั้นจะเพิ่มหรือลดตามกราฟของความเร็วของอุณหภูมิเปลว

อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงมีค่า 16 ซึ่งเป็นค่าที่มีส่วนผสมบาง ดังนั้น อัตราการกินน้ำมันจำเพาะซึ่งเป็นส่วนกลับกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนจึงมีค่าต่ำสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 16

สำหรับการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่มีภาระสูงนั้น จะต้องเพิ่มส่วนผสมให้หนาขึ้น โดยการเหยียบคันเร่งซึ่งจะเป็นผลให้เกิด CO และ HC เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

6.1.2 การผสมและการแจกจ่ายส่วนผสม (Formation and Distribution) เครื่องยนต์เบนซินทั่วไปโดยเฉพาะที่ใช้ในรถยนต์ จะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเร็วและภาระตามที่ต้องการในการนี้ คาร์บูเรเตอร์จะทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศให้หนา/บาง เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ตามต้องการ กำลังของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสม ซึ่งถูกควบคุมโดยสวิตช์จากกระบอกสูบ ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมสวิตช์จากกระบอกสูบ คือลิ้นผีเสื้อ (Throttle) ในคาร์บูเรเตอร์นั่นเอง

6.2 มลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน พูลพร (2537) กล่าวว่า เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์เบนซินจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้มก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ผสมกับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้ CO_2 และ H_2O จะเกิดขึ้นแต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณ N_2 อยู่ร้อยละ 79 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิด NO_x ได้ (ส่วนใหญ่จะเป็น NO และ NO_2) CO ก็อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าได้ O_2 เพิ่มขึ้น ก็จะเปลี่ยนเป็น CO_2 ต่อไป ในขณะที่เดียวกัน HC ก็อาจเกิดขึ้นได้หากการสันดาปไม่สมบูรณ์ และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้น ไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้และปัจจัยอื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างดี (Stoichiometric) และเผาไหม้ตามปกติ

6.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ ความเข้มข้นของ CO ในภาวะสมดุล (Equilibrium) คือ อุณหภูมิความดันคงที่ที่ขณะหนึ่ง) จะลดลงอย่างรวดเร็วหากเพิ่มอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ก็จะลดลงด้วยและหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุลด้วย ความเข้มข้นของ CO

ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำเมื่อส่วนผสมบางและจะมีปริมาณ O_2 เหลือ แต่ความจริงแล้ว ความเข้มข้นของ CO ไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล CO จะเข้มข้นกว่า ทำให้อุณหภูมิและความดันของ ไอเสียไม่เป็นไปตามอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง เนื่องจากความเร็วในการ Oxidize ของ CO หดไป จึงทำให้เกิด CO เข้มข้นมากจังหวะกายของลูกสูบ

ความเข้มข้นของ CO ใน ไอเสียเกือบจะเป็นผลโดยตรงจากอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) น้อยกว่า 16 ความเข้มข้น CO จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหากส่วนผสมไม่เป็นเนื้ออย่างดี หรือระบบหล่อเย็นทำให้การเผาไหม้หยุดชะงัก จะทำให้ความเข้มข้น CO เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องจัดค่าของอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

6.2.2 ไฮโดรคาร์บอน ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการ Oxidize ของ HC จะเร็วมากโดยทั่วไป เชื่อว่า HC ที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะส่วนผสมหนาสาเหตุของ HC ที่ไม่เผาไหม้นั้น ค่อนข้างยุ่งยาก ธรรมดาผนังห้องเผาไหม้จะมีอุณหภูมิต่ำ และเปลวจะไม่ลามไปที่ที่มีส่วนผสมน้อย (ตรงบริเวณผนังห้องเผาไหม้) ดังนั้นส่วนผสมตรงนั้นจะไม่เผาไหม้ และยังคงเป็น HC อยู่และเคลื่อนที่ออกจากผนังในจังหวะกายและผสมกับก๊าซที่เผาไหม้แล้วที่อุณหภูมิสูง และหากยังมีปริมาณ O_2 เหลือในกระบอกสูบมากจะเห็นว่ายังเผาไหม้ได้ต่อไป และหากอุณหภูมิไอเสียสูงการเผาไหม้อาจเผาไปเรื่อย ๆ จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังเผาต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตามปริมาณ HC จะเพิ่มหากอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงเพราะปริมาณ O_2 ช่วยในการเผาไหม้ไม่พอ

พูลพร (2537) ได้อธิบายว่า ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังห้องเผาไหม้ (Flame Extinguishing Bed) จะน้อยมากหากส่วนผสมหนาเล็กน้อย (มากกว่าที่ Stoichiometric) และความหนาจะเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมหนาหรือบางกว่า ยิ่งกว่านั้นความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังยังเป็นอัตราส่วนกลับกับความดัน หากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร (S/V Ratio) ของห้องเผาไหม้สูง อัตราการไหลของส่วนผสมเข้าผนังจะมากขึ้น และจะสูญเสียความร้อนไป เป็นผลให้อุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดลงซึ่งจะทำให้ปริมาณ HC เพิ่มขึ้น การหยุดลามของเปลวตามช่วงที่ติดผนังห้องเผาไหม้ทั้งด้านข้างและด้านบนของลูกสูบเป็นสาเหตุของการเกิด HC ทั้งสิ้น

ในกรณีของส่วนผสมบางมากการลามของเปลวช้า การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์แม้ว่าวาล์วไอเสียจะเปิดแล้ว ดังนั้นการเดินเครื่องในขณะที่ส่วนผสมบางมาก ๆ จะทำให้เกิด HC มาก นอกจากนี้หากส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันดีมากจะมีการเผาไหม้ที่ดีขึ้นลด HC ลงไปได้บ้าง

ปริมาณของก๊าซค้างสูงทำให้ส่วนผสมปรวนแปรจะทำให้เปลวอาจจะไม่ลามต่อไปในเครื่องยนต์สองจังหวะหรือเครื่องยนต์โรตารีขณะที่ความเร็วรอบต่ำในจังหวะคายจะมีปริมาณ HC มากในไอเสีย

6.2.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) พูลพร (2537) กล่าวว่า ออกไซด์ของไนโตรเจนจากเครื่องยนต์เบนซินส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของ NO และ NO_2 เล็กน้อย และหาก NO ถูกปล่อยออกไปในอากาศจะ Oxidize ต่อไปที่นั่นเป็น NO_2 ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของ NO ที่ภาวะสมดุลระหว่างการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่นั้นจะสูงสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) = 18 ไม่รวมการสูญเสียความร้อนไป

หากใช้ส่วนผสมหนาจะเห็นว่าปริมาณ NO ลดลงเร็วมาก ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงกว่ามากไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล เป็นผลกระทบต่ออุณหภูมิความดันระหว่างจังหวะคายด้วยความเร็วของการ Oxidize ของ NO จะช้ามาก

การเกิด NO ในเครื่องยนต์เนื่องจากส่วนผสมบางส่วนอยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไป NO เกิดขึ้นเรื่อย ๆ ในก๊าซที่เผาไหม้แล้วจนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในภาวะสมดุล หลังจากนั้น NO จะแตกตัวในจังหวะคาย ความเข้มข้นจะลดลงไปเล็กน้อย อย่างไรก็ดี การแตกตัวของ NO ช้ามาก ความเข้มข้นลดลงน้อยมากเทียบกับอุณหภูมิที่ลด ปริมาณ NO ที่ออกในไอเสียจึงสูง

ในกรณีของส่วนผสมจะเห็นว่าเมื่อปริมาณ NO ขึ้นสูงสุดแล้วจะไม่ลดอีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากเกิด NO แล้ว ความเข้มข้นของ NO ไม่เป็นไปตามอุณหภูมิแล้ว และ NO แตกตัวช้ามากเลยทำให้ความเข้มข้น NO คงที่ตลอด สำหรับส่วนผสมบางส่วนที่เผาไหม้ที่หลังนั้นเนื่องจากอุณหภูมิของการสันดาปลดลงแล้ว และเวลาของก๊าซที่อยู่ในห้องเผาไหม้ไม่นาน ปริมาณ NO จากก๊าซส่วนหลังจึงน้อยมาก กระบวนการเกิด NO ในห้องเผาไหม้นั้นยังต้องศึกษาทำการวิจัย

อีกมาก กระบวนการเกิด NO บางส่วนยังไม่สามารถอธิบายได้ ที่ทำมาแล้วจะพิสูจน์ได้คือความเข้มข้นของ NO ในภาวะสมดุลเท่านั้น ซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิของเปลว ความเข้มข้น NO จะสูงสุดเมื่อการเผาไหม้เกิดที่อัตราส่วน ส่วนผสม = 16 และหากส่วนผสมหนาหรือบางกว่านี้ ปริมาณ NO ก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในภาวะสมดุลยังแสดงให้เห็นผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นของ NO ได้ชัดเจน

6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน พูลพร (2537) ได้อธิบายว่า ปัจจัยที่มีผลต่อมลพิษทั้งปริมาณและอัตราส่วนผสมนั้นส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น ในการพิจารณาจึงจะเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริง ๆ สำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อกันนั้นจะสรุปพอเป็นสังเขปได้ดังนี้

6.3.1 อัตราส่วนส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง) โดยทั่วไปความเข้มข้นของมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนผสม CO เกือบจะพูดได้ว่า แปรตามอัตราส่วนส่วนผสมโดยตรง ปัจจัยอื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณ HC และอัตราเชื้อเพลิงจำเพาะจะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไป เนื่องจากการลามของเปลวไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้ที่ผิดปกติ ปริมาณ NO จะสูงสุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้

6.3.2 เวลาจุดระเบิดต่ำ เวลาจุดระเบิดต่ำความเข้มข้นของ NO_x จะลดลงอย่างรวดเร็ว จากค่าอัตราส่วนพอดี ในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดต่ำไป 10 CA ความเข้มข้นของ NO_x จะลดลงร้อยละ 30-40 และกำลังขาออกลดลงด้วย อัตราการเกิด NO_x จะลดลงร้อยละ 20 อัตราการเกิด NO_x เป็นผลจากอุณหภูมิของการสันดาปและการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดการเกิด NO_x จะลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสมหนา การจุดระเบิดต่ำจะลดปริมาณ HC ด้วย เนื่องมาจากเผาไหม้ไม่ทันทำให้เผาต่อไปในจังหวะคายและอาจเผาต่อไปในท่อไอเสีย อุณหภูมิไอเสียอาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบางปริมาณ HC จะน้อยแม้ว่าจะจุดต่ำไป

6.3.3 สภาวะไอดี อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่ม NO_x และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บางลงทำให้กำลังตกด้วย สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อ HC นั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะลดปริมาณ NO_x แต่เพิ่ม HC ความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้ NO_x ลดเนื่องจากทำให้อุณหภูมipelวต่ำลงจะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบาง

6.3.4 ก๊าซค้าง หากมีก๊าซค้างในกระบอกสูบมาก จะทำให้อุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้ต่ำลง ปริมาณ HC จะเพิ่มและเกิด NO_x ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่าปริมาณ NO_x น้อย เพราะ การค้างจะมีมากในกระบอกสูบอยู่แล้ว

6.3.5 ความดันกลับจากไอเสีย ความดันกลับจากไอเสียออกไม่สะดวก หรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้น ทำให้มีก๊าซค้างในกระบอกสูบมากขึ้น ลดปริมาณ NO_x แต่มีผลต่อ HC น้อยมาก

6.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นจะช่วยลด HC ได้เล็กน้อย แต่ ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณ NO_x

6.3.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ โดยทั่วไป รูปแบบห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ (S/V ratios) น้อย จะทำให้ปริมาณ HC น้อย ปริมาณ NO_x มาก ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการวางหัวเทียนด้วย อัตราส่วนกำลังอัดสูงจะให้กำลังดีและประสิทธิภาพ สูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังอัดสูงจะเพิ่ม HC และลด NO_x แต่หากใช้ส่วนผสมบาง ปริมาณ NO_x จะ เพิ่มขึ้น ปริมาตรช่องชักเพิ่มจะลด HC และเพิ่ม NO_x ทำนองเดียวกับอัตราส่วนช่องชักต่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง

6.3.8 สภาพการใช้งาน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อ CO HC และ NO_x น้อย มาก ภาระสูงจะให้ NO_x มาก ภาระต่ำ รอบต่ำจะให้ HC และ CO สูง ความเข้มข้นของ NO_x จะ เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบและกำลังเพลลา และแปรตามส่วนผสมและเวลาจุดระเบิดด้วย

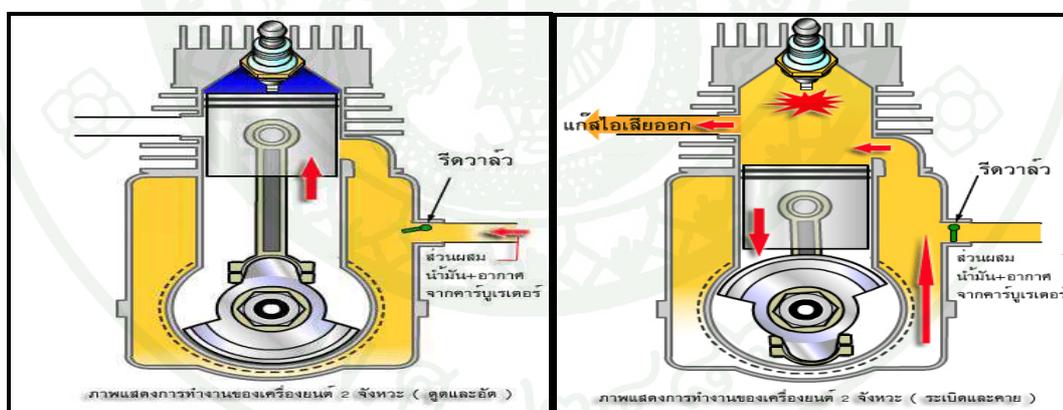
6.3.9 ชนิดของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงจะให้ HC ต่ำกว่า เครื่องที่ใช้เบนซินมาก และ NO_x ก็สูงที่สุด ทั้งนี้เพราะ LPG สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับ อากาศได้ดี การลุกไหม้สมบูรณ์กว่า จึงไม่มี HC เหลือมากนัก และการเผาไหม้ที่ดีก็จะเพิ่มอุณหภูมิ ก๊าซเผาไหม้ ทำให้ปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้น

7. การระเบิดในกระบอกสูบของรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ได้อธิบายหลักการ
ทำงานของเครื่องยนต์ทั้ง 2 ประเภทไว้ว่า

ห้องเผาไหม้คือแหล่งกำเนิดพลังงาน น้ำมันเบนซินถูกทำให้ผสมกับอากาศด้วยเครื่องผสม
น้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ หรือคาร์บูเรเตอร์ (Carbureter) จนกลายเป็นไอ แล้วถูกส่งเข้าไปใน
กระบอกสูบ และไอน้ำมันถูกแรงอัดของลูกสูบอัดจนเหลือปริมาณน้อยลง เมื่อหัวเทียนจุดประกายไฟ
ออกมาเผาไหม้ไอดังกล่าว ทำให้เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ จึงเกิดแรงดันผลักดันลูกสูบให้เคลื่อน
ลง จึงกลายเป็นพลังงานถ่ายทอดผ่านกลไกต่างๆ ไปขับเคลื่อนล้อให้หมุนไป

7.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะคือ เครื่องยนต์ที่ทำงาน 2 ช่วงชัก คือช่วงชักที่
1 คือช่วงชักดูดกับอัด และ ช่วงชักที่ 2 คือช่วงชักระเบิดและคาย และเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะไม่มี
วาล์วเปิดปิดไอดีไอดีเสีย แต่จะใช้ลูกสูบเป็นตัวเปิดปิดไอดีไอดีเสียแทน ซึ่งเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะ
ทำงานรอบจัดกว่าเครื่องยนต์ 4 ช่วงชัก และการเผาไหม้ก็มีประสิทธิภาพดี้อยกว่าด้วย แสดงดังภาพ
ที่ 1



(ก) ช่วงดูดและอัด

(ข) ช่วงระเบิดและคาย

ภาพที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2554)

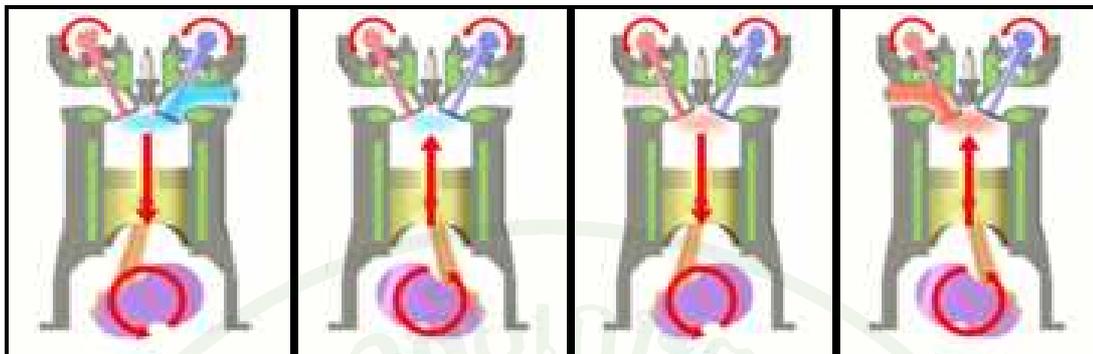
ช่วงซั๊กที่ 1

ดูด/อัด ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมานั้นจะทำให้ช่องพอร์ตไอดีเปิดไอดีถูกอัดจากห้องแครงค์ผ่านเข้ามาบรรจุนในห้องเผาไหม้ ในตอนนี้ช่องพอร์ตไอเสียจะเปิดออกด้วยเชื้อเพลิงที่เข้ามาจะช่วยขับไอเสียจากการเผาไหม้ด้วย ในการทำงานดังกล่าวเพลาค้อเหวี่ยงทำงาน 1/2 รอบ (ครึ่งรอบ)

ช่วงซั๊กที่ 2

ระเบิด/คาย ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนทำให้ช่องพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียปิดอัดเอาเชื้อเพลิงให้มีปริมาตรเล็กกลงในห้องเผาไหม้ หัวเทียนส่งประกายไฟ จุดระเบิดเชื้อเพลิงลูกสูบเคลื่อนที่ลงเพราะแรงระเบิดทำให้ลูกสูบอัดเชื้อเพลิงในห้องแครงค์แล้วถูกอัดเข้ามาเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียเปิดเชื้อเพลิงจะขับไล่ไอเสียออกด้วยเพลาค้อเหวี่ยงหมุนครบ 1 รอบพอดี

7.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ ส่วนผสมของไอระเหยหรือละอองน้ำมันเบนซินผสมกับอากาศเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าไอดีจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบหรือฉีดเข้ากระบอกสูบโดยหัวฉีดในช่วงซั๊กดูดไอดีจะถูกอัดให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส แล้วไอดีถูกจุดระเบิดโดยประกายไฟประมาณ 25,000 โวลท์จากหัวเทียน เรียกช่วงซั๊กนี้ว่าช่วงซั๊กระเบิดหรือ ช่วงซั๊กงานแรงระเบิดทำให้ลูกสูบเคลื่อนลง เครื่องยนต์ได้งานในช่วงซั๊กนี้ทำให้เพลาค้อเหวี่ยงเกิดการหมุน เป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล ช่วงซั๊กคายลูกสูบเคลื่อนขึ้น ลิ้นไอดีปิด ลิ้นไอเสียเปิด ไอเสียออกจากกระบอกสูบทาง ลิ้นไอเสีย ผ่านท่อไอเสีย ออกสู่บรรยากาศ เครื่องยนต์ทำงาน ครบ 4 ช่วงซั๊ก หลักการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 ช่วงซั๊ก แสดงดังภาพที่ 2



(ก) ดูด

(ข) อัด

(ค) ระเบิด

(ง) คาย

ภาพที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2554)

ช่วงชักที่ 1

ช่วงชักดูด ลูกสูบเลื่อนลง จากศูนย์ตายบน ลงสู่ศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีเปิด เพื่อดูดไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียปิด

ช่วงชักที่ 2

ช่วงชักอัด ลูกสูบเลื่อนขึ้น จากศูนย์ตายล่าง ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท ไอดีถูกอัดให้ร้อน 700-900 องศาเซลเซียส

ช่วงชักที่ 3

ช่วงชักระเบิด ลูกสูบเลื่อนขึ้น ใกล้เคียงศูนย์ตายบน หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดีเกิดการระเบิดขึ้นในห้องเผาไหม้ แรงระเบิดทำให้ลูกสูบเลื่อนลง จากศูนย์ตายบน ลงสู่ศูนย์ตายล่าง ทำให้เพลาช้อเหวี่ยงเกิดการหมุน เครื่องยนต์ได้งานในช่วงชักนี้ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ช่วงชักงาน เป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล

ช่วงซั๊กที่ 4

ช่วงซั๊กคาย ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีปิด ลิ้นไอเสียเปิด ก๊าซไอเสียออกจากกระบอกสูบผ่านลิ้นไอเสีย ท่อไอเสีย และออกสู่ชั้นบรรยากาศภายนอก เครื่องยนต์

8. การตรวจวัดสารมลพิษในอากาศจากรถจักรยานยนต์

เทอดศักดิ์ (2553) ได้อธิบายระบบเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ไว้ดังนี้

8.1 ระบบ Non-dispersive infrared analyzer: NDIR ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หลักการทำงาน โดยอาศัยรังสีอินฟราเรด (Infrared) จะดูดกลืนสารต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างกัน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4 ถึง 4.5 ไมครอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน

การทำงานของเครื่องมือ ลักษณะของเครื่องมือวัดประกอบด้วยแหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันสองอัน แหล่งกำเนิดรังสีนี้จะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดซึ่งบรรจุก๊าซไว้ โดยแหล่งกำเนิดแต่ละอันจะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดแต่ละหลอดแยกกัน หลอดหนึ่งจะบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ ซึ่งก๊าซเฉื่อยนี้จะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ซึ่งหลอดนี้เรียกว่า หลอดอ้างอิง (Reference Cell) ส่วนอีกหลอดหนึ่งซึ่งแสงอินฟราเรดฉายผ่านนั้นจะปล่อยให้ก๊าซไอเสียที่ต้องการวิเคราะห์ไหลผ่าน ก๊าซไอเสียจะถูกวิเคราะห์ที่นั่นเรียกว่า ก๊าซตัวอย่าง หลอดนี้จึงถูกเรียกว่า หลอดตัวอย่าง (Sample Cell) หลังจากทีรังสีอินฟราเรดได้ฉายผ่านหลอดทั้งสองแล้ว รังสีที่ผ่านออกไปจะถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับ (Detector) ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ปากทางออกของหลอดทั้งสอง ที่ตัวตรวจจับนี้ภายในจะเป็นห้อง (Chamber) ส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดอ้างอิงจะเรียกว่า ห้องอ้างอิง และส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดตัวอย่างเรียกว่า ห้องตัวอย่าง (Sample Chamber) ห้องสองห้องนี้มีลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นบาง ๆ ซึ่งยึดหยุ่นได้ แผ่นบางนี้

เรียกว่า แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ที่ห้องอ้างอิงและห้องตัวอย่างจะถูกบรรจุไว้ด้วยก๊าซซึ่งสามารถจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้

รังสีอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดฉายผ่านหลอดทั้งสองซึ่งในหลอดทั้งสองได้บรรจุก๊าซไว้แล้ว แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดทั้งสองจะมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ถ้าในหลอดตัวอย่างมีสารที่ต้องการวัดความเข้มข้นอยู่ สารตัวอย่างจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไป ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารนั้น ดังนั้น แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดอ้างอิงจึงมีปริมาณมากกว่าแสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิในห้องตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องอ้างอิง ดังนั้นความดันในห้องอ้างอิงจึงสูงกว่าความดันในห้องตัวอย่างด้วย และที่แผ่นไดอะแฟรมได้ติดตั้งปั๊มโลหะไว้ด้วย แต่ปั๊มโลหะนี้จะอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนย้ายไปไหน แต่แผ่นไดอะแฟรมจะยืดออกตามความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดระยะแตกต่างขึ้นระหว่างแผ่นไดอะแฟรมและปั๊มโลหะ ระยะห่างที่แตกต่างกันเมื่อความดันที่แต่ละความดันนี้จะให้ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ต่างกันด้วย และจากค่าความจุที่ได้นี้เราสามารถชี้แทนค่าความเข้มข้นของสารตัวที่ต้องการวัดได้ แต่ในการทำงานจริงนั้นจะต้องทำให้ค่าความจุที่ปรากฏออกมานี้เป็นสัญญาณแบบสลับ (Alternating Signal) เสียก่อน เพื่อจะนำไปเข้าเครื่องขยายสัญญาณได้ การจะทำให้สัญญาณกลายเป็นสัญญาณสลับก็สามารถทำได้โดยติดตั้งไบพัด เพื่อเอาไว้ตัดลำแสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดทั้งสองอันไม่ให้ฉายเข้าไปในหลอดทั้งสองหลอด อุณหภูมิและความดันในห้องของตัวตรวจจับก็จะลดลงสู่สถานะเหมือนไม่มีสารอะไรในหลอดทั้งสองหลอด ค่าความจุก็นแสดงตามนั้น แล้วไบพัดก็จะหมุนปล่อยในลำแสงอินฟราเรดฉายตามปกติอีก สัญญาณความจุก็นจะเพิ่มขึ้น ไบพัดนี้จะต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้หมุนอยู่เช่นนี้ตลอดการวัดสัญญาณความจุที่ได้จึงได้ออกมาเป็นสัญญาณสลับ

การปรับแต่ง การปรับแต่งสามารถทำได้โดยทำการผ่านก๊าซซึ่งทราบความเข้มข้นเข้าไปที่หลอดตัวอย่าง แล้วจึงทำการปรับสเกลและปรับศูนย์ด้วยก๊าซที่ทราบความเข้มข้น สามารถสร้างกราฟสำหรับปรับแต่ง (Calibration curve) ขึ้นมาได้ ในทางปฏิบัติการจะถูกเขียนระหว่างจุดสองจุดและจะสมมุติว่าเป็นกราฟเส้นตรง โดยการ interpolation แบบเส้นตรง ความยาวของหลอดจะถูกเลือกดังนั้นสเกลจะอยู่ในช่วงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการดูดกลืนพลังงาน

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตกกระทบและพลังงานที่ถูกดูดกลืน ความยาวของหลอด และความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด ดังสมการ

$$E_a = E_i(1 - e^{-kcL})$$

เมื่อ E_a = พลังงานที่ถูกดูดกลืน

E_i = พลังงานที่ตกกระทบ

k = ค่าคงที่ของการดูดกลืน

c = ความเข้มข้นของสารที่สนใจ

L = ความยาวของหลอดบรรจุก๊าซ

8.2 ระบบ Flame ionization detector: FID ตรวจวัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) หลักการทำงาน ใช้หลักการที่ว่า เมื่อเผาไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ (Pure H₂) กับอากาศ เปลวไฟที่ได้จะมีการแตกตัว (Ionization) น้อยมาก ถ้ามีโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนรวมเข้าไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกตัวเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล การแตกตัวจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด พาราฟิน (Paraffin) โอลีฟิน (Olefin) อะโรแมติก (Aromatic) ฯลฯ จะมีผลตอบสนองกับการวัดได้เท่าๆ กัน แต่จะต่างกับพื้นที่ถ้าโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนและอะตอมของไนโตรเจน

การทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบวิเคราะห์ FID ประกอบไปด้วยส่วนของเครื่องเผา ตัวรวบรวมประจุ (Ion Collector) และวงจรรีไฟฟ้านำเครื่องเผาจะประกอบด้วยหลอดคาปิลารี (Capillary) ซึ่งก๊าซตัวอย่างและของผสมของไนโตรเจนและไฮโดรเจนบริสุทธิ์จะถูกนำมาใช้อากาศที่ใช้ในการสันดาปจะถูกนำมาจากรอบ ๆ หลอดคาปิลารี เมื่อผสมได้เข้ากันดีแล้ว ส่วนผสมนี้จะถูกเผาโดยเส้นลวดร้อน ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของเครื่องเผา

ตัวรวมประจุและหลอดคาปิลารีจะถูกต่อเข้ากับวงจรรีไฟฟ้านามไฟฟ้าสถิตในบริเวณที่เกิดเปลวจะถูกผลิตขึ้นโดยแบตเตอรี่ซึ่งมีขั้วบวกลบ มันจะทำให้ประจุหรืออิเล็กตรอนวิ่งไปที่เปลวและประจุบวกวิ่งไปหาตัวรวมประจุ สัญญาณกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ได้ จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนประจุที่เกิดขึ้นสัญญาณแบบกระแสตรง จะถูกทำให้กลายเป็นกระแสสลับ เพื่อทำการขยายสัญญาณขึ้นแล้ว กระบวนการซึ่งทำให้อ่านออกมาได้เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนในก๊าซไอเสียต่อ

ระบบการไหล ความไวของระบบ FID จะมีผลโดยอัตราการไหลของก๊าซตัวอย่างและส่วนผสมของไฮโดรเจนกับไนโตรเจน วิธีหนึ่งที่จะใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

แต่ละชนิด คือ ปล่อยให้ก๊าซแต่ละชนิดไหลผ่านหลอด capillary อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของหลอด capillary เพื่อให้ได้ผลดีหลอด capillary ควรจะสะอาดและความดันที่เกิดขึ้นใน capillary ควรคงที่และควรได้รับการควบคุมด้วย เนื่องจาก FID มีความไวต่ำมากกับไอน้ำ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการควบแน่น H_2O ก่อน เพื่อป้องกันการอุดตันของระบบ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้เนื่องไม่ได้รับความร้อนใน FID หัวเผาและหลอดตัวอย่างซึ่งจะถูกทำให้ความร้อนขึ้นไปถึง 350-400 องศาฟาเรนไฮด์ สิ่งเหล่านี้จะลดการควบแน่นของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งในก๊าซตัวอย่างอาจกลายเป็นไอน้ำในระบบขึ้นได้

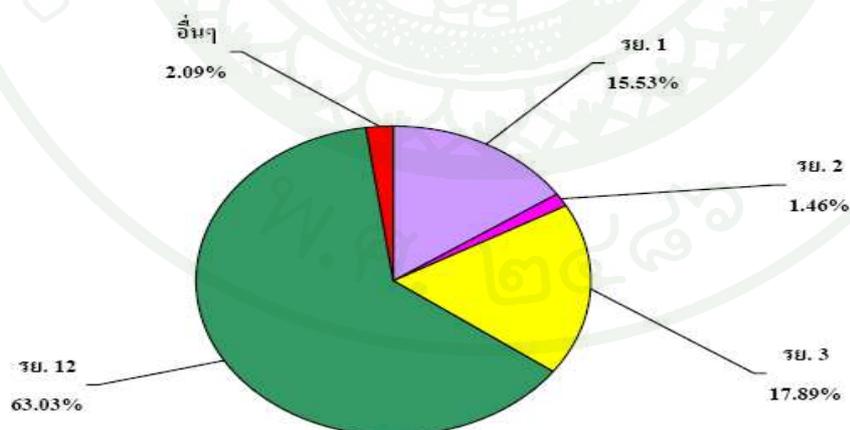
8.3 ระบบ Chemiluminescent detector: CLD การตรวจวัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) หลักการทำงานของเครื่องมือ Chemiluminescent detector ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย NO จะไหลเข้าสู่กระบอกซึ่งสวมเข้ากับ Flow reactor ซึ่งมีความดันต่ำ โดยทั่ว ๆ ไปจะมีค่าประมาณ 5-7 torr ขณะเดียวกัน Ozone ซึ่งจะถูกผลิตขึ้นใน Ozonator จะถูกดันเข้าสู่ Reactor และผสมกันอย่างดีกับ NO ตัวอย่างในบริเวณที่ใกล้กับตัวตรวจจับปฏิกิริยาระหว่าง NO และ O_3 จะเกิดขึ้นซึ่งได้ผลิตโมเลกุลของ NO_2 บางตัวที่ถูกกระตุ้นทางอิเล็กทรอนิกส์ออกมา การสลายตัวเข้าสู่สภาพเดิมของโมเลกุลที่ถูกกระตุ้นจะปล่อยแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.6-3 ไมครอน และถูกตรวจจับโดย Photomultiplier สัญญาณจะถูกขยายและส่งผ่านไปยังตัวบันทึก

9. จำนวนรถจักรยานยนต์ในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 จำนวนรถที่จดทะเบียนใหม่ (ป้ายแดง) โดยแยกยี่ห้อรถทั่วประเทศ ไตรมาสที่ 1
ปีงบประมาณ 2553 (ต.ค.-ธ.ค.52) เปรียบเทียบกับปีงบประมาณ 2552 (ต.ค.-ธ.ค.51)

รถจักรยานยนต์ (รย.12)				
อันดับที่	ยี่ห้อรถ	ปีงบ 53 (คัน)	ปีงบ 52 (คัน)	เพิ่ม / ลด (%)
1	ฮอนด้า	262,349	247,471	6.01
2	ยามาฮ่า	107,957	105,870	1.97
3	ซูซูกิ	15,183	24,288	(37.49)
4	คาวาซากิ	4,347	2,814	54.48
5	RYUKA	2,056	1,565	31.37
	อื่นๆ	2,086	2,758	(24.37)
รวม		393,976	384,766	2.39

ที่มา: กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2553)



ภาพที่ 3 จำนวนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์

ที่มา: กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2553)

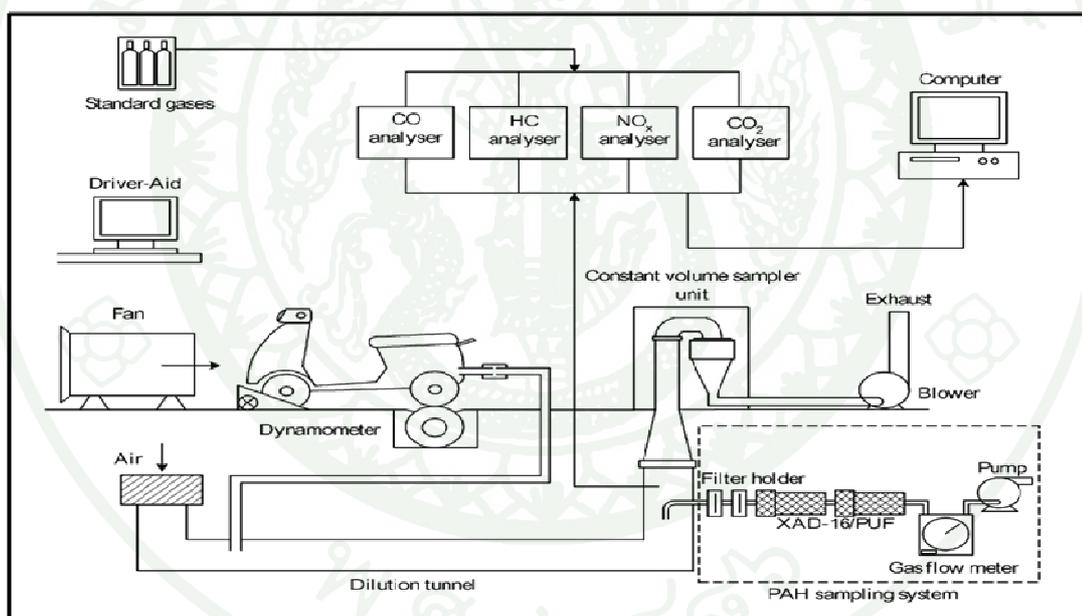
กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2553) กล่าวว่า จำนวนรถจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2552 มีจำนวนทั้งสิ้น 26.26 ล้านคัน เพิ่มขึ้นจากปี 2551 ร้อยละ 2.84 โดยประเภทรถที่จดทะเบียนสะสมมากที่สุด คือ รถจักรยานยนต์ (รย.12) ซึ่งมีจำนวนถึง 16.55 ล้านคัน คิดเป็นร้อยละ 63.03 ของจำนวนรถจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์สะสม ทั่วประเทศ

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tsai *et al.* (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งาน รูปแบบการขับขี่ และประเภทของรถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ โดยทำการตรวจวัดสารมลพิษ ได้แก่ CO, NO_x, VOCs และ THC รถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 19 คัน เป็นรถใหม่ 7 คันและรถที่ใช้แล้ว 12 คัน ทำการทดสอบบนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ โดยมีรูปแบบของการขับขี่ แบ่งเป็น 5 รูปแบบ คือ ขณะรถจอดนิ่ง รถอยู่ในเกียร์ว่างแล้วเร่งเครื่อง ขับขี่โดยใช้ความเร็ว 30 km/h , 50 km/h และขณะที่ลดความเร็วลง ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ และวิเคราะห์ HC ด้วยเครื่อง GC/MS จากการทดลองพบว่า ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้แล้วมีการปล่อย CO, NO_x และ THC มากกว่ารถใหม่ ส่วนปัจจัยการระบาย THC จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะสูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ และพบว่าในขณะที่ลดความเร็วลงและช่วงรถหยุดวิ่งมีปัจจัยการระบาย VOCs สูงกว่าในขณะที่รถขับขี่ด้วยความเร็ว 30 km/h และ 50 km/h

Yang *et al.* (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ขนาดของเครื่องยนต์ และประเภทของรถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศ เช่น polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs, 2-7 ring) และ สารมลพิษอื่นๆ ได้แก่ CO, HC, NO_x, PM จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ระบบคาร์บูเรเตอร์ ขนาดเครื่องยนต์ 50 CC.(2-Stk/Cb) และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบคาร์บูเรเตอร์(4- Stk/Cb) และระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง(4 Stk/FI) ขนาดเครื่องยนต์ 125 CC. ทำการทดสอบในห้องทดสอบด้านยานยนต์บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ มีการเก็บตัวอย่างก๊าซโดยวิธีเจือจางแบบปริมาตรคงที่ (แสดงดังภาพที่ 4) รูปแบบของการขับขี่ทดสอบตามวัฏจักร คือ ที่ช่วงความเร็ว 15, 32, 35 และ 50 km/h ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ CO ด้วยเครื่อง NDIR ตรวจวัดและวิเคราะห์ HC ด้วยเครื่อง FID ตรวจวัดและวิเคราะห์ NO_x ด้วยเครื่อง CLD ตรวจวัดและ

วิเคราะห์ PAHs ด้วยเครื่อง GC/MS และเก็บตัวอย่าง PM ด้วยกระดาษกรองชนิด Teflon จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย PAHs จากระถังจักรยานยนต์ 2-Stk/Cb, 4- Stk/Cb และ 4 Stk/FI เท่ากับ 86.4, 46.3, และ 48.9 % ตามลำดับ โดยค่าปัจจัยการระบาย PAHs ขณะเครื่องเย็นมีค่ามากกว่าขณะเครื่องร้อน และค่าปัจจัยการระบาย PAHs เท่ากับ 8320, 5990 และ 3390 $\mu\text{g}/\text{km}$ จากระถังจักรยานยนต์ประเภท 2-Stk/Cb, 4- Stk/Cb และ 4 Stk/FI ตามลำดับ ซึ่งระถังจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีค่าปัจจัยการระบาย PAHs สูงสุด และยังพบว่าระถังจักรยานยนต์ประเภท 2-Stk/Cb ปล่อย BaP ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เท่ากับ 10.8 $\mu\text{g}/\text{km}$ จากการทดลองนี้สรุปว่าค่าปัจจัยการระบาย HC, PM และ PAHs จากระถังจักรยานยนต์ประเภท 4 Stk/FI มีค่าน้อย เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การปล่อย CO และ PAHs จากระถังจักรยานยนต์ทุกประเภทที่ทำการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05



ภาพที่ 4 แผนผังอุปกรณ์การทดสอบการเก็บตัวอย่างก๊าซ

ที่มา: Yang *et al.* (2005)

Tsai *et al.* (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารอบการขับจี้ที่มีผลต่อโปรแกรมการจัดการมลพิษจากระถังจักรยานยนต์ โดยทำการศึกษาปัจจัยการระบายสารมลพิษ ได้แก่ carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) และ carbon dioxide (CO_2) และ

เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ ตามรูปแบบการขับขี่ของเมือง Kaohsiung (Kaohsiung Driving Cycle, KHM) และตามรูปแบบการขับขี่ของยุโรป (Economic Commission of Europe Driving Cycle, ECE) โดยกำหนดรูปแบบการขับขี่คือ ช่วงความเร็ว 0, 0-24, 24-32, 32-40 และ 40-48 km/h ทำการทดสอบบนแซสซิสไดนาโมมิเตอร์ รถจักรยานยนต์ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดจำนวน 19 คัน เป็นรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะขนาดเครื่องยนต์ 50 CC. จำนวน 10 คัน (ใหม่ 3 คัน เก่า 7 คัน) และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะขนาดเครื่องยนต์ 125 CC. จำนวน 9 คัน (ใหม่ 3 คัน เก่า 6 คัน) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ก๊าซแบบปริมาตรคงที่ พบว่า ค่าความเข้มข้นของ CO, THC และ NO_x ประมาณ 2, 6 และ 0.1 ppm ตามลำดับ และจากผลการทดลองพบว่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ตามรูปแบบการขับขี่ของเมือง KHM ที่ทำการทดสอบแบบเร่งความเร็ว เท่ากับ 8.6 % และตามรูปแบบการขับขี่ของ ECE เท่ากับ 32.3 % ค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะตามรูปแบบการขับขี่ของเมือง KHM ได้แก่ CO, THC, NO_x และ CO₂ เท่ากับ 2.5, 1.5, 2.0 และ 1.0 ppm ตามลำดับ และค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะตามรูปแบบการขับขี่ของ ECE ได้แก่ CO, THC, NO_x และ CO₂ เท่ากับ 1.5, 1.3, 1.4 และ 1.0 ppm ตามลำดับ ส่วนค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะที่รูปแบบการขับขี่ของเมือง KHM สูงกว่ารูปแบบการขับขี่ของ ECE และค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รูปแบบการขับขี่ของเมือง KHM สูงกว่ารูปแบบการขับขี่ของ ECE เท่ากับ 10 %

Lin *et al.* (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ชนิด ขนาดของเครื่องยนต์ อายุและยี่ห้อของรถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อค่าปัจจัยการระบาย CO และ HC โดยมีการใช้โปรแกรมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง (I/M Program) โดยทำการศึกษาในช่วงปี 1996-2002 ณ เมือง Basin ทำการทดสอบในขณะที่รถหยุดนิ่งด้วย I/M Program จากสถานีตรวจสอบโดยมีข้อมูลการทดสอบคือ ชนิด ขนาดของเครื่องยนต์ อายุ ยี่ห้อ ระยะทางที่ใช้ วันที่ทำการทดสอบ จำนวนครั้งของการทดสอบ มีการบันทึกค่าความผิดพลาดของข้อมูล เพื่อใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นของ CO และ HC จากผลการทดลองพบว่า ชนิด ขนาดของเครื่องยนต์ อายุและยี่ห้อของรถจักรยานยนต์มีผลต่อการกำหนด I/M Program และรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีการปล่อย HC มากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ส่วนค่าปัจจัยการระบาย CO และ HC มีค่ามากในการทดสอบกับรถที่มีขนาดของเครื่องยนต์เล็กและรถที่มีอายุการใช้งานมาก และค่าปัจจัยการระบาย CO และ HC ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการขับขี่

Lin *et al.* (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ โปรแกรมการตรวจสอบและการซ่อมบำรุง (I/M program) จากไต้หวันเพื่อลดสารมลพิษที่เกิดจากรถจักรยานยนต์ ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ อายุ ขนาดของเครื่องยนต์ ระยะทางที่ใช้ และยี่ห้อ ของรถจักรยานยนต์เพื่อทำการทดสอบหาความเข้มข้นของ CO, HC และ CO₂ จากผลการทดลองพบว่า อายุ ขนาดของเครื่องยนต์ ระยะทางที่ใช้ และยี่ห้อ มีผลต่อการนำไปใช้ในการกำหนด I/M Program และมีผลต่อค่าปัจจัยการระบายสาร HC ซึ่งสรุปได้ว่าเครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่สามารถลดปัจจัยการระบายสาร HC ได้ดีกว่าเครื่องยนต์ที่มีขนาดเล็ก โดยรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าปัจจัยการระบายสาร HC สูงกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ และพบว่ารถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Kwangyang และ Sangyang มีค่าปัจจัยการระบาย HC ต่ำกว่ายี่ห้อ Yamaha

Alvarez *et al.* (2009) ได้ศึกษาการปล่อยสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ตามมาตรฐาน Euro-3 ทำการทดลองกับรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่มีขนาดของเครื่องยนต์ มากกว่า 150 CC. และน้อยกว่า 150 CC. จำนวน 10 คัน และทำการตรวจวัดสารมลพิษ ได้แก่ CO, HC, NO_x และ CO₂ เป็นต้น จากการทดลองพบว่า รถจักรยานยนต์ที่มีขนาดของเครื่องยนต์น้อยกว่า 150 CC. ปล่อยก๊าซ CO และ HC ในปริมาณสูงขณะที่มีการเร่งเครื่องระหว่างทำการทดสอบ ส่วนรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดของเครื่องยนต์มากกว่า 150 CC. ปล่อยก๊าซ CO₂ สูงเนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงเกิด CO₂ สูงและปล่อย NO_x สูงเป็นผลมาจากอุณหภูมิในกระบวนการการเผาไหม้และระยะเวลาในตัวกรองสารมลพิษ

Yang *et al.* (2011) ได้ศึกษาการปล่อยสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ที่ไต้หวัน เปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด ระหว่าง 3% Ethanol (E3) และ Gasolin (E0) ทำการทดลองกับรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ จำนวนทั้งหมด 9 คัน ที่มีขนาดของเครื่องยนต์ 100 CC. และ 150 CC. ทำการทดสอบในห้องทดสอบด้านยานยนต์บนแซสซีสไคนาโมมิเตอร์ และทำการตรวจวัดสารมลพิษ ได้แก่ CO, HC, NO_x, CO₂ และ Carbonyls จากผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อเพลิง 3% Ethanol (E3) มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซ CO และ THC ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิด Gasolin (E0) เป็น 20 และ 5.27 % ตามลำดับและค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซ NO_x และ CO₂ เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิด Gasolin (E0) เป็น 5.47 และ 2.50 % ตามลำดับ โดยนำค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากเชื้อเพลิง 3% Ethanol (E3) และ Gasolin (E0) มาเปรียบเทียบกับค่าความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี t-test พบว่าค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซ CO มีความแตกต่างทาง

สถิติที่ระดับ 0.06 และค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซ THC, NO_x และ CO₂ ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.06

ฐิติมา (2543) ได้ทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของ เบนซีน โทลูอิน และไซลีน ในน้ำมันเบนซิน และในไอเสียจากรถจักรยานยนต์ จำนวน 44 คัน ตัวอย่างของรถจักรยานยนต์จะพิจารณาถึงชนิดของเครื่องยนต์ (2 จังหวะและ 4 จังหวะ) และอายุของเครื่องยนต์ (เก่า กลาง และใหม่) โดยเกณฑ์อายุของเครื่องยนต์ถูกกำหนดไว้ดังนี้ รถจักรยานยนต์ใหม่ จะมีอายุน้อยกว่า 5 ปี รถจักรยานยนต์กลางเก่า กลางใหม่ จะมีอายุอยู่ในช่วง 5-10 ปี และรถจักรยานยนต์เก่า จะมีอายุมากกว่า 10 ปี การเก็บตัวอย่างไอเสียได้ใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศชนิดเท็ดลาร์ ที่สภาวะรอบเครื่องเดินเบา ตัวอย่างที่ได้รับจะถูกนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี ชนิด เฟลมไอออนไนซ์เซชัน ในการศึกษาพบว่า เครื่องยนต์ 2 จังหวะ จะปล่อยสารมลพิษไฮโดรคาร์บอน (เบนซีน โทลูอิน และไซลีน) มากกว่าชนิด 4 จังหวะ 3-4 เท่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ เบนซีน โทลูอิน และไซลีน จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะเก่า มีค่าเท่ากับ 116.15, 261.73 และ 39.21 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ในขณะที่ รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะใหม่ มีค่าเท่ากับ 11.74, 29.00 และ 7.59 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ผลจากการศึกษายังบ่งชี้ว่า อายุของเครื่องยนต์ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษจากไอเสียที่ปล่อยออกมา อย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ มาทำการศึกษาวิจัยและเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากไอเสีย (Emission factor) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption) ระหว่างรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ ในแต่ละช่วงความเร็ว โดยสารมลพิษจากไอเสียที่ทำการตรวจวัดประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ 91 และ น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ 95

การศึกษาวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งอยู่เลขที่ 138/28 หมู่ที่ 2 ถนนรังสิตนครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ห้องปฏิบัติการฯ ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ โดยมีลักษณะการทำงาน เป็นการจำลองการขับขี่บนท้องถนนมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ โดยเก็บตัวอย่างไอเสียตลอดการขับขี่ ซึ่งจะมีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริง เป็นวิธีมาตรฐานสากลที่ใช้ในปัจจุบัน โดยกำหนดในมาตรฐานต่างประเทศ เช่น Directive 70/220/ EEC (EURO3) และมาตรฐานในประเทศไทย ได้แก่ มอก. 2350-2550 (รถจักรยานยนต์)

1. รถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย

1.1 รถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะ จำนวน 11 คัน โดยทดสอบกับน้ำมันเบนซิน 91 จำนวน 2 คัน น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ 91 จำนวน 4 คัน และน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ 95 จำนวน 5 คัน มีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 100 - 150 CC. ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ YAMAHA, HONDA, TIGER, SUZUKI และ KAWASAKI (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

1.2 รถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ จำนวน 26 คัน โดยทดสอบกับน้ำมันเบนซิน 91 จำนวน 12 คัน น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 91 จำนวน 6 คัน และน้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 95 จำนวน 8 คัน มีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 110 - 135 CC. ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ YAMAHA, HONDA, TIGER, SUZUKI และ KAWASAKI (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

2. เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ประกอบด้วยเชื้อเพลิง น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 91 และ น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 95

3. ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer System) ซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงต้านในการทดสอบตามน้ำหนักของรถจักรยานยนต์รวมทั้งสร้างแรงต้านตามความเร็วของการทดสอบ และตามสภาวะการณ์ของการทดสอบจริง ซึ่งระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

3.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) เป็นอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit) ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) แบบ Single roller ที่สามารถชดเชยความสูญเสียทางกล (Mechanical loss) ได้โดยอัตโนมัติ (แสดงดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แซสซีสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

3.2 พัฒนาระบายความร้อน (Cooling fan) ทำหน้าที่สร้างลมให้เสมือนกับการขับขึ้นบนถนน เพื่อระบายความร้อนของระบบเครื่องยนต์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ และทำงานร่วมกับแซสซีสไดนาโมมิเตอร์ โดยสามารถให้ความเร็วแปรผันตามความเร็วของรถจักรยานยนต์ ในขณะที่ทำการทดสอบตามความเร็วของลูกกอล์ฟ โดยขนาดของพัดลมสามารถทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านรถจักรยานยนต์มีความเร็วเท่ากับรถจักรยานยนต์ที่วิ่งอยู่จริงตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ (แสดงดังภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 พัดลมระบายความร้อน

3.3 อุปกรณ์ควบคุม (Control unit) เป็นชุดควบคุมการทำงานของเซสซิสไดนาโมมิเตอร์ และพัดลมระบายความร้อน สามารถตั้งเงื่อนไขในการทำงานสร้างแรงดันในการทดสอบ และการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทางกลต่าง ๆ ของระบบได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากลและเงื่อนไขภาวะของการทดสอบ ซึ่งสามารถบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาในการทดสอบได้ เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ (แสดงดังภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 อุปกรณ์ควบคุมระบบแซลซีสไดนาโมมิเตอร์

4. ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้เก็บและเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ ระบบโดยตรง (Direct Sampler) ที่ไม่มีการเจือจางไอเสีย เก็บโดยตรงจากปลายท่อรถจักรยานยนต์แล้วอ่านค่ามลพิษที่วัดได้ และระบบเก็บตัวอย่างโดยการเจือจางไอเสียแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampler (CVS)) โดยชุดเก็บตัวอย่าง ทำหน้าที่ผสมไอเสียให้ถูกเจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน มีอุปกรณ์กำจัดฝุ่นและความชื้น รวมทั้งอุปกรณ์วัดปริมาตรของตัวอย่างอากาศที่ผสมที่ตรวจสอบได้ (แสดงดังภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ระบบเก็บตัวอย่าง

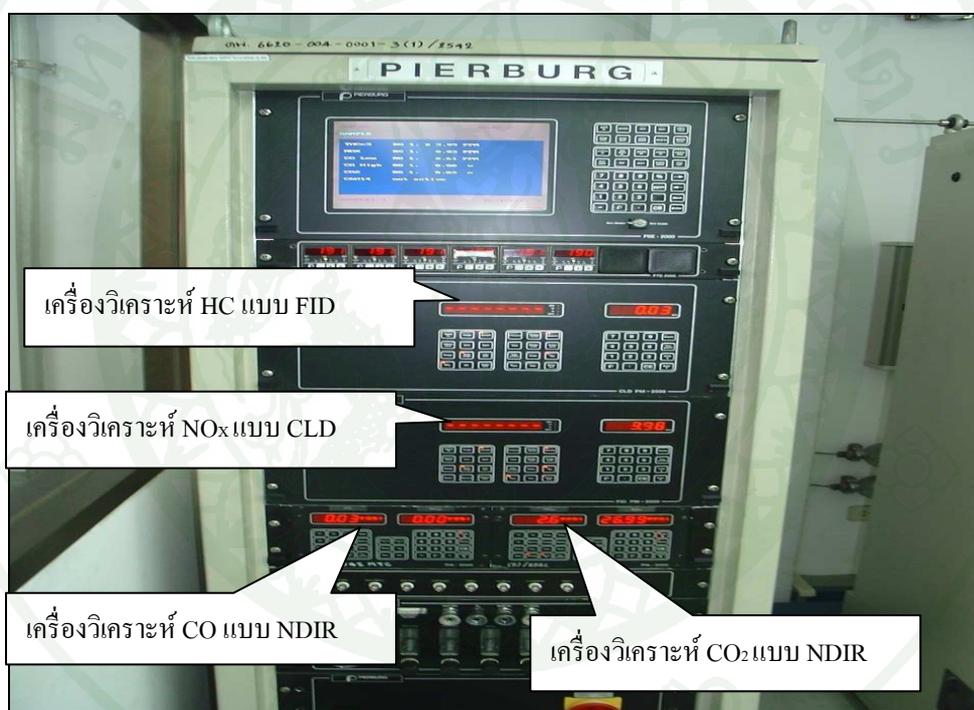
5. ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) สามารถวัดค่ามลพิษได้ทั้งแบบ Direct Measurement และ แบบ CVS Measurement ที่ใช้สำหรับการทดลองในครั้งนี้ (แสดงใน ภาพที่ 9) ประกอบด้วย

5.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเฟลม ไอออนไนเซชัน (Flame ionization detector: FID) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของ ช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

5.2 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence detector: CLD) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของ ช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

5.3 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-6 %

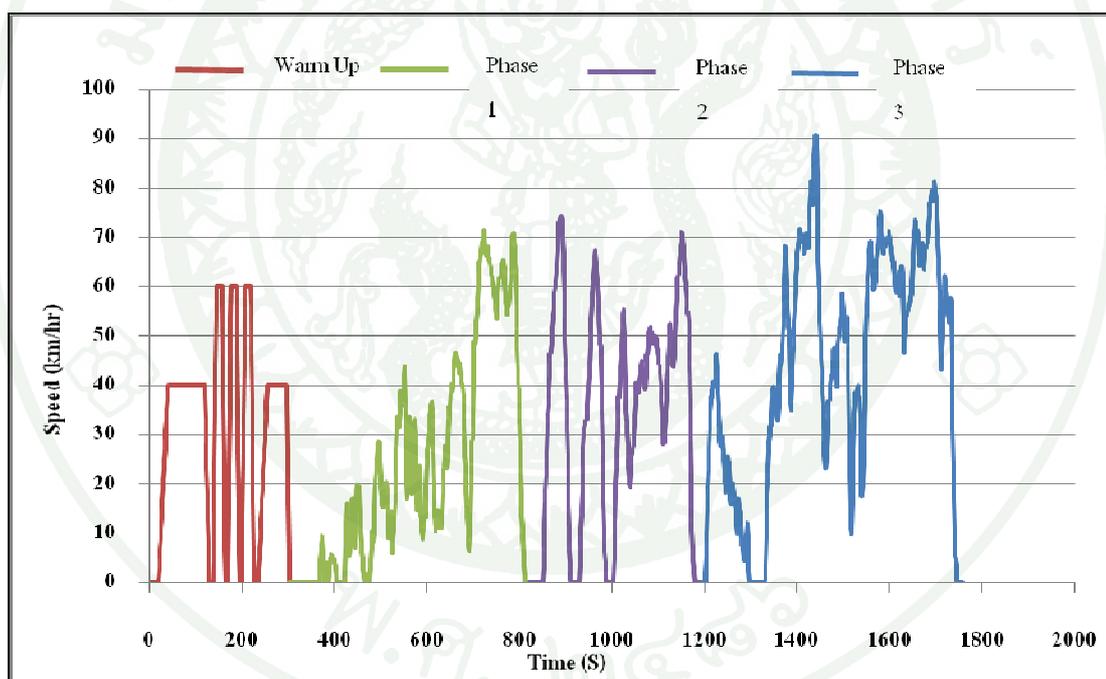
5.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10 %



ภาพที่ 9 ระบบวิเคราะห์ไอเสีย

6. วัฏจักรและรูปแบบการทดสอบ โดยการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) โดยใช้รูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย 4 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการปรับสภาพเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการใช้งาน (Warm up) โดยขับที่รถจักรยานยนต์ตามวัฏจักรตามรูปแบบที่กำหนด ความเร็วระหว่าง 0-60 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง คิดเป็นความเร็วเฉลี่ย 31.12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 301 วินาที ระยะทางรวม 2.60 กิโลเมตร ส่วนที่ 2 (PHASE 1) ความเร็วระหว่าง 0-71.31 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับขี่ 520 วินาที ระยะทางรวม 3.39 กิโลเมตร ส่วนที่ 3 (PHASE 2) ความเร็วระหว่าง 0-74.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.28 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับขี่ 370 วินาที ระยะทางรวม 3.42 กิโลเมตร ส่วนที่ 4 (PHASE 3) ความเร็วระหว่าง 0-90.45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 43.01 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับขี่ 568 วินาที ระยะทางรวม 6.79 กิโลเมตร (แสดงในภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 รูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานครสำหรับรถจักรยานยนต์

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2553)

7. ระบบควบคุมการทำงานและประมวผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) ประกอบด้วย เครื่องควบคุมการทำงานและประมวผล อุปกรณ์ช่วยการขับรถจักรยานยนต์ (Driver's Aid) (แสดงในภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ระบบควบคุมการทำงานและประมวผลข้อมูล

8. ก๊าซชนิดต่างๆสำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration and operating gases) (แสดงดังภาพที่ 12) ประกอบด้วย

8.1 ก๊าซผสมระหว่าง C_3H_8 และไนโตรเจนบริสุทธิ์ สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรคาร์บอน

8.2 ก๊าซผสมระหว่าง NO และไนโตรเจนบริสุทธิ์ สำหรับปรับเทียบเครื่องมือ
ตรวจวิเคราะห์ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน

8.3 ก๊าซผสมระหว่าง CO และไนโตรเจนบริสุทธิ์ สำหรับปรับเทียบเครื่องมือ
ตรวจวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

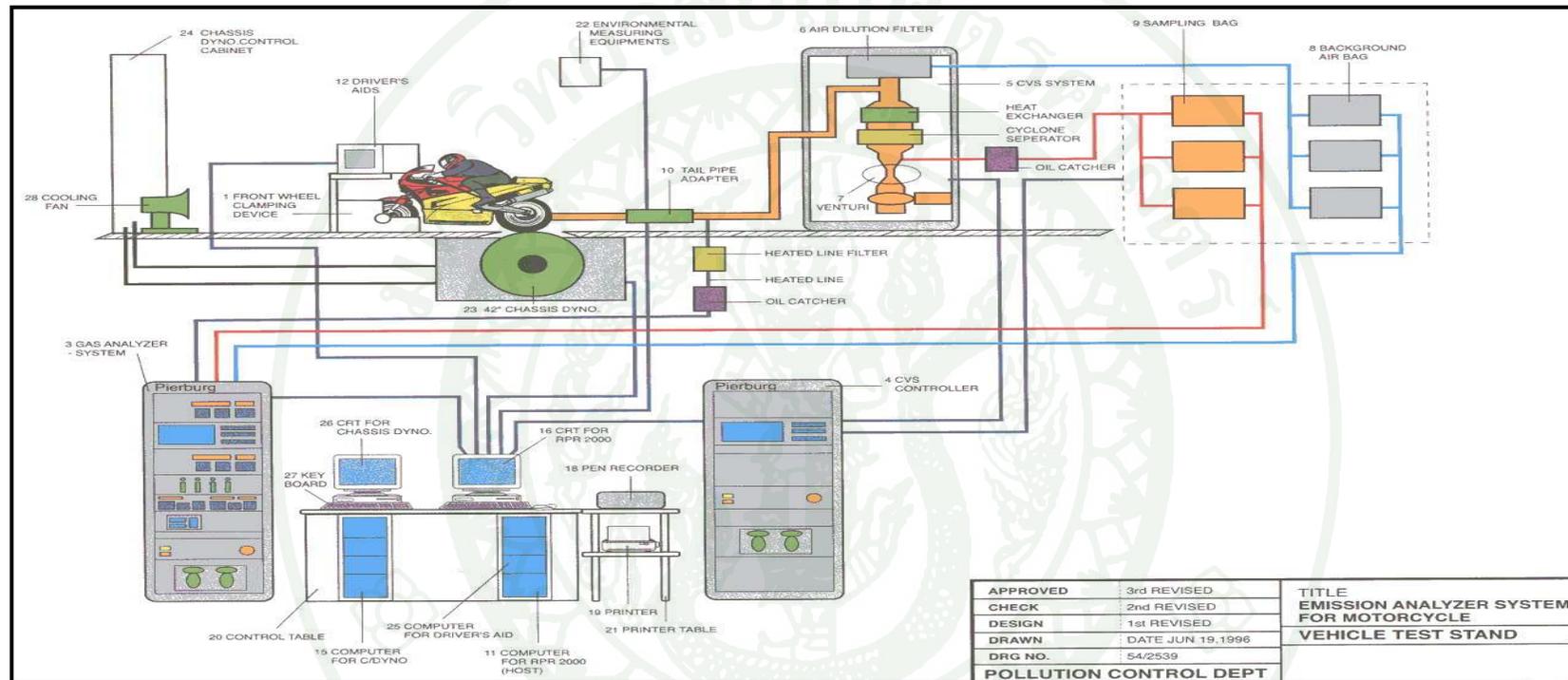
8.4 ก๊าซผสมระหว่าง CO₂ และไนโตรเจนบริสุทธิ์ สำหรับปรับเทียบเครื่องมือ
ตรวจวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 12 ก๊าซมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องมือ

วิธีการ

ทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง 2 จังหวะ และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ในห้องทดสอบด้านยานยนต์บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) ทำการเก็บตัวอย่างไอเสียแบบปริมาตรคงที่ (Constant volume sampling: CVS) ตามมาตรฐานมาตรฐานสากลที่ใช้ในปัจจุบัน โดยมาตรฐานสำหรับรถเครื่องยนต์เบนซินที่กำหนดในต่างประเทศ เช่น มาตรฐาน Directive 70/220/EEC (EURO3) และมาตรฐานรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2350-2550 เป็นต้น ซึ่งเป็นการจำลองสภาพการวิ่งของรถจักรยานยนต์ ที่มีสภาพใกล้เคียงกับการขับขี่บนท้องถนนจริง เพื่อให้ได้สารมลพิษที่ปล่อยออกมา มีสภาพใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริง โดยประเมินสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนักกรัมต่อกิโลเมตร รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร ตัวอย่างอากาศจะถูกเก็บจากปลายท่อไอเสียที่ระดับความเร็วต่างๆ โดยมลพิษทางอากาศที่ทำการศึกษา ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อายุการใช้งานของรถคือ ทุกช่วงอายุการใช้งาน และความเร็วรอบของรถขณะตรวจวัด โดยแบ่งความเร็วในการขับขี่เป็น 4 ช่วง คือ 20-30, 30-40, 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในทุกช่วงของความเร็ว (20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งแสดงแผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ ดังภาพที่ 13 จากนั้นทำการเปรียบเทียบมลสารที่ปล่อยออกจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ และนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม SPSS



ภาพที่ 13 แผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2553)

รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. ขั้นตอนการทดสอบสารมลพิษจากไอเสีย และอัตราการใช้เชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

1.1 เตรียมรถจักรยานยนต์ตัวอย่างก่อนการทดสอบ เพื่อให้การทดสอบรถจักรยานยนต์เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ถูกต้องและไม่มีความผิดพลาดจากการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ซึ่งการเตรียมรถตัวอย่างให้พร้อมก่อนการทดสอบเป็นขั้นตอนสำคัญ มีการตรวจสอบสภาพความพร้อมก่อนการทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ ไม่มีการรั่วไหลของน้ำมันเครื่อง การตรวจสอบระบบเบรก ระบบท่อไอเสียจะต้องไม่ชำรุดหรือมีจุดรั่วไหลซึ่งจะมีผลต่อสารมลพิษไอเสียที่ออกมา การตรวจสอบความดันลมยางของรถตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้อแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตรถจักรยานยนต์และบริษัทผู้ผลิตยาง และเชื้อเพลิงมีเพียงพอสำหรับการขับขี่ตลอดวัฏจักรและตลอดการทดสอบ ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีรายละเอียดของใบตรวจเช็คที่ครอบคลุมรายละเอียดทั้งหมด เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดหรือตรวจสอบไม่ครบทุกรายการ

1.2 ตรวจสอบชนิดของเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง เพื่อให้การตรวจวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

1.3 รถจักรยานยนต์ตัวอย่างขึ้นแท่นทดสอบบน Chassis dynamometer รถตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบสภาพความพร้อมเรียบร้อยแล้วจะนำขึ้นแท่นทดสอบเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการจำลองสภาพรถจักรยานยนต์ให้เสมือนสภาพการขับขี่จริงบนท้องถนน ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย การปรับตั้งค่าแรงต้านของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง โดยปรับตั้งตามค่าน้ำหนักที่ได้ทำการชั่งไว้ และหลังจากนั้นผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะทำการขับเคลื่อนรถตัวอย่างตามวัฏจักรรูปแบบที่กำหนดเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับรถจักรยานยนต์และตรวจสอบความพร้อมของรถจักรยานยนต์

1.4 เตรียมข้อมูลรถจักรยานยนต์ตัวอย่างและรูปแบบการขับขี่ ก่อนที่จะทำการทดสอบ ผู้ควบคุมการทดสอบจะทำการเตรียมรายละเอียดคุณลักษณะของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ได้แก่ รายละเอียดทางด้านเทคนิคของรถจักรยานยนต์และเครื่องยนต์ เช่น ปริมาตรความจุกระบอก

สูบของเครื่องยนต์ น้ำหนักของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบโดยน้ำหนักที่ได้ให้บวกเพิ่มอีก 75 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของผู้ขับรถทดสอบและเชื้อเพลิง รูปแบบวัฏจักรการขับขี่กรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะใช้ใส่เข้าไปในโปรแกรมของการทดสอบ ทั้งเพื่อการสืบค้นข้อมูลของรถยนต์ ตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบในอนาคตหรือเมื่อต้องการทราบรายละเอียดต่างๆ เช่น รายละเอียดของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง รายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบ

1.5 เตรียมเครื่องมือและระบบทดสอบ การเตรียมเครื่องมือประกอบด้วย ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer system) ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ (Vehicle emission test control system) และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีความพร้อมแล้วจึงดำเนินการทดสอบ

1.6 ทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่างจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จัหวะ จำนวน 11 คันและรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จัหวะ จำนวน 26 คัน และเก็บตัวอย่างสารมลพิษจากไอเสีย ทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์จะเริ่มดำเนินการได้ต่อเมื่อทุกขั้นตอนที่กล่าวมามีความพร้อม โดยรถตัวอย่างจะขับเคลื่อนตามวัฏจักรรูปแบบที่กำหนดเลือกไว้ ด้วยความเร็วและระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่เดียวกันระบบเก็บตัวอย่างสารมลพิษจะทำการเก็บตัวอย่างไอเสียจากรถตัวอย่าง และอากาศที่ใช้เจือจางไอเสีย ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ เข้าถุงเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดวัฏจักรการขับขี่ โดยที่ภาวะทดสอบ ในห้องทดสอบต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส

1.7 วิเคราะห์ผล ระบบวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์สารมลพิษจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้การเจือจางไอเสีย และถุงเก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศแล้วนั้น เครื่องวิเคราะห์สารมลพิษจะทำการวิเคราะห์ผลและประเมินปริมาณสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนักกรัมต่อกิโลเมตร ของสารมลพิษต่างๆ แต่ละชนิด จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของระบบวิเคราะห์ไอเสีย

1.8 ประมวลผลข้อมูล คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของการทดสอบจะคำนวณ สารมลพิษจากการเก็บตัวอย่าง ไอเสีย สารมลพิษจะนำมาประเมินผลในรูปปริมาตรหน่วยของ น้ำหนัก (กรัมต่อกิโลเมตร) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงประเมินผลในหน่วยระยะทางต่อ ปริมาตรเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) การคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลือง เชื้อเพลิง กำหนดตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานต่างประเทศ เช่น มาตรฐาน Directive 70/220/ EEC (EURO3) และมาตรฐานรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ได้แก่ มอก. 2350-2550 เป็นต้น

2. คำนวณค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) ชนิดต่างๆ กรัม ต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ตามประเภทของรถจักรยานยนต์ ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ และตามช่วงความเร็วของการ ทดสอบ ได้แก่ ความเร็วระหว่าง 20-30, 30-40 และ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลที่ได้ จากการทดสอบจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท และเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

3. เปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จาก รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะในช่วงความเร็วต่างๆ เพื่อหาค่าความแตกต่างทางสถิติของ ข้อมูลจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท โดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์

การศึกษาวิจัย ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะ และรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ แบ่งหัวข้อการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

1. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ของรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน จากรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ โดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

3. วิเคราะห์และวิจารณ์การเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ของรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

1. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ของรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

1.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2) ได้ดังนี้

1.1.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 4.477 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.033 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 28.166 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 29.579 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 26.61 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 5.535 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.022 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 27.455 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.660 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 23.295 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 3.016 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.044 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 20.174 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 54.211 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 25.830 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2) ได้ดังนี้

1.2.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.612 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.329 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 15.310

กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 44.628 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 34.539 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.469 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.372 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 14.890 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 42.319 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 35.322 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.565 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.398 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 12.490 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 46.431 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 35.608 กิโลเมตรต่อลิตร

ตารางที่ 2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ชนิดเครื่องยนต์	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (กรัม/กม.)			ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ล.)	
		THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	2 จังหวะ	4.477	0.033	28.166	29.579	26.160
	4 จังหวะ	0.612	0.329	15.310	44.628	34.539
ก๊าซโซฮอลล์ 91	2 จังหวะ	5.535	0.022	27.455	40.660	23.295
	4 จังหวะ	0.469	0.372	14.890	42.319	35.222
ก๊าซโซฮอลล์ 95	2 จังหวะ	3.016	0.044	20.174	54.211	25.830
	4 จังหวะ	0.565	0.398	12.490	46.431	35.608

1.3 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3) ได้ดังนี้

1.3.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 3.544 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.039 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 20.228 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 26.583 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33.655 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 4.184 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.023 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 20.005 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 35.767 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 29.380 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.3 น้ำมันเบนซินก๊าซ โซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 2.408 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.040 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 15.731 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 45.229 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 31.832 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3) ได้ดังนี้

1.4.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.537 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.320 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 13.300 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 38.808 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 39.614 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.383 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.337 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 12.670 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 34.972 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 42.067 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.482 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.380 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 10.700 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.111 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 41.226 กิโลเมตรต่อลิตร

ตารางที่ 3 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ชนิดเครื่องยนต์	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (กรัม/กม.)				ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ล.)
		THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	2 จังหวะ	3.544	0.039	20.228	26.583	33.655
	4 จังหวะ	0.537	0.320	13.300	38.808	39.614
ก๊าซโซฮอลล์ 91	2 จังหวะ	4.184	0.023	20.005	35.767	29.380
	4 จังหวะ	0.383	0.337	12.670	34.972	42.067
ก๊าซโซฮอลล์ 95	2 จังหวะ	2.408	0.040	15.731	45.229	31.832
	4 จังหวะ	0.482	0.380	10.700	40.111	41.226

1.5 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) ได้ดังนี้

1.5.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 3.265 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.059 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 15.915 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 28.711 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 36.570 กิโลเมตรต่อลิตร

1.5.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 3.716 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.033 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 15.979 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 35.995 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 32.413 กิโลเมตรต่อลิตร

1.5.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 2.338 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.050 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 14.153 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 44.669 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33.396 กิโลเมตรต่อลิตร

1.6 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) ได้ดังนี้

1.6.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.500 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.324 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 13.250 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.450 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 39.558 กิโลเมตรต่อลิตร

1.6.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.341 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.352 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

11.480 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 37.433 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 41.687 กิโลเมตรต่อลิตร

1.6.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.440 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.392 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 11.410 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 42.097 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 39.143 กิโลเมตรต่อลิตร

ตารางที่ 4 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ชนิดเครื่องยนต์	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (กรัม/กม.)			ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ล.)	
		THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	2 จังหวะ	3.265	0.059	15.915	28.711	36.570
	4 จังหวะ	0.500	0.324	13.250	39.450	39.558
ก๊าซโซฮอลล์ 91	2 จังหวะ	3.716	0.033	15.979	35.995	32.413
	4 จังหวะ	0.341	0.352	11.480	37.433	41.687
ก๊าซโซฮอลล์ 95	2 จังหวะ	2.338	0.050	14.153	44.669	33.396
	4 จังหวะ	0.440	0.392	11.410	42.097	39.143

1.7 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5) ได้ดังนี้

1.7.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 3.637 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.047 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 20.052

กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 28.393 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 32.795 กิโลเมตรต่อลิตร

1.7.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 4.287 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.028 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 19.849 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 37.102 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 28.842 กิโลเมตรต่อลิตร

1.7.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 2.525 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.045 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 16.053 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 47.219 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 30.697 กิโลเมตรต่อลิตร

1.8 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5) ได้ดังนี้

1.8.1 น้ำมันเบนซิน 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.539 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.324 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 13.774 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.583 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 38.026 กิโลเมตรต่อลิตร

1.8.2 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.384 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.353 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 12.641 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 37.541 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 39.833 กิโลเมตรต่อลิตร

1.8.3 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 มีปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม 0.483 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน 0.389 กรัมต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 11.521 ต่อกิโลเมตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 42.698 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 38.513กิโลเมตรต่อลิตร

ตารางที่ 5 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อคันจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ชนิดเครื่องยนต์	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (กรัม/กม.)				ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ล.)
		THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	2 จังหวะ	3.637	0.047	20.052	28.393	32.795
	4 จังหวะ	0.539	0.324	13.774	40.583	38.026
ก๊าซโซฮอลล์ 91	2 จังหวะ	4.287	0.028	19.849	37.102	28.842
	4 จังหวะ	0.384	0.353	12.641	37.541	39.833
ก๊าซโซฮอลล์ 95	2 จังหวะ	2.525	0.045	16.053	47.219	30.697
	4 จังหวะ	0.483	0.389	11.521	42.698	38.513

2. ความแตกต่างทางสถิติระหว่างปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน จากรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ โดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม SPSS

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน จากรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ โดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่า

2.1 ทดสอบด้วยน้ำมันเบนซิน 91

2.1.1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.1.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.1.3 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.1.4 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.1.5 ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ช่วง

ความเร็ว 30-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2 ทดสอบด้วยน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91

2.2.1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2.3 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2.4 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2.5 ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3 ทดสอบด้วยน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95

2.3.1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม ที่ช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2.3 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3.4 ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3.5 ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากระถังจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (แสดงดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะที่ช่วงความเร็วต่าง ๆ ด้วยวิธี t-test

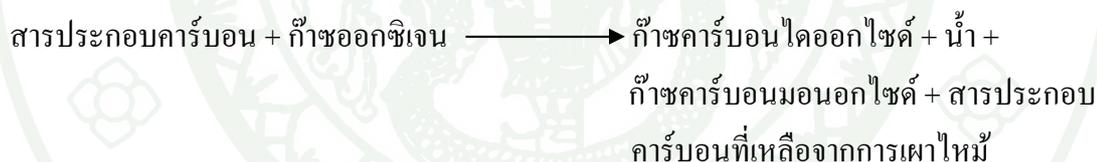
ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ t-test									
	t					Sig.(2-tailed)				
น้ำมันเบนซินออกเทน 91										
	THC	NOx	CO	CO ₂	FE	THC	NOx	CO	CO ₂	FE
20-30	18.834	3.382	3.136	1.907	2.556	0.000*	0.005*	0.009*	0.081	0.025*
30-40	16.120	3.011	2.687	1.881	1.872	0.000*	0.011*	0.020*	0.084	0.086
40-60	15.318	3.319	3.955	1.964	1.093	0.000*	0.006*	0.002*	0.073	0.296
20-60	16.808	3.354	0.058	1.949	4.342	0.000*	0.006*	0.016*	0.075	0.001*
น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91										
20-30	3.815	4.632	5.979	0.224	6.136	0.031*	0.002*	0.000*	0.828	0.000*
30-40	3.905	8.658	3.846	1.079	6.572	0.029*	0.000*	0.005*	0.35	0.000*
40-60	5.473	5.891	3.388	0.929	4.987	0.012*	0.000*	0.019*	0.778	0.001*
20-60	4.434	6.014	4.461	0.077	7.112	0.021*	0.000*	0.002*	0.940	0.000*
น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95										
20-30	4.484	5.479	1.868	0.721	3.818	0.011*	0.001*	0.089	0.504	0.003*
30-40	3.193	4.924	2.024	0.456	3.002	0.032*	0.002*	0.068	0.667	0.012*
40-60	3.101	4.823	1.832	0.346	1.829	0.036*	0.002*	0.094	0.743	0.123
20-60	3.461	5.026	2.091	0.530	2.997	0.025*	0.001*	0.061	0.691	0.028*

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. วิเคราะห์และวิจารณ์การเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ของรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

3.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย กรัมต่อกิโลเมตรต่อคันจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง ของทุกช่วงความเร็ว

ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทของทุกช่วงความเร็ว พบว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 91 และน้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ 95 มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย THC และ CO มากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ตามที่ตามที่สุธิดา และคณะ (2544) ได้อธิบายไว้ว่าการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ มีระบบหล่อลื่นที่เรียกว่า ออโต้ลูบ ซึ่งจะผสมน้ำมันเครื่องเข้ากับน้ำมันเบนซิน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนที่เป็นน้ำมันเครื่องจะเผาไหม้ไม่หมด แสดงถึงสมการการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ คือ



พบว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย CO_2 และ NO_x มากกว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เนื่องจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์กว่า ตามที่ วัชร (2540) ได้อธิบายไว้ว่าการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีระบบการทำงาน of เครื่องยนต์เป็นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องแยกจากกัน ทำให้น้ำมันเครื่องเผาไหม้ได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับสมการของการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ตามที่สุธิดา และคณะ (2544) ได้อธิบายไว้ คือ



ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย NO_x ของรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะที่สูงนั้นเป็นผลมาจาก อุณหภูมิในกระบวนการเผาไหม้และระยะเวลาในตัวกรองสารมลพิษ ซึ่งสอดคล้องกับการ ทดลองของ Alvarez *et al.* (2009) ที่ทำการทดลองปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจาก รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ พบว่าเครื่องยนต์ที่มีขนาดมากกว่า 150 CC. มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย NO_x สูงด้วยเช่นกันและสอดคล้องกับคำอธิบายโดย พูลพร (2537) กล่าวว่า อัตราการเกิด NO_x เป็น ผลมาจากอุณหภูมิของการสันดาปและการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิด โดยที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ เพิ่มการเกิด NO_x และการเผาไหม้ที่ดีจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะก็จะเพิ่มอุณหภูมิที่เผาไหม้ ทำ ให้ปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้น และพูลพร (2537) ได้อธิบายอีกว่าสาเหตุที่รถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย NO_x น้อยกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ เพราะปัจจัยที่มี ผลต่อการระบาย NO_x ของเครื่องยนต์เบนซินคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หากมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบอกสูบมาก จะทำ ให้อุณหภูมิที่เผาไหม้ต่ำ ดังนั้นในเครื่องยนต์ 2 จังหวะซึ่งมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในการบอกลูกสูบมาก จึงทำให้เกิด NO_x น้อย

ผลของเชื้อเพลิงต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท ที่ทำ การทดสอบด้วยน้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 พบว่า รถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสาร มลพิษต่ำกว่าที่ใช้ น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ได้แก่ THC และ CO ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัย เช่นงานวิจัยของ Yang *et al.* (2011) ที่ทำการเปรียบเทียบการระบายสารมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิง ระหว่าง 3% Ethanol กับ น้ำมันเบนซิน พบว่า 3% Ethanol มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซ THC และ CO น้อยกว่าการใช้ น้ำมันเบนซิน เท่ากับ 20 และ 5.27 % ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัย ของ He *et al.* (2003) และ Pang *et al.* (2008) ที่พบว่า 3% Ethanol (3% ของเอทานอลในน้ำมัน เบนซิน) สามารถลดการเกิดก๊าซ THC และ CO ได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Celik (2008) ที่ทำการเปรียบเทียบการระบายสารมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงระหว่าง 50% Ethanol (E50) กับ น้ำมันเบนซิน พบว่าการเติมส่วนผสมของเอทานอลลงไป ในน้ำมันเบนซิน สามารถลดการระบาย CO , CO_2 , HC และ NO_x เป็น 53, 10, 12 และ 19% ตามลำดับ และพบว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมัน เบนซินก๊าซโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย CO_2 จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมีค่าสูงกว่า 2 จังหวะเพราะ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลทำให้เกิดการเผาไหม้

ที่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ จึงมีผลให้ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย CO₂ สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Al- Hasan (2003) พบว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล 3% ในน้ำมันเบนซินทำให้ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย CO₂ สูงขึ้นเนื่องจากส่วนผสมของเอทานอลมีโมเลกุลของออกซิเจนในเนื้อน้ำมันมาก ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ตามที่ Hansen *et al.* (2005) กล่าวถึงคุณสมบัติของเอทานอลไว้ว่า เอทานอลมีโมเลกุลของออกซิเจนอยู่มาก ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ 4 จังหวะและลดการระบายสารมลพิษทางอากาศได้ สำหรับผลของเชื้อเพลิงต่อค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย NO_x พบว่า รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ ออกเทน 91 และ 95 มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษสูงกว่าที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 เนื่องจากน้ำมันที่มีส่วนผสมของเอทานอลทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ จึงเกิด NO_x สูง และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Najafi *et al.* (2009) และ Song *et al.* (2007) พบว่า ผลของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล ทำให้เกิด NO_x มาก เนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนมากขึ้น ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่ง N₂ ทำปฏิกิริยากับ O₂ กันมากขึ้นโดยใช้ความร้อน ทำให้เกิด NO_x สูง สำหรับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 พบว่าค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย THC และ CO ที่สูงกว่าน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 และ 95 สาเหตุมาจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ส่วนน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 91 มีการระบายสาร THC และ CO ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95 เนื่องจากสัดส่วนของเอทานอลในน้ำมันที่มากกว่า จะช่วยลดการเกิด THC และ CO ได้ดีกว่า การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจึงดีกว่าน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ 95

ส่วนผลของความเร็วในการขับขี่ต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษ พบว่า ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 และ 95 ส่วนใหญ่มีปัจจัยการระบายสารมลพิษในปริมาณสูงในช่วงความเร็วเฉลี่ยต่ำ คือ ช่วงความเร็วเฉลี่ย 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากช่วงความเร็วนี้เป็นการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดทำให้มีการเร่งความเร็วและเบรกอยู่บ่อยครั้ง ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นมีผลทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่พลพร (2537) อธิบายไว้ว่า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อ THC และ CO คือ ที่รอบต่ำจะปล่อย THC และ CO สูง ส่วนการระบาย NO_x เมื่อความเร็ว

เพิ่มขึ้นการระบาย NO_x จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่การระบาย THC และ CO จะลดลง ซึ่งเป็นไปตาม สุทธิลา และคณะ(2544) กล่าวไว้ และสอดคล้องกับที่พูลพร (2537) อธิบายไว้ว่าความเข้มข้นของ NO_x เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบ รอบสูงจะเกิด NO_x สูง เป็นต้น และพบว่าที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย THC และ CO ต่ำสุด แต่มีการระบาย CO_2 และ NO_x ที่ระบายสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ Cheenkachorn *et al.* (2010) กล่าวว่า เมื่อความเร็วสูงขึ้น (Phase III) เครื่องยนต์จะอยู่ในช่วงเกียร์สูงสุดและความเร็วสูงสุด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง จึงเกิด NO_x สูงและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weller *et al.* (1999) พบว่าเมื่อความเร็วสูงสุดเครื่องยนต์จะมีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย NO_x สูงสุด และสรุปว่าการเกิด NO_x ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเครื่องยนต์

ผลของชนิดของเครื่องยนต์ต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษพบว่า รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีการระบาย THC และ CO สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ แต่มีการระบาย CO_2 และ NO_x ที่ต่ำกว่า เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ประเภท 4 จังหวะและเรื่องประสิทธิภาพของตัวกรองสารมลพิษที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin *et al.* (2008) ที่พบว่าขนาดของเครื่องยนต์ และชนิด อายุและยี่ห้อของรถจักรยานยนต์มีผลต่อค่าปัจจัยการระบาย HC และเครื่องยนต์ขนาดใหญ่สามารถลดค่าปัจจัยการระบาย HC ได้ดีกว่าเครื่องยนต์ขนาดเล็ก สำหรับรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าปัจจัยระบาย HC สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษที่ทำการทดสอบ คือ THC, CO, CO_2 และ NO_x จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ กับมาตรฐานการระบายไอเสียจากรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย (แสดงดังตารางที่ 7) พบว่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ พบว่า THC และ CO เกินมาตรฐาน ส่วน CO_2 และ NO_x ไม่เกินมาตรฐาน การระบายไอเสียจากรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย

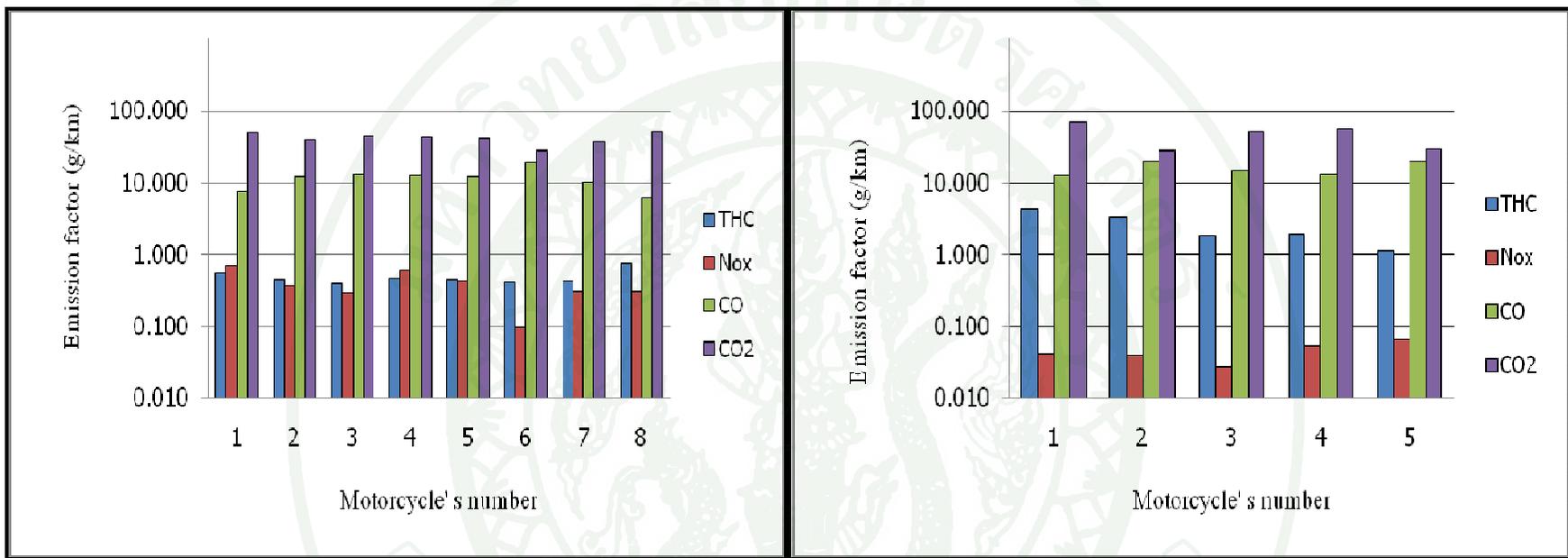
ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียสาเหตุสำคัญน่าจะมาจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกัน ความเร็วในการขับขี่ ประเภทของรถ อายุ ยี่ห้อ และขนาดของเครื่องยนต์ รวมทั้งการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์กำจัดไอเสีย (Catalytic Converter) ความแตกต่าง

ของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ลดสารมลพิษที่มีการติดตั้งมากับรถจักรยานยนต์ สาเหตุเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมีปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่แตกต่างกับรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ดังแสดงปัจจัยการระบายสารมลพิษในภาพที่ 14-16

ตารางที่ 7 มาตรฐานการระบายไอเสียจากรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย

ประเภทรถจักรยานยนต์	CO	HC	NO _x
2 จังหวะ	≤ 3.5 กรัม/กม.	≤ 2.0 กรัม/กม.	≤ 2.0 กรัม/กม.
4 จังหวะ	≤ 17.5-35.5 กรัม/กม.	≤ 4.2-6.0 กรัม/กม.	≤ 2.0 กรัม/กม.

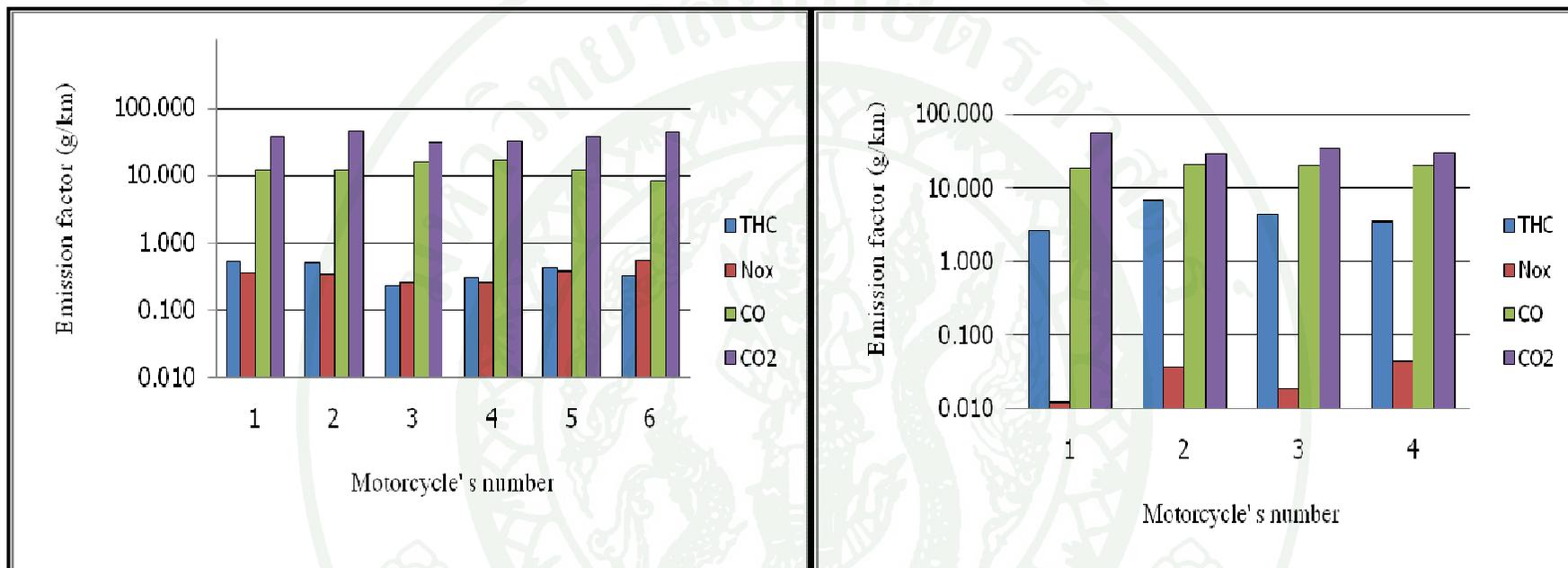
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2554)



(ก)

(ข)

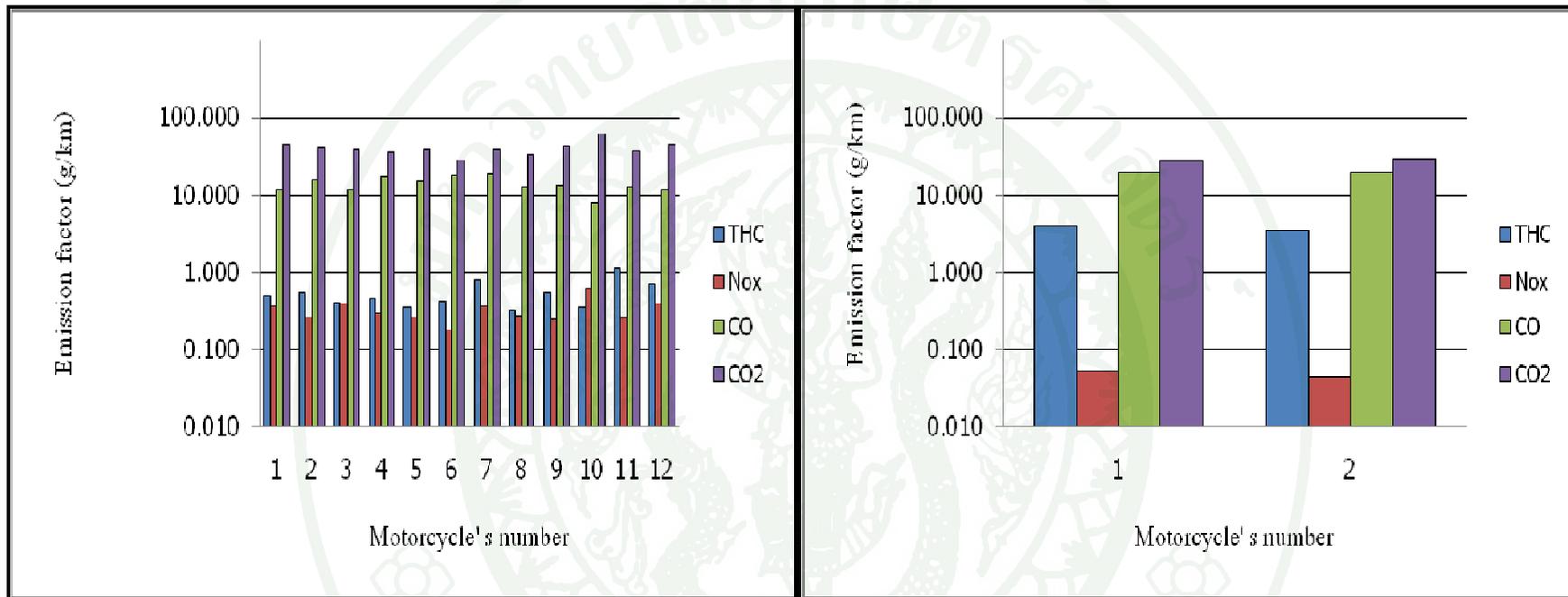
ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจาก รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซโซฮอลล์ 95



(ก)

(ข)

ภาพที่ 15 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซโซฮอล์ 91

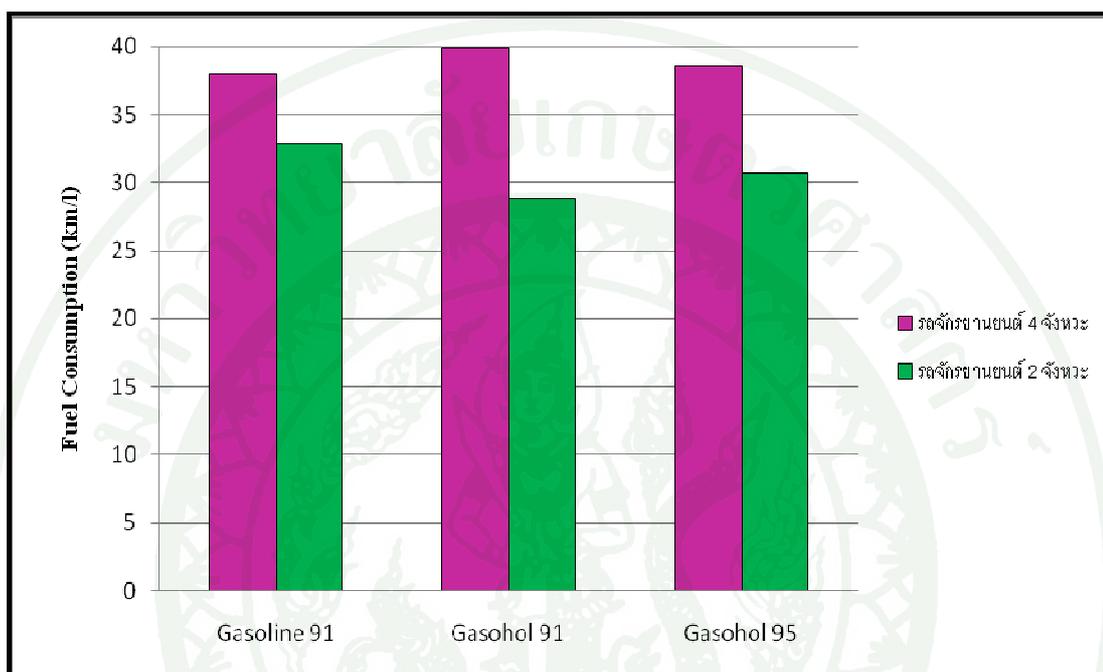


(ก)

(ข)

ภาพที่ 16 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ก) และ 2 จังหวะ (ข) ของทุกช่วงความเร็ว ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91

3.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร รถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง ของทุกช่วงความเร็ว แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กิโลเมตรต่อลิตรต่อกัน จากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะ ของทุกช่วงความเร็ว

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ในทุกช่วงความเร็วและทุกชนิดเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ประเภท 4 จังหวะ

ผลของชนิดเชื้อเพลิงต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เนื่องจากน้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 เครื่องยนต์เกิดกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันเบนซิน เพราะมีส่วนผสมของ

เอทานอลที่เป็นตัวเพิ่มค่าออกเทน และมีโมเลกุลของออกซิเจนในเนื้อน้ำมันมาก เอทานอลทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีขึ้น

ส่วนผลของความเร็วในการจับที่ต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheenkachorn *et al.* (2010) โดยทำการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่าง น้ำมันปาล์มผสม 50.6 % ในน้ำมันเบนซิน กับ น้ำมันเบนซิน จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ พบว่าเมื่อความเร็ว เพิ่มขึ้น (จาก Phase I - Phase II) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินลดลง

เปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อลิตร) กับราคาเชื้อเพลิง (บาทต่อลิตร) พบว่าน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอล์ 91 มีค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตร (บาทต่อกิโลเมตร) น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ทำการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิง

	เบนซิน 91	ก๊าซโซฮอล์ 91	ก๊าซโซฮอล์ 95
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อลิตร)	38.026	39.833	38.513
ราคาเชื้อเพลิง (บาทต่อลิตร)	35.97	32.94	35.97
ค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตร (บาทต่อกิโลเมตร)	0.94	0.83	0.93

หมายเหตุ ราคาน้ำมัน ณ วันที่ 26 กันยายน 2554

เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายนพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด มาทดสอบเพื่อหาความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี t-test ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่า ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายนพิษ THC และ CO ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะมีค่าน้อยกว่า 2 จังหวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin *et al.* (2008) ในด้านการระบายนพิษ THC และ CO จากเครื่องยนต์ประเภท 4 จังหวะน้อยกว่าเครื่องยนต์ 2 จังหวะเนื่องจากระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์กว่า จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล อาจกล่าวได้ว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้ดีกว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ

ส่วนค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทพบว่าที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินก๊าซโซฮอล์ 91 จากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อระยะทางสูงกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในทุกช่วงความเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2011) กล่าวว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล ช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลดการเกิดสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ดีกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 91 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลอาจกล่าวได้ว่าแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินในการขนส่ง ประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ เอทานอล ถือเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถลดการเกิดสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ และลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ทำการทดสอบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินปัจจัยการกระจายและเปรียบเทียบสารมลพิษทางอากาศจากไอเสีย รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 และ 4 จังหวะที่ใช้เชื้อเพลิง น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 และ น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 ซึ่งได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ของกรมควบคุมมลพิษ ใช้อุณหภูมิการขับขี่ในกรุงเทพมหานครสำหรับการทดสอบเพื่อเก็บตัวอย่าง และช่วงความเร็วที่ทำการทดสอบประกอบด้วย ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว คือ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากสภาพการใช้งานจริงบนท้องถนนจะมีทั้งการใช้ความเร็วต่ำ ความเร็วปานกลางถึงความเร็วสูง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยปัจจัยการกระจายสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่า ปัจจัยการกระจาย THC และ CO จากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าสูงกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ส่วนปัจจัยการกระจาย NO_x จากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะมีค่าต่ำกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และปัจจัยการกระจาย CO_2 จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05
2. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทเมื่อทดสอบค่าความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี t-test พบว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อระยะทางสูงกว่ารถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และพบว่าเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 มีค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ทำการทดสอบ

3. ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่า รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีการระบาย THC ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เป็น 7.31, 6.60, 6.53 และ 6.75 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 เป็น 11.80, 10.92, 10.90 และ 11.16 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 เป็น 5.34, 4.99, 5.31 และ 5.23 เท่า ตามลำดับรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะมีการระบาย CO ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เป็น 1.84, 1.52, 1.20 และ 1.46 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 เป็น 0.96, 1.58, 1.39 และ 1.57 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 เป็น 1.62, 1.47, 1.24 และ 1.39 เท่า ตามลำดับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ มีการระบาย NO_x ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เป็น 9.97, 8.20, 5.49 และ 6.89 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 เป็น 16.91, 14.65, 10.67 และ 12.61 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 เป็น 9.05, 9.50, 7.84 และ 8.64 เท่า ตามลำดับ รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ มีการระบาย CO₂ ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และ 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เป็น 1.51, 1.46, 1.37 และ 1.43 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 เป็น 1.04, 0.97, 1.04 และ 1.01 เท่า ตามลำดับ ที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 เป็น 0.85, 0.89, 0.94 และ 0.90 เท่า ตามลำดับ

4. ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท ที่ใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 และ น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 พบว่า ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษที่สูงกว่า น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 และ น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 95 และพบว่าที่ใช้น้ำมันเบนซินก๊าซโซฮอลล์ออกเทน 91 มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ที่ทำการทดสอบ

5. การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดทำค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ภายใต้เงื่อนไขจริง (Actual Condition) ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถประเมินถึงระดับปริมาณสารมลพิษในอากาศที่ระบายจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทยานพาหนะได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินก๊าสโซฮอล์ 91 ประหยัดเชื้อเพลิงและลดการเกิดมลพิษทางอากาศได้มากกว่า โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการลดและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ได้ เช่น ทางกรุงเทพมหานครควรมีการจัดการปัญหาเรื่องการจราจรติดขัดอย่างจริงจัง เนื่องจากช่วงที่การจราจรติดขัดส่งผลให้รถจักรยานยนต์มีการระบายสารมลพิษในปริมาณมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจัดทำปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากรถจักรยานยนต์ตัวอย่างคันเดียวกัน และยี่ห้อ อายุ เดียวกันในการทดสอบ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น ได้จากปัจจัยภายนอกต่างๆของการทดลอง

2. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากรถจักรยานยนต์ที่มีเครื่องยนต์ประเภทอื่น เช่น ระหว่างเครื่องยนต์เบนซินกับเครื่องยนต์ไฮบริด เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2547. **ความสำเร็จในการจัดการมลพิษของไทย**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2547. **ขั้นตอนการทดสอบมลพิษจากรถจักรยานยนต์**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. 2553. **รายงานสถิติการขนส่งประจำไตรมาสที่ 1 ปีงบประมาณ 2553 (ตุลาคม - ธันวาคม 2552)**. แหล่งที่มา: http://apps.dlt.go.th/statistics_web/quarter/stat_q1_53.pdf, 20 กรกฎาคม 2553.

จิตติมา รุ่งรัตนอุบล. 2543. **เบนซิน โทลูอีน และไซลีนในไอเสียจากรถจักรยานยนต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี. 2553. **ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นภาพร พานิช. 2550. **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ.

พูลพร แสงบางปลา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์. หลักการทำงานของ

เครื่องยนต์.แหล่งที่มา:

<http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/howstuff1/engine/enginethai23.htm>.

20 กรกฎาคม 2554.

วัชร พระนเศษฐ์. 2540. การผลิตรถจักรยานยนต์. แหล่งที่มา:

<http://kanchanapisek.or.th>, 20 กรกฎาคม 2553.

วนิดา จินศาสตร์. 2550. มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. บริษัทมิสเตอร์ก๊อบบี้, กรุงเทพฯ.

วิสาขา ภูจินดา. 2550. อนาคตของสาร MTBE ในน้ำมันเบนซิน. แหล่งที่มา:

<http://journal.nida.ac.th>, 4 ตุลาคม 2554.

วีระพล จิรประดิษฐกุล. 2553. ยานยนต์ด้านพลังงานทดแทน. แหล่งที่มา:

<http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/auto-mobile/energy>, 20 กรกฎาคม 2553.

สุรพล ชุมทรัพย์. เบนโซ(เอ)ไพรีน. แหล่งที่มา:

http://www.fisheries.go.th/rgmsamutsa/News/Benzo_a_pyrene.pdf?Cat_ID=7&subcat_id=22&content_id=33, 30 สิงหาคม 2553.

สุธิลา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และ สติต วงศ์สวรรค์. 2544. มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย). พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทรวมสาส์น (1977) จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการตรวจวัดมลพิษทาง

อากาศากรรถยนต์ ที่ใช้ก๊าซโซฮอลล์. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเชื้อเพลิง กรมธุรกิจพลังงาน. 2545. การเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน. แหล่งที่มา:

http://www.doeb.go.th/knowledge/oil_knowledge.htm, 5 ตุลาคม 2554.

Al-Hasan, M. 2003. Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. **Energy Conversion and Management** 44: 1547–1561.

Alvarez, R.B., M.T. Weilenmann and J.Y. Favez. 2009. Assessing the real-world performance of modern pollutant abatement systems on motorcycles. **Atmospheric Environment** 43: 1503-1509.

Celik, M. 2008. Experimental determination of suitable ethanol–gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine. **Applied Thermal Engineering** 28: 396–404.

Cheenkachorn, K.P. and B.D. Fungtammasan. 2010. Development of engine oil using palm oil as a base stock for four-stroke engines. **Energy** 35: 2552-2556.

Hansen, A.C., Q. Zhang and P.W.L. Lyne. 2005. Ethanol–diesel fuel blends a review. **Bioresource Technology** 96: 277–285.

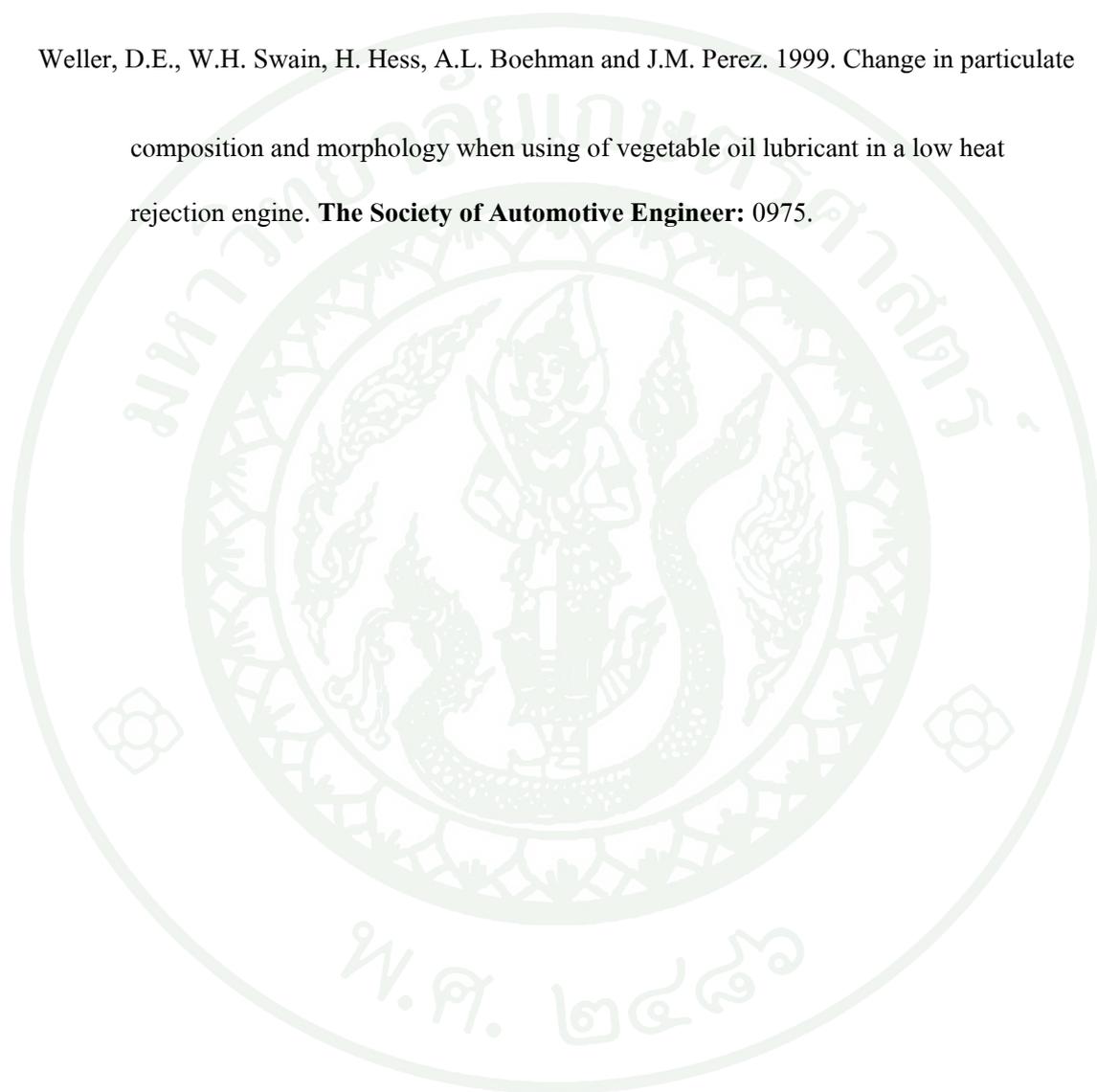
He, B.Q., J.X. Wang, J.M. Hao, X.G. Yan and J.H. Xiao. 2003. A study on emission characteristics of an EFI engine with ethanol blended gasoline fuels. **Atmospheric Environment** 37:949–957.

Lin, C.W., S.J. Lu and K.S. Lin. 2006. Test emission characteristics of motorcycles in Central Taiwan. **Science of the Total Environment** 368: 435-443.

- Lin, C.W., Y.R. Chen, S.J. Lu, S.W. Cho, K.S. Lin, Y.C. Chiu and X.Y. Tang. 2008. Relationships between characteristics of motorcycles and hydrocarbon emission in Taiwan: A note. **Transportation Research Part D** 13: 351-354.
- Najafi, G., B. Ghobadian, T. Tavakoli, D.R. Buttsworth, T.F. Yusaf and M. Faizollahnejad. 2009. Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network. **Applied Energy** 86: 630–639.
- Pang, X., Y. Mu, J. Yuan, H. He. 2008. Carbonyls emission from ethanol-blended gasoline and biodiesel ethanol diesel used in engines. **Atmospheric Environment** 42: 1349–1358.
- Song, C.L., Y.C. Zhou, R.J. Huang, Y.Q. Wang, Q.F. Huang and G. Liu. 2007. Influence of ethanol–diesel blended fuels on diesel exhaust emissions and mutagenic and genotoxic activities of particulate extracts. **Journal of Hazardous Materials** 149: 355–363.
- Tsai, J.H., H.L. Chiang, Y.C. Hsu, B.J. Peng and R.F. Hung. 2005. Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements. **Atmospheric Environment** 39: 6631-6641.
- Tsai, J.H., Y.C. Hsu, H.C. Weng, W.Y. Lin and F.T. Jeng. 2000. Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles. **Atmospheric Environment** 34: 4747-4754.
- Yang, H.H., L.T. Hsieh, H.C. Liu and H.H. Mi. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbon emission from motorcycles. **Atmospheric Environment** 39: 17-25.

Yang, H.H., T.C. Lin, C.F. Chang and E. Lee. 2011. Effects of ethanol-blended gasoline on emissions of regulated air pollutants and carbonyls from motorcycles. **Applied Energy**: 1-6.

Weller, D.E., W.H. Swain, H. Hess, A.L. Boehman and J.M. Perez. 1999. Change in particulate composition and morphology when using of vegetable oil lubricant in a low heat rejection engine. **The Society of Automotive Engineer**: 0975.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	HONDA	110	3.829	0.042	20.169	25.343	33.860
	HONDA	110	3.258	0.035	20.286	27.822	33.450
ก๊าซโซฮอลล์ 91	KAWASAKI	150	2.339	0.011	18.682	55.008	25.520
	HONDA	110	6.850	0.030	20.840	56.940	28.840
	KAWASAKI	150	4.333	0.015	20.210	33.333	29.710
	HONDA	110	3.258	0.035	20.286	27.832	33.450
ก๊าซโซฮอลล์ 95	SUZUKI	125	4.460	0.031	12.549	65.073	24.350
	YAMAHA	120	3.042	0.033	19.935	27.203	35.340
	SUZUKI	110	1.726	0.018	15.503	51.236	29.720
	SUZUKI	125	1.663	0.055	10.326	55.806	31.160
	SUZUKI	110	1.147	0.062	20.344	26.827	38.590

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จัหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	HONDA	110	3.477	0.063	15.833	27.118	37.170
	HONDA	110	3.053	0.055	15.998	30.304	35.970
ก๊าซโซฮอลล์91	KAWASAKI	150	2.536	0.012	15.672	51.423	27.860
	HONDA	110	5.357	0.041	16.239	28.984	32.760
	KAWASAKI	150	3.919	0.022	16.009	33.270	33.060
	HONDA	110	3.053	0.055	15.998	30.340	35.970
ก๊าซโซฮอลล์95	SUZUKI	125	4.298	0.042	9.973	63.124	26.070
	YAMAHA	120	3.144	0.044	16.269	27.276	38.350
	SUZUKI	110	1.695	0.035	14.589	50.213	30.680
	SUZUKI	125	1.652	0.063	13.988	53.162	29.970
	SUZUKI	110	0.899	0.068	15.947	29.571	41.910

ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจาก
รถจักรยานยนต์ประเภท 2 จัหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	HONDA	110	3.872	0.051	19.982	26.798	33.240
	HONDA	110	3.402	0.044	20.123	29.989	32.350
ก๊าซโซฮอลล์91	KAWASAKI	150	2.651	0.012	18.675	55.653	25.080
	HONDA	110	6.695	0.036	20.632	28.669	28.450
	KAWASAKI	150	4.400	0.019	19.966	34.096	29.490
	HONDA	110	3.402	0.044	20.123	29.989	32.350
ก๊าซโซฮอลล์95	SUZUKI	125	4.425	0.041	12.320	68.960	23.540
	YAMAHA	120	3.279	0.040	19.616	28.221	34.690
	SUZUKI	110	1.837	0.027	14.837	53.133	29.133
	SUZUKI	125	1.953	0.053	13.250	56.611	28.810
	SUZUKI	110	1.130	0.065	20.244	29.172	37.310

ตารางผนวกที่ ก4 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 2 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 0-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	HONDA	110	4.707	0.035	28.104	27.620	27.010
	HONDA	110	4.246	0.030	28.227	31.537	26.210
ก๊าซโซฮอลล์ 91	KAWASAKI	150	3.193	0.012	24.678	64.763	20.610
	HONDA	110	9.266	0.032	29.228	29.808	22.280
	KAWASAKI	150	5.435	0.015	27.685	36.530	24.080
	HONDA	110	4.246	0.030	28.227	31.537	26.210
ก๊าซโซฮอลล์ 95	SUZUKI	125	4.636	0.048	16.610	83.957	19.310
	YAMAHA	120	3.787	0.038	26.012	31.140	28.670
	SUZUKI	110	2.233	0.020	14.808	60.881	26.410
	SUZUKI	125	2.850	0.051	14.712	64.352	24.960
	SUZUKI	110	1.573	0.062	28.738	30.724	29.800

ตารางผนวกที่ ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	YAMAHA	110	0.542	0.354	12.142	47.068	34.240
	HONDA	125	0.556	0.267	12.990	39.343	37.770
	HONDA/WAVE	125	0.425	0.352	11.964	36.293	41.450
	YAMAHA	110	0.432	0.309	16.964	34.866	36.940
	TIGER	110	0.329	0.247	15.661	35.221	38.170
	HONDA	125	0.429	0.183	17.871	26.867	41.260
	SUZUKI	110	0.733	0.343	18.461	35.799	34.610
	TIGER	125	0.308	0.231	12.814	30.373	45.130
	HONDA/WAVE	100	0.549	0.258	12.405	41.216	39.640
	YAMAHA/FINO	110	0.341	0.678	5.743	61.262	34.690
	HONDA/WAVE	125	1.099	0.239	11.898	34.837	47.490
	HONDA/WAVE I	125	0.705	0.382	10.666	42.561	43.980
ก๊าซโซฮอลล์ 91	HONDA	125	0.589	0.388	12.091	36.944	40.190
	YAMAHA	110	0.535	0.418	11.565	41.460	38.200

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
ก๊าซโซฮอลล์ 91	KAWASAKI	125	0.216	0.233	16.062	28.165	43.310
	HONDA	125	0.275	0.233	17.878	30.296	40.650
	HONDA	125	0.375	0.363	10.444	34.752	44.740
	KAWASAKI	125	0.308	0.434	7.963	38.213	45.310
ก๊าซโซฮอลล์ 95	SUZUKI	110	0.533	0.712	6.475	50.122	38.870
	HONDA	125	0.495	0.332	12.239	38.036	40.950
	TIGER	110	0.372	0.253	12.545	43.511	37.410
	SUZUKI	110	0.472	0.604	11.725	40.896	39.610
	YAMAHA	110	0.323	0.389	10.146	45.570	34.714
	TIGER	110	0.410	0.102	19.093	27.507	40.970
	YAMAHA	110	0.451	0.332	7.972	35.275	48.930
	YAMAHA/SPARK	135	0.797	0.313	5.418	50.824	37.500

ตารางผนวกที่ ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	YAMAHA	110	0.468	0.336	10.072	44.023	37.880
	HONDA	125	0.478	0.254	16.188	37.292	36.170
	HONDA/WAVE	125	0.363	0.389	9.596	39.106	42.280
	YAMAHA	110	0.442	0.288	15.019	35.346	38.500
	TIGER	110	0.227	0.257	14.426	37.175	38.260
	HONDA	125	0.387	0.175	14.996	27.743	44.230
	SUZUKI	110	0.704	0.401	15.090	39.543	35.480
	TIGER	125	0.299	0.331	11.468	33.813	44.020
	HONDA/WAVE	100	0.536	0.247	14.859	42.144	39.640
	YAMAHA/FINO	110	0.349	0.588	10.307	58.510	32.660
	HONDA/WAVE	125	1.076	0.233	14.374	35.960	43.700
HONDA/WAVE I	125	0.677	0.383	12.568	42.748	41.880	
ก๊าซโซฮอลล์91	HONDA	125	0.346	0.365	9.558	40.291	41.190
	YAMAHA	110	0.451	0.291	9.985	44.482	38.030

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
ก๊าซโซฮอลล์91	KAWASAKI	125	0.219	0.268	14.262	32.015	42.500
	HONDA	125	0.304	0.259	14.764	31.524	43.260
	HONDA	125	0.389	0.389	13.659	35.915	39.910
	KAWASAKI	125	0.306	0.537	6.651	40.372	45.230
ก๊าซโซฮอลล์95	SUZUKI	110	0.493	0.731	9.014	50.903	36.130
	HONDA	125	0.359	0.391	9.669	41.513	41.650
	TIGER	110	0.339	0.287	10.993	43.082	39.220
	SUZUKI	110	0.407	0.616	11.646	44.061	37.850
	YAMAHA	110	0.414	0.410	14.772	40.971	35.960
	TIGER	110	0.368	0.097	15.209	28.979	44.580
	YAMAHA	110	0.408	0.310	12.407	36.442	42.090
	YAMAHA/SPARK	135	0.734	0.297	7.581	50.824	35.660

ตารางผนวกที่ ก7 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	YAMAHA	110	0.499	0.366	11.363	45.827	35.600
	HONDA	125	0.527	0.264	15.800	39.506	35.200
	HONDA/WAVE	125	0.404	0.387	11.703	38.367	40.310
	YAMAHA	110	0.461	0.294	16.767	36.232	36.280
	TIGER	110	0.346	0.261	15.421	38.515	36.390
	HONDA	125	0.422	0.179	17.470	28.235	40.740
	SUZUKI	110	0.791	0.363	18.464	38.541	33.140
	TIGER	125	0.319	0.274	12.649	32.992	43.120
	HONDA/WAVE	100	0.539	0.248	13.521	43.514	37.250
	YAMAHA/FINO	110	0.346	0.616	7.946	62.831	32.400
	HONDA/WAVE	125	1.117	0.250	12.754	37.745	44.150
	HONDA/WAVE I	125	0.706	0.390	11.426	44.688	41.730
ก๊าซโซฮอล์ 91	HONDA	125	0.531	0.362	11.820	36.619	38.800
	YAMAHA	110	0.490	0.337	11.540	44.643	36.410

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
ก๊าซโซฮอลล์91	KAWASAKI	125	0.223	0.256	15.495	31.475	41.440
	HONDA	125	0.301	0.251	16.918	32.563	40.080
	HONDA	125	0.429	0.371	11.788	36.998	41.180
	KAWASAKI	125	0.329	0.540	8.283	42.949	41.090
ก๊าซโซฮอลล์95	SUZUKI	110	0.560	0.712	7.533	51.056	37.250
	HONDA	125	0.434	0.360	12.014	40.485	39.660
	TIGER	110	0.390	0.293	12.882	44.924	36.280
	SUZUKI	110	0.455	0.603	12.508	44.291	36.840
	YAMAHA	110	0.434	0.427	11.803	41.698	38.410
	TIGER	110	0.404	0.097	19.027	28.810	40.160
	YAMAHA	110	0.429	0.314	10.211	37.288	44.050
	YAMAHA/SPARK	135	0.755	0.305	6.192	53.334	35.450

ตารางผนวกที่ ก8 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 0-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
เบนซิน 91	YAMAHA	110	0.517	0.436	13.073	48.069	33.070
	HONDA	125	0.593	0.278	17.837	43.929	31.470
	HONDA/WAVE	125	0.462	0.418	15.478	38.974	36.120
	YAMAHA	110	0.592	0.289	20.071	39.379	32.000
	TIGER	110	0.498	0.280	17.620	44.468	31.820
	HONDA	125	0.484	0.181	22.018	30.592	34.820
	SUZUKI	110	1.023	0.306	25.203	39.451	28.230
	TIGER	125	0.372	0.205	14.841	33.976	39.730
	HONDA/WAVE	100	0.536	0.239	11.957	48.539	35.840
	YAMAHA/FINO	110	0.345	0.609	5.419	73.107	29.930
	HONDA/WAVE	125	1.216	0.296	10.348	44.290	42.040
	HONDA/WAVE I	125	0.756	0.411	9.888	50.759	39.400
ก๊าซโซฮอลล์ 91	HONDA	125	0.833	0.379	15.951	40.947	33.840

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

เชื้อเพลิง	ยี่ห้อรถ	ปริมาตร (CC)	สารมลพิษ (g/km)				FC (km/l)
			THC	NO _x	CO	CO ₂	
ก๊าซโซฮอลล์91	YAMAHA	110	0.520	0.347	14.447	48.029	32.360
	KAWASAKI	125	0.240	0.253	17.389	33.717	37.900
	HONDA	125	0.319	0.256	20.276	36.918	34.520
	HONDA	125	0.506	0.340	9.697	41.421	40.530
	KAWASAKI	125	0.397	0.654	11.875	52.879	32.180
ก๊าซโซฮอลล์95	SUZUKI	110	0.715	0.677	5.735	52.260	37.920
	HONDA	125	0.520	0.382	16.325	40.890	35.330
	TIGER	110	0.494	0.341	16.456	49.467	31.330
	SUZUKI	110	0.532	0.573	15.023	48.163	32.800
	YAMAHA	110	0.584	0.499	7.553	48.943	31.580
	TIGER	110	0.471	0.093	26.583	29.780	32.980
	YAMAHA	110	0.451	0.305	8.074	40.991	43.720
YAMAHA/SPARK	135	0.756	0.313	4.159	60.953	33.200	

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวมลธิรา สดชื่น
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 มกราคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	ประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 จบการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ “ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และการจัดการสิ่งแวดล้อม ” ครั้งที่ 3 (CESEM 3) ระหว่างวันที่ 14-15 มีนาคม 2554 ณ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ผลงานใน วารสารวิชาการระดับชาติ