

(Measurement, Reporting and Verification : MRV)



โครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืน
และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน **เมืองหนองคาย**

โครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืน
และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย

คู่มือการติดตามประเมินผล การตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ
(Measurement, Reporting and Verification : MRV)

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม

มหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.)

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (มธ.)

กิตติกรรมประกาศ

ทางโครงการพัฒนาเมืองนาร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร ฝ่ายปฏิบัติการของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ตลอดจนผู้แทนจากหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำและศึกษาโครงการฯ ที่กรุณาให้ความร่วมมืออนุเคราะห์ ข้อมูล ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาโครงการฯ จนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ทางโครงการพัฒนาเมืองนาร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย ขอขอบพระคุณองค์กร หน่วยงานต่างๆ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ร่วมมือและประสานงาน ในกิจกรรมต่างๆ รวมถึงกรุณาเสียสละเวลาเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ของโครงการฯ อาทิการสัมมนา การประชุมกลุ่มย่อย การฝึกอบรม และการเสวนา ทำให้เกิดองค์ความรู้ ความเข้าใจ และได้รับข้อมูลที่สามารถนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาโครงการฯ เป็นอย่างมาก

ท้ายสุดนี้ทางโครงการพัฒนาเมืองนาร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย ใคร่ขอขอบพระคุณ 1) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม 2) มหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.) และ 3) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (มธ.) ที่เป็นองค์กรที่ขับเคลื่อนนโยบายด้านการคมนาคมขนส่งอย่างยั่งยืนทำให้เกิดองค์ความรู้และคู่มือการติดตามประเมินผล การตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification : MRV) มากไปกว่านั้นทางโครงการฯ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการกำกับการศึกษาที่ได้กรุณาชี้แนะ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาปรับปรุงผลการศึกษาและการจัดทำคู่มือการศึกษาของโครงการฯ ตลอดจนให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการประสานงานด้านต่างๆ จนทำให้การศึกษาโครงการฯ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

โครงการพัฒนาเมืองนาร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย
พฤศจิกายน พ.ศ. 2559

คำนำ

แนวคิดเรื่องการพัฒนาการขนส่งอย่างยั่งยืนได้ถูกกล่าวในเวทีประชาคมโลก โดยการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (The United Nations Conference on Environment and Development: UNCED) หรือ “Earth Summit” ณ นครริโอเดจาเนโร สหพันธ์สาธารณรัฐบราซิล ระหว่างวันที่ 20 – 22 มิถุนายน 2555 ซึ่งเป็นการประชุมสุดยอดผู้นำประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการกำหนดยุทธศาสตร์ว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา ในทุกสาขาสำหรับประชาคมโลกเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติต่อไปในอนาคต กล่าวได้ว่า การส่งเสริมนโยบายการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่สนับสนุนการอยู่อาศัยและบริการสังคม โดยได้ระบุถึง การส่งเสริมการขนส่งที่ไม่แพงและยั่งยืน รวมถึงตระหนักถึงความสำคัญของการวางแผนแบบผสมผสาน (Mixed Use Planning) โดยการส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งที่ยั่งยืนหรือการขนส่งสีเขียว ซึ่งเป็นการพัฒนาและใช้งานระบบขนส่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ทั้งสภาพที่อยู่โดยรอบของระบบขนส่ง เช่น มลพิษที่เกิดบริเวณรอบถนน รถไฟ หรือสภาพของเมืองโดยรวม ซึ่งนอกจากเกิดประโยชน์ในการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้รถยนต์และการคมนาคมแล้วยังก่อให้เกิดผลดีต่อความคล่องตัวในการเดินทาง ลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ลดปัญหาด้านสังคม

ด้วยความร่วมมือระหว่าง 1) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม 2) มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ (มน.) และ 3) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (มธ.) ดำเนินโครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย จึงทำให้เกิดองค์ความรู้และคู่มือการติดตามประเมินผลการตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification : MRV) เพื่อให้องค์กรและหน่วยงานต่างๆ สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

ทั้งนี้ คู่มือการติดตามประเมินผล การตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification : MRV) มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งทางโครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคายหวังว่าคู่มือการติดตามประเมินผล การตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification : MRV) จะสามารถก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่พื้นที่ต่างๆ รวมถึงองค์กรและหน่วยงานต่างๆ เพื่อที่จะนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้และสามารถนำไปกำหนดนโยบายและยุทธศาสตร์ต่อไป

โครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย
พฤศจิกายน พ.ศ. 2559

สารบัญ

	หน้า
วิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง	1
1. หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี TOP-DOWN	2
- แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี Top-Down	3
- ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี Top-Down	6
2. หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี BOTTOM-UP	9
- แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี Bottom-Up	12
- ตัวอย่างวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO ₂ ด้วยวิธี Bottom-Up	19

วิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

จากคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก(Guidelines for Greenhouse Gas Inventories) ที่แนะนำโดย IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ในปี ค.ศ. 2006 ระบุว่า วิธีการพื้นฐานในการประมาณการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 2 แนวทางการวิเคราะห์ จากชุดข้อมูล 2 ประเภท คือ

1) ปริมาณเชื้อเพลิงที่จำหน่าย: วิธี Top-Down

รายละเอียดหลักการคำนวณแสดงตั้งหน้า 2-5 และตัวอย่างการคำนวณแสดงตั้งหน้า 6-8

2) ระยะทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Kilometers Traveled: VKT): วิธี Bottom-Up

รายละเอียดหลักการคำนวณแสดงตั้งหน้า 9-18 และตัวอย่างการคำนวณแสดงตั้งหน้า 19-25

● ข้อแตกต่างของผลวิเคราะห์ของ 2 วิธีดังกล่าว คือ

วิธี Top-Down จะได้ผลลัพธ์ในภาพรวมของระบบขนส่งภายในประเทศ แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ระบุปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากยานพาหนะแต่ละประเภท หรือในแต่ละพื้นที่ศึกษา จึงทำให้ไม่สามารถประเมินนโยบายด้านคมนาคมได้อย่างเป็นรูปธรรมว่านโยบายใดที่สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้จริงและลดลงไปเป็นปริมาณเท่าใด

วิธี Bottom-Up จะสามารถให้ผลลัพธ์เฉพาะเจาะจงประเภทยานพาหนะในพื้นที่ศึกษาที่กำหนดได้ และสามารถแบ่งได้ว่าเป็นการเดินทางของผู้โดยสาร หรือการขนส่งสินค้า จึงเหมาะสำหรับใช้ประเมินนโยบายด้านการคมนาคม

● การเลือกวิธีการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับความพร้อมของข้อมูลที่มี

ในเบื้องต้นการคำนวณแบบวิธี Top-Down จะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากต้องการข้อมูลสำหรับการคำนวณน้อยกว่าวิธี Bottom-Up และโดยส่วนมากจะมีหน่วยงานที่เก็บข้อมูลภาพรวมไว้แล้ว ดังนั้นในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดำเนินการติดตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถใช้วิธี Top-Down เพื่อประเมินภาพรวมได้

เมื่อความพร้อมของข้อมูลมีเพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะเวลาต่อมา หรือมีความจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ประเมินรายนโยบายหรือรายโครงการด้านคมนาคมจึงใช้วิธี Bottom-Up ซึ่งจะให้รายละเอียดในการวิเคราะห์ที่มากขึ้น และสามารถระบุการวิเคราะห์เฉพาะเจาะจงรายนโยบายหรือรายโครงการได้

1) หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี TOP-DOWN

เป็นการวิเคราะห์ในรูปแบบ “บนลงล่าง” หรือหมายถึง การประเมินจากภาพรวมโดยประมาณค่าก๊าซ CO₂ โดยตรงจากปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลที่กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้มีการรวบรวมไว้อยู่แล้ว โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ (1.1) ดังนี้

$$\text{GHG Emissions} = \text{Fuel Quantity} \times \text{Net Calorific Value (NCV)} \times \text{Emission Factor (EF)} \quad \dots(1.1)$$

Litre
Scf /m³
TJ/Unit
kg/TJ

โดย GHG Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ (kg)

Fuel Quantity = ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำหน่ายต่อปี หรือข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)

NCV = Net Calorific Value (TJ)

EF = Emission Factor ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิล (kg CO₂/ TJ)

- **ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)** คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ในภาคขนส่งแสดงในหน่วยทางกายภาพ (ลิตรหรือกิโลกรัม) ข้อมูลนี้สามารถศึกษาได้จากรายงานการใช้พลังงานของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน หรือการสำรวจข้อมูลจากสถานเฝ้าระวังเชื้อเพลิงในพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 1.1
- **ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value - NCV)** คือ ค่าแปลงสำหรับเปลี่ยนปริมาณเชื้อเพลิงจากหน่วยกิโลกรัมหรือลิตร ให้เป็นหน่วยจูล (J) โดยอ้างอิงจาก “สถิติพลังงานของประเทศไทย 2557” โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.2
- **ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor - EF)** คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อหนึ่งหน่วยการใช้เชื้อเพลิง (kgCO₂/TJ) ค่าพื้นฐานที่ใช้อ้างอิงได้จากคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกที่แนะนำจากหน่วยงาน IPCC ดังแสดงในตารางที่ 1.2

แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Top-Down

หมายเหตุ: แบบฟอร์มการคำนวณดังต่อไปนี้ แสดงอยู่ในไฟล์ Excel แบบฟอร์มการคำนวณ MRV ในแผ่น CD

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ในภาคขนส่งของพื้นที่ที่กำหนดในปีที่กำหนด จากกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน หรือจากการสำรวจโดยแสดงในหน่วยทางกายภาพ (ลิตรหรือกิโลกรัม) แล้วนำมากรอกในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในภาคขนส่ง

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
เบนซิน 95/91		ลิตร
แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10		ลิตร
แก๊สโซฮอล์ E20		ลิตร
แก๊สโซฮอล์ E85		ลิตร
ดีเซล		ลิตร
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG		กิโลกรัม หรือลิตร
ก๊าซธรรมชาติ CNG		กิโลกรัม

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.doeb.go.th/v5/info_supply_provincefuel.php

ขั้นตอนที่ 2 หาข้อมูลอ้างอิงค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂

ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ สามารถหาค่าอ้างอิงได้จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ IPCC ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1.2 ซึ่งค่าอ้างอิงสามารถปรับเปลี่ยนได้หากมีข้อมูลใหม่หรือมีแหล่งอื่นที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 1.2 ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂

ประเภทเชื้อเพลิง	หน่วย (Units)	ค่าความร้อนสุทธิ Net Calorific Value ^(a) (MJ/Unit)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO ₂ Emission Factor ^(b) (kg CO ₂ / TJ)
เบนซิน	ลิตร	31.48	69,300
ดีเซล	ลิตร	36.42	74,100
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	กิโลกรัม ลิตร	49.30 26.62	56,100
ก๊าซธรรมชาติ CNG	กิโลกรัม	43.04	56,100
เอทานอล	ลิตร	20.90	0
ไบโอดีเซล	ลิตร	33.30	0

ที่มา: (a) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สถิติพลังงานของประเทศไทย 2557

, <http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/1215-energy-statistics-2557>

(b) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories :Reference Manual, 2006

, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

ขั้นตอนที่ 3 แปลงข้อมูลเชื้อเพลิงซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ประเทศไทยมีการจำหน่ายเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์และดีเซล ซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล/ไบโอดีเซล) และเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (เบนซิน/ดีเซล) ในสัดส่วนต่างๆ อ้างอิงจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.3 ในช่องสีเขียวซึ่งค่าอ้างอิงสามารถปรับเปลี่ยนได้หากมีข้อมูลใหม่ หรือมีแหล่งอื่นที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 1.3 สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ชนิดเชื้อเพลิง		สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (ร้อยละ)	
		เอทานอล	น้ำมันเบนซิน
เบนซิน ^(c)	เบนซิน 95/91	0	100
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	10	90
	แก๊สโซฮอล์ E20	20	80
	แก๊สโซฮอล์ E85	85	15
ชนิดเชื้อเพลิง		ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
ดีเซล ^(d)		5	95

ที่มา: (c) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/G.htm

(d) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/B.htm

ดังนั้น จึงต้องนำข้อมูลแก๊สโซฮอล์ประเภทต่างๆ และดีเซล มาทำการแปลงโดยแยกประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพ และเชื้อเพลิงปิโตรเลียมให้ออกมาเป็นปริมาณที่ชัดเจน ตามสัดส่วนที่แสดงในตารางที่ 1.3 ซึ่งแบบฟอร์มการแปลงแสดงดังตารางที่ 1.4 โดยช่องสีขาวคือช่องที่ต้องกรอกข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงจากตารางที่ 1.1 และทำการคำนวณเป็นผลลัพธ์ดังช่องสีเหลืองเพื่อนำไปใส่ในตารางที่ 1.5 ในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 1.4 แบบฟอร์มปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่ง

ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณแบ่งตามสัดส่วน	
				เอทานอล	น้ำมันเบนซิน
เบนซิน	เบนซิน 95/91	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ E20	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ E85	ลิตร			
	รวม	ลิตร			
ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
ดีเซล		ลิตร			

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

จากสมการที่ 1.1 สามารถนำมาทำเป็นตารางแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Top-Down ดังตารางที่ 1.5 โดยช่องสีเขียวคือค่ามาตรฐานซึ่งเป็นค่าคงที่จากข้อมูลอ้างอิง

นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในภาคขนส่งที่รวบรวม และทำการแปลงเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 โดยช่องสีเหลืองคือผลการคำนวณจากตารางที่ 4.1 และช่องสีขาวคือข้อมูลเชื้อเพลิง LPG และ CNG จากตารางที่ 1.1 มากรอกใส่ในตารางที่ 1.4 ที่ช่อง A แล้วทำการคำนวณ ดังนี้

- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงช่อง A มาคูณกับค่าความร้อนสุทธิช่อง B แล้วหารด้วย 10^6 เพื่อแปลงหน่วยปริมาณเชื้อเพลิงจากลิตรหรือกิโลกรัม ให้เป็น TJ ดังแสดงในช่อง C
- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หน่วย TJ ใน ช่อง C มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ ช่อง D จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ใน ช่อง E

ตารางที่ 1.5 แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคขนส่งแยกตามชนิดเชื้อเพลิงด้วยวิธี Top-down

A ปริมาณเชื้อเพลิง Fuel Quantity			B ค่าความร้อน สุทธิ (NCV) (MJ/Unit)	C ปริมาณ เชื้อเพลิง (TJ)	D สัมประสิทธิ์ การปล่อย CO ₂ (EF) (kg CO ₂ /TJ)	E ปริมาณ การปล่อย CO ₂ (kg CO ₂)
	A		B	$C=A*B/10^6$	D	$E=C*D$
น้ำมันเบนซิน		ลิตร	31.48		69,300	
น้ำมันดีเซล		ลิตร	36.42		74,100	
LPG		กิโลกรัม	49.30		56,100	
CNG		กิโลกรัม	43.04		56,100	
เอทานอล		ลิตร	20.90		0	
ไบโอดีเซล		ลิตร	33.30		0	
รวมทุกประเภทเชื้อเพลิง						

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

หมายเหตุ 1: สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG ต้องสังเกตหน่วยของข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงว่าเป็น กิโลกรัมหรือลิตร แล้วจึงนำค่าความร้อนสุทธิ (NCV) ที่มีหน่วยที่ตรงกันมาใช้ในการคำนวณ

หมายเหตุ 2: 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 toe) เท่ากับ 42.244 จิกะจูล (GJ) หรือ 1,000 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 ktoe) เท่ากับ 42.244 เทระจูล (TJ)

ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Top-down ของจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557

หมายเหตุ: ตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้ แสดงอยู่ในไฟล์ Excel แบบฟอร์มการคำนวณ MRV ในแผ่น CD

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ในภาคขนส่งแสดงในหน่วยทางกายภาพ (ลิตรหรือกิโลกรัม) ของจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557 จากกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 1.1

ตัวอย่างตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ
ในภาคขนส่งของจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
เบนซิน 95/91	884,408	ลิตร
แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	18,794,623	ลิตร
แก๊สโซฮอล์ E20	6,160,959	ลิตร
แก๊สโซฮอล์ E85	170,159	ลิตร
ดีเซล	48,637,998	ลิตร
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	2,456,390	กิโลกรัม
ก๊าซธรรมชาติ CNG	ไม่มีข้อมูล	กิโลกรัม

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน,

http://www.doeb.go.th/v5/info_supply_provincefuel.php

ขั้นตอนที่ 2 หาข้อมูลอ้างอิงค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂

ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ ใช้ค่ามาตรฐานซึ่งอ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ IPCC ตามลำดับ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 1.2 ในช่องสีเขียว ซึ่งค่าอ้างอิงสามารถปรับเปลี่ยนได้หากมีข้อมูลใหม่หรือมีแหล่งอื่นที่น่าเชื่อถือ

ตัวอย่างตารางที่ 1.2 ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂

ประเภทเชื้อเพลิง	หน่วย (Units)	ค่าความร้อนสุทธิ Net Calorific Value ^(a) (MJ/Unit)	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย ก๊าซ CO ₂ Emission Factor ^(b) (kg CO ₂ / TJ)
เบนซิน	ลิตร	31.48	69,300
ดีเซล	ลิตร	36.42	74,100
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	กิโลกรัม ลิตร	49.30 26.62	56,100
ก๊าซธรรมชาติ CNG	กิโลกรัม	43.04	56,100
เอทานอล	ลิตร	20.90	0
ไบโอดีเซล	ลิตร	33.30	0

ที่มา: (a) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สถิติพลังงานของประเทศไทย 2557,

<http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/1215-energy-statistics-2557>

(b) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories :Reference Manual, 2006,

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

ขั้นตอนที่ 3 แปลงข้อมูลเชื้อเพลิงซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ประเทศไทยมีการจำหน่ายเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์และดีเซล ซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล/ ไบโอดีเซล) และเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (เบนซิน/ ดีเซล) ในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 1.3 ในช่องสีเขียว

ตัวอย่างตารางที่ 1.3 สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ชนิดเชื้อเพลิง		สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (ร้อยละ)	
		เอทานอล	น้ำมันเบนซิน
เบนซิน ^(c)	เบนซิน 95/91	0	100
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	10	90
	แก๊สโซฮอล์ E20	20	80
	แก๊สโซฮอล์ E85	85	15
ชนิดเชื้อเพลิง		ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
ดีเซล ^(d)		5	95

ที่มา: (c) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/G.htm

(d) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/B.htm

นำข้อมูลแก๊สโซฮอล์ประเภทต่างๆ และดีเซล จากตัวอย่างตารางที่ 1.1 มาแปลง โดยแยกประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพ และเชื้อเพลิงปิโตรเลียมให้ออกมาเป็นปริมาณที่ชัดเจน ตามสัดส่วนที่แสดงในตัวอย่างตารางที่ 1.3 ข้างต้นแล้วมาใส่ในแบบฟอร์มปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่งดังตัวอย่างตารางที่ 1.4

ตัวอย่างตารางที่ 1.4 ผลการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่งของจังหวัดหนองคาย ในปี พ.ศ. 2557

ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณแบ่งตามสัดส่วน	
				เอทานอล	เบนซิน
เบนซิน	เบนซิน 95/91	ลิตร	884,408	0	884,408
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	ลิตร	18,794,623	1,879,462	16,915,161
	แก๊สโซฮอล์ E20	ลิตร	6,160,959	1,232,192	4,928,767
	แก๊สโซฮอล์ E85	ลิตร	170,159	144,635	25,524
	รวม		26,010,149	3,256,289	22,753,860
ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ไบโอดีเซล	ดีเซล
ดีเซล		ลิตร	48,637,998	2,431,900	46,206,098

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในภาคขนส่งของจังหวัดหนองคายในปี พ.ศ. 2557 ที่รวบรวม และทำการแปลงเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 มากรอกใส่ในตัวอย่างตารางที่ 1.5 แบบฟอร์มเพื่อใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Top-Down ที่ช่อง A แล้วทำการคำนวณดังนี้

- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ช่อง A มาคูณกับค่าความร้อนสุทธิ ช่อง B แล้วหารด้วย 10^6 เพื่อแปลงหน่วยปริมาณเชื้อเพลิงจากลิตรหรือกิโลกรัม ให้เป็น TJ ดังแสดงในช่อง C
- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หน่วย TJ ในช่อง C มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ ช่อง D จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ในช่อง E

ซึ่งได้ผลลัพธ์รวมทุกประเภทเชื้อเพลิงดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 1.5

ตัวอย่างตารางที่ 1.5 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคขนส่งแยกตามชนิดเชื้อเพลิง
ด้วยวิธี Top-down ของจังหวัดหนองคายในปี พ.ศ. 2557

A ปริมาณเชื้อเพลิง Fuel Quantity			B ค่าความร้อน สุทธิ (NCV) (MJ/Unit)	C ปริมาณ เชื้อเพลิง (TJ)	D สัมประสิทธิ์ การปล่อย CO ₂ (EF) (kg CO ₂ /TJ)	E ปริมาณ การปล่อย CO ₂ (kg CO ₂)
	A		B	C=A*B/ 10^6	D	E=C*D
น้ำมันเบนซิน	22,753,860	ลิตร	31.48	716.29	69,300	49,639,002
น้ำมันดีเซล	46,206,098	ลิตร	36.42	1,686.83	74,100	124,697,413
LPG	2,456,390	กิโลกรัม	49.30	121.10	56,100	6,793,712
CNG	ไม่มีข้อมูล	กิโลกรัม	43.04	ไม่มีข้อมูล	56,100	ไม่มีข้อมูล
เอทานอล	3,256,289	ลิตร	20.90	68.06	0	0
ไบโอดีเซล	2,431,900	ลิตร	33.30	80.98	0	0
รวมทุกประเภทเชื้อเพลิง				2,669.26		181,130,126

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

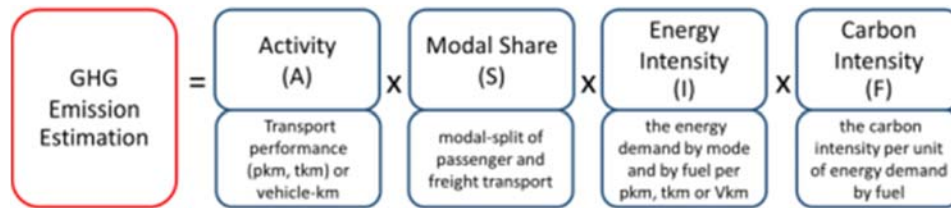
หมายเหตุ 1: สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG ต้องสังเกตหน่วยของข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงว่าเป็น กิโลกรัมหรือลิตร แล้วจึงนำค่าความร้อนสุทธิ (NCV) ที่มีหน่วยที่ตรงกันมาใช้ในการคำนวณ

หมายเหตุ 2: 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 toe) เท่ากับ 42.244 จิกะจูล (GJ) หรือ 1, 000 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 ktoe) เท่ากับ 42.244 เทระจูล (TJ)

ดังนั้น ผลการคำนวณจากตัวอย่างตารางที่ 1.5 สามารถสรุปได้ว่า ในปี พ.ศ. 2557 จังหวัดหนองคายมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง 2,669.26 TJ หรือเทียบเท่ากับ 63.19 ktoe และมีการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 181,130,126 kg CO₂ หรือเท่ากับประมาณ 181,130 ตัน CO₂

2) หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี BOTTOM-UP

เป็นการวิเคราะห์ในรูปแบบ “ล่างขึ้นบน” หรือหมายถึง การรวบรวมข้อมูลกิจกรรมย่อยทางการขนส่ง เพื่อคำนวณรวมเป็นภาพรวม โดยประมาณค่าก๊าซ CO₂ ทางอ้อมจากปริมาณความต้องการในการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงและตรวจวัดได้เป็นหลัก โดยใช้หลักการ ASIF (Activity–Structure–Intensity–Fuel) สำหรับการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซ CO₂ สามารถสรุปได้ในสมการ ASIF ดังแสดงในสมการที่ (2.1) ดังนี้



$$G = A \times S_i \times I_{ij} \times F_{ij} \dots (2.1)$$

- โดย G = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณการเดินทาง (kg CO₂)
- A = ปริมาณการเดินทางหรือการขนส่ง (คัน-กิโลเมตร หรือคน-กิโลเมตร หรือตัน-กิโลเมตร)
- S = สัดส่วนประเภทการเดินทางตามประเภทเชื้อเพลิงหรือยานพาหนะ (%)
- I = อัตราการใช้พลังงาน (MJ/คัน-กิโลเมตรหรือ MJ/คน-กิโลเมตรหรือ MJ/ตัน-กิโลเมตร)
- F = ปริมาณคาร์บอนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท (kg CO₂/MJ)
- i = รูปแบบการเดินทาง
- j = ชนิดของเชื้อเพลิง

รายละเอียดแนวทางการวิเคราะห์ของส่วนต่างๆ ในสมการข้างต้นสามารถสรุปได้ ดังนี้

- **การคำนวณหาความต้องการในการเดินทางในพื้นที่ศึกษา (A และ S)**

ตัวแปร Activity (A) และ Structure (S) เป็นการคำนวณเพื่อหาข้อมูลความต้องการในการเดินทางในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์หาค่า Vehicle Kilometers Traveled (VKT) ของแต่ละรูปแบบการเดินทางดังสมการที่ (2.2)

จากนั้นทำการคำนวณหาค่า Passenger Kilometers Traveled (PKT) จากค่าเฉลี่ยผู้โดยสารในแต่ละประเภทของยานพาหนะ (Average Occupancy) หรือคำนวณหาค่า Ton Kilometers Traveled (TKT) จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรทุกสินค้า (Average Occupancy) ดังสมการที่ (2.3)

$$VKT_i = \text{Total Trips} \times S_i \times \text{AvgDIST}_i \dots (2.2)$$

โดย	VKT_i	=	ปริมาณการเดินทางของยานพาหนะ (คัน-กิโลเมตร)
	Total Trips	=	จำนวนเที่ยวการเดินทางรวมในพื้นที่ (เที่ยว)
	S_i	=	สัดส่วนของรูปแบบการเดินทาง i (เปอร์เซ็นต์)
	AvgDIST_i	=	ระยะทางเฉลี่ยในรูปแบบการเดินทาง i (คัน-กิโลเมตร/ เที่ยว)

$$\begin{aligned} PKT_i &= VKT_i \times \text{AvgOCC}_i \dots (2.3) \text{ or} \\ TKT_i &= VKT_i \times \text{AvgOCC}_i \end{aligned}$$

โดย	PKT_i	=	ปริมาณการเดินทางของผู้โดยสาร (คน-กิโลเมตร)
	TKT_i	=	ปริมาณการขนส่งสินค้า (ตัน-กิโลเมตร)
	AvgOCC_i	=	อัตราเฉลี่ยจำนวนผู้โดยสารในยานพาหนะรูปแบบการเดินทาง i

- **สัดส่วนการใช้พลังงานของการเดินทางในรูปแบบต่างๆ (I)**

ตัวแปร I (Modal Energy Intensity) คือ สัดส่วนการใช้พลังงานของรูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ ข้อมูลในส่วนนี้สามารถอ้างอิงจากสัดส่วนประเภทเชื้อเพลิงแบ่งตามประเภทยานพาหนะที่ใช้ โดยอาศัยข้อมูลจำนวนรถจดทะเบียนสะสมของกรมการขนส่งทางบก โดยกรมการขนส่งทางบกได้ทำการบันทึกสถิติจำนวนรถจดทะเบียนแยกตามชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ เบนซิน ดีเซล LPG CNG ไฟฟ้า ไม่ใช้เชื้อเพลิง (รถพ่วง) และไฮบริด

- **ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ตามประเภทการใช้พลังงาน (F)**

ค่า F (Carbon Content of Fuels) ได้อาศัยค่าพื้นฐานที่นำเสนอในเครื่องมือการคำนวณ ตัวอย่าง เช่น กำหนดให้รถยนต์ส่วนบุคคล (Car) และรถแท็กซี่ (Taxi) มีอัตราการใช้พลังงานของน้ำมันเบนซิน 13 กิโลเมตร/ลิตร และน้ำมันดีเซล 15 กิโลเมตร/ลิตร รถจักรยานยนต์ (2W) มีอัตราการใช้พลังงานของน้ำมันเบนซิน 60 กิโลเมตร/ลิตร และรถโดยสารสาธารณะ (Bus) มีอัตราการใช้พลังงานของน้ำมันเบนซิน 3 กิโลเมตร/ลิตร และน้ำมันดีเซล 3 กิโลเมตร/ลิตร

ข้อมูลสำคัญที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคขนส่งด้วยวิธี Bottom-up นั้น ต้องทำการลงพื้นที่สำรวจเพื่อเก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลดังสรุปในตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงแนวทางการได้มาซึ่งข้อมูล และแหล่งข้อมูลที่สำคัญ โดยข้อมูลบางประเภทได้มีการศึกษาออกเป็นค่ามาตรฐานซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ถึง ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.1 สรุปวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลกิจกรรมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Bottom-up

ตัวแปร	ประเภทข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ค่ามาตรฐาน
A และ S	จำนวนยานพาหนะ	ข้อมูลจากกรมการขนส่งทางบก	ไม่มีค่ามาตรฐาน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา แบบฟอร์ม ดังตารางที่ 2.2
	ระยะการเดินทางเฉลี่ย	ข้อมูลจากการสำรวจ	
	จำนวนเที่ยวการเดินทาง	ข้อมูลจากการสำรวจ	
	อัตราบรรทุกผู้โดยสาร หรืออัตราเฉลี่ย จำนวนผู้โดยสารในยานพาหนะ	สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและ จราจร หรือข้อมูลจากการสำรวจ	ตารางที่ 2.3 หรือขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา
	อัตราบรรทุกสินค้า	กรมทางหลวง บริษัทขนส่งสินค้าเอกชน หรือข้อมูลจากการสำรวจ	ไม่มีค่ามาตรฐาน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา
I	อัตราการใช้เชื้อเพลิง หรือสัดส่วนการใช้ เชื้อเพลิงของแต่ละประเภทยานพาหนะ	ข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลจากกรม ควบคุมมลพิษ	ไม่มีค่ามาตรฐาน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา
F	ประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละเชื้อเพลิง ในแต่ละประเภทยานพาหนะ	โครงการศึกษาและสำรวจการใช้พลังงาน ในภาคขนส่ง (สนข., 2551)	ตารางที่ 2.4
	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value - NCV) ของแต่ละเชื้อเพลิง	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน	ตารางที่ 2.5
	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor- EF)	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	

แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Bottom-Up

หมายเหตุ: แบบฟอร์มการคำนวณดังต่อไปนี้ แสดงอยู่ในไฟล์ Excel แบบฟอร์มการคำนวณ MRV ในแผ่น CD

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ลงพื้นที่สำรวจเพื่อเก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณดังตารางที่ 2.1 แล้วนำมากรอกในแบบฟอร์มดังตารางที่ 2.2 โดยอาจจะมีประเภทยานพาหนะเพิ่มเติมได้ แล้วแต่พื้นที่และข้อมูลที่สำรวจ

รวมถึงรวบรวมค่าอ้างอิงด้านอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.3 - 2.6 ในช่องสีเขียว ซึ่งค่าอ้างอิงสามารถปรับเปลี่ยนได้หากมีข้อมูลใหม่หรือมีแหล่งอื่นที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 2.2 แบบฟอร์มจำนวนยานพาหนะและระยะการเดินทางเฉลี่ยของแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภทยานพาหนะ	จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน ^(e) (คัน)	ระยะการเดินทางเฉลี่ย ^(f) (กิโลเมตร/ปี)
รถยนต์ส่วนบุคคล		
รถจักรยานยนต์		
รถโดยสาร		
รถบรรทุก		

ที่มา: (e) กรมการขนส่งทางบก, http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html

(f) การลงพื้นที่สำรวจ

ตารางที่ 2.3 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยบนยานพาหนะ (Occupancy Rate)

ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้โดยสารบนยานพาหนะ (Occupancy rate)		
	กรุงเทพและปริมณฑล ^(g)		ระหว่างเมือง ^(h)
	วันธรรมดา	วันหยุด	
1. รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง	1.10	1.10	n/a
2. รถยนต์ส่วนบุคคลและแท็กซี่	1.15	1.20	2.1
3. รถจักรยานยนต์และรถตู้ส่วนบุคคล	1.20	1.25	1.82
4. รถตู้โดยสารสาธารณะ	5.20	4.70	n/a
5. รถโดยสารขนาดเล็ก (สองแถว)	9.60	10.10	14.01
6. รถโดยสารขนาดกลาง	13.80	13.80	32.9
7. รถโดยสารขนาดใหญ่	25.10	20.90	n/a
8. รถบรรทุกขนาดกลาง	1.70	1.90	1.56
9. รถบรรทุกขนาดใหญ่	1.70	1.70	1.39

ที่มา: (g) การศึกษาจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาและบูรณาการโครงข่ายถนน สะพานข้ามแม่น้ำและการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (สนข.,2554)

(h) การศึกษาความเหมาะสม ด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของแผนแม่บททางหลวง (กรมทางหลวง, 2551)

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละเชื้อเพลิงในแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ⁽ⁱ⁾			
	เบนซิน (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	ดีเซล (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	LPG (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	CNG (คัน-กิโลเมตร/ กิโลกรัม)
รถยนต์ส่วนบุคคล	12.57	12.67	11.3	-
รถปิคอัพ	9.56	12.3	-	-
รถจักรยานยนต์	30	-	-	-
รถโดยสาร	-	4.33	-	1.08
รถบรรทุก	-	4.81	-	1.28

ที่มา: (i) โครงการศึกษาและสำรวจการใช้พลังงานในภาคขนส่ง (สนข., 2551)

ตารางที่ 2.5 ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

ประเภทเชื้อเพลิง	หน่วย (Units)	ค่าความร้อนสุทธิ Net Calorific Value ^(a) (MJ/Unit)		ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย ก๊าซ CO ₂ Emission Factor ^(b) (kg CO ₂ / TJ)
เบนซิน	ลิตร	31.48		69,300
ดีเซล	ลิตร	36.42		74,100
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	กิโลกรัม ลิตร	49.30	26.62	56,100
ก๊าซธรรมชาติ CNG	กิโลกรัม	43.04		56,100
เอทานอล	ลิตร	20.90		0
ไบโอดีเซล	ลิตร	33.30		0

ที่มา: (j) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สถิติพลังงานของประเทศไทย 2557,

<http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/1215-energy-statistics-2557>

(k) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories :Reference Manual, 2006,

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

ตารางที่ 2.6 สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ชนิดเชื้อเพลิง		สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (ร้อยละ)	
		เอทานอล	น้ำมันเบนซิน
เบนซิน ^(l)	เบนซิน 95/91	0	100
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	10	90
	แก๊สโซฮอล์ E20	20	80
	แก๊สโซฮอล์ E85	85	15
ชนิดเชื้อเพลิง		ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
ดีเซล ^(m)		5	95

ที่มา: (l) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/G.htm

(m) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/B.htm

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะ

นำข้อมูลจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนและระยะการเดินทางเฉลี่ยต่อปี จากตารางที่ 2.2 มากรอกใส่ตารางที่ 2.7 เพื่อคำนวณระยะทางการเดินทางรวมทั้งปีของยานพาหนะแต่ละประเภท ดังนี้

- นำจำนวนยานพาหนะ ช่อง A มาคูณกับ ระยะการเดินทางเฉลี่ย ช่อง B ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น ระยะการเดินทางรวมทั้งปี ช่อง C

ตารางที่ 2.7 แบบฟอร์มการคำนวณระยะทางการเดินทางรวมของแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	A	B	C=A*B
	จำนวนยานพาหนะ (คัน)	ระยะการเดินทางเฉลี่ย (กิโลเมตร/ปี)	ระยะการเดินทางรวมทั้งปี (คัน-กิโลเมตร)
รถยนต์ส่วนบุคคล			
รถจักรยานยนต์			
รถจักรยานยนต์			
รถโดยสาร			
รถบรรทุก			

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ลงพื้นที่สำรวจหรือรวบรวมข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละประเภทยานพาหนะในพื้นที่สำรวจ แล้วนำมากรอกในตารางที่ 2.8 แล้วจึงทำการคำนวณตามสมการที่ 2.2 ดังนี้

- นำสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง **ช่อง D** มาคูณกับ ระยะการเดินทางรวมทั้งปี **ช่อง C** จากตารางที่ 2.7 ได้ผลลัพธ์เป็นระยะการเดินทางของแต่ละประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละยานพาหนะ **ช่อง E**

ตารางที่ 2.8 แบบฟอร์มการคำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ประเภท ยานพาหนะ	D						
	สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง (ร้อยละ) ⁽¹⁾						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG
รถยนต์ส่วนบุคคล							
รถจักรยานยนต์							
รถจักรยานยนต์							
รถโดยสาร							
รถบรรทุก							
ประเภท ยานพาหนะ	E = C*D						
	ระยะการเดินทาง (ค่าน-กิโลเมตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG
รถยนต์ส่วนบุคคล							
รถจักรยานยนต์							
รถจักรยานยนต์							
รถโดยสาร							
รถบรรทุก							

ที่มา: (1) การลงพื้นที่สำรวจ

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ

นำข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานใน ตารางที่ 2.4 แล้วนำมากรอกในตารางที่ 2.9 แล้วจึงทำการคำนวณดังนี้

- นำระยะการเดินทาง ช่อง E จากตารางที่ 2.8 มาหารด้วย ประสิทธิภาพพลังงาน ช่อง F ได้ผลลัพธ์เป็น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละยานพาหนะ ช่อง G

ตารางที่ 2.9 แบบฟอร์มการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละเชื้อเพลิงในแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	F						
	ประสิทธิภาพพลังงาน (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG (คัน-กม./ กก.)
รถยนต์ส่วนบุคคล							
รถปิคอัพ							
รถจักรยานยนต์							
รถโดยสาร							
รถบรรทุก							
ประเภท ยานพาหนะ	G =E/F						
	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG (กิโลกรัม)
รถยนต์ส่วนบุคคล							
รถปิคอัพ							
รถจักรยานยนต์							
รถโดยสาร							
รถบรรทุก							
รวม							

ขั้นตอนที่ 5 แปลงข้อมูลเชื้อเพลิงซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ประเทศไทยมีการจำหน่ายเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์และดีเซล ซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล/ ไบโอดีเซล) และเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (เบนซิน/ ดีเซล) ในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ในช่องสีเขียว

ดังนั้น จึงต้องนำข้อมูลแก๊สโซฮอล์ประเภทต่างๆ และดีเซล จากตารางที่ 2.9 มาแปลง โดยแยกประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียมให้ออกมาเป็นปริมาณที่ชัดเจน ตามสัดส่วนที่แสดงในตารางที่ 2.6 ข้างต้นแล้วมาใส่ในแบบฟอร์มปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่ง ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แบบฟอร์มการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่ง

ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณแบ่งตามสัดส่วน	
				เอทานอล	เบนซิน
เบนซิน	เบนซิน 95/91	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ E20	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ E85	ลิตร			
	รวม				
ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ไบโอดีเซล	ดีเซล
ดีเซล		ลิตร			

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

จากสมการที่ 2.1 สามารถนำมาทำเป็นตารางแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Bottom-Up ดังตารางที่ 2.11 โดยช่องสีเขียวคือค่ามาตรฐานซึ่งเป็นค่าคงที่จากข้อมูลอ้างอิง นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในภาคขนส่งที่รวบรวมและทำการแปลงเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนที่ 5 โดยช่องสีเหลืองคือผลการคำนวณจากตารางที่ 2.10 และช่องสีขาวคือข้อมูลเชื้อเพลิง LPG และ CNG จากตารางที่ 2.9 มารวมใส่ในตารางที่ 2.11 ที่ช่อง H แล้วทำการคำนวณ ดังนี้

- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ช่อง H มาคูณกับค่าความร้อนสุทธิ ช่อง I แล้วหารด้วย 10^6 เพื่อแปลงหน่วยปริมาณเชื้อเพลิงจากลิตรหรือกิโลกรัม ให้เป็น TJ ดังแสดงใน ช่อง J
- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หน่วย TJ ใน ช่อง J มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ ช่อง K จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ใน ช่อง L

ตารางที่ 2.11 แบบฟอร์มการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคขนส่งแยกตามชนิดเชื้อเพลิง ด้วยวิธี Bottom-Up

H ปริมาณเชื้อเพลิง Fuel Quantity			I ค่าความร้อน สุทธิ (NCV) (MJ/Unit)	J ปริมาณ เชื้อเพลิง (TJ)	K สัมประสิทธิ์ การปล่อย CO ₂ (EF) (kg CO ₂ /TJ)	L ปริมาณ การปล่อย CO ₂ (kg CO ₂)
	H		I	$J=H \times I / 10^6$	K	$L=J \times K$
น้ำมันเบนซิน		ลิตร	31.48		69,300	
น้ำมันดีเซล		ลิตร	36.42		74,100	
LPG		กิโลกรัม	49.30		56,100	
CNG		กิโลกรัม	43.04		56,100	
เอทานอล		ลิตร	20.90		0	
ไบโอดีเซล		ลิตร	33.30		0	
รวมทุกประเภทเชื้อเพลิง						

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

หมายเหตุ 1: สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG ต้องสังเกตหน่วยของข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงว่าเป็น กิโลกรัมหรือลิตร แล้วจึงนำค่าความร้อนสุทธิ (NCV) ที่มีหน่วยที่ตรงกันมาใช้ในการคำนวณ

หมายเหตุ 2: 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 toe) เท่ากับ 42.244 จิกะจูล (GJ) หรือ 1,000 ตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 ktoe) เท่ากับ 42.244 เทระจูล (TJ)

ตัวอย่างวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี bottom-up

หมายเหตุ: ตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้ แสดงอยู่ในไฟล์ Excel แบบฟอร์มการคำนวณ MRV ในแผ่น CD

ขั้นตอนการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ของจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557 ด้วยวิธี Bottom-Up มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ลงพื้นที่สำรวจเพื่อเก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณดังตารางที่ 2.1 แล้วนำมากรอกในแบบฟอร์มดังตารางที่ 2.2 ซึ่งข้อมูลของจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557 ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Bottom-Up แสดงดังตัวอย่างตารางที่ 2.2 รวมถึงข้อมูลอ้างอิงด้านอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.3 - 2.5

ตัวอย่างตารางที่ 2.2 ข้อมูลจังหวัดหนองคาย พ.ศ. 2557 สำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธี Bottom-up

ประเภทยานพาหนะ	จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน ^(e) (คัน)	ระยะการเดินทางเฉลี่ย ^(f) (กิโลเมตร/ปี)
รถยนต์ส่วนบุคคล	26,576	10,832
รถจักรยานยนต์	37,418	10,884
รถจักรยานยนต์	150,793	3,397
รถโดยสาร	460	15,084
รถบรรทุก	4,347	48,780

ที่มา: (e) กรมการขนส่งทางบก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html

(f) การลงพื้นที่สำรวจ

ตัวอย่างตารางที่ 2.3 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยบนยานพาหนะ (Occupancy Rate)

ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้โดยสารบนยานพาหนะ (Occupancy rate)		
	กรุงเทพและปริมณฑล ^(g)		ระหว่างเมือง ^(h)
	วันธรรมดา	วันหยุด	
1. รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง	1.10	1.10	n/a
2. รถยนต์ส่วนบุคคลและแท็กซี่	1.15	1.20	2.1
3. รถจักรยานยนต์และรถตู้ส่วนบุคคล	1.20	1.25	1.82
4. รถตู้โดยสารสาธารณะ	5.20	4.70	n/a
5. รถโดยสารขนาดเล็ก (สองแถว)	9.60	10.10	14.01
6. รถโดยสารขนาดกลาง	13.80	13.80	32.9
7. รถโดยสารขนาดใหญ่	25.10	20.90	n/a
8. รถบรรทุกขนาดกลาง	1.70	1.90	1.56
9. รถบรรทุกขนาดใหญ่	1.70	1.70	1.39

ที่มา: (g) การศึกษาจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาและบูรณาการโครงข่ายถนน สะพานข้ามแม่น้ำและการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (สนช, 2554)

(h) การศึกษาความเหมาะสม ด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของแผนแม่บททางหลวง (กรมทางหลวง, 2551)

ตัวอย่างตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละเชื้อเพลิงในแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ⁽ⁱ⁾			
	เบนซิน (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	ดีเซล (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	LPG (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)	CNG (คัน-กิโลเมตร/ กิโลกรัม)
รถยนต์ส่วนบุคคล	12.57	12.67	11.3	-
รถปิคอัพ	9.56	12.3	-	-
รถจักรยานยนต์	30	-	-	-
รถโดยสาร	-	4.33	-	1.08
รถบรรทุก	-	4.81	-	1.28

ที่มา: (i) โครงการศึกษาและสำรวจการใช้พลังงานในภาคขนส่ง (สนข., 2551)

ตัวอย่างตารางที่ 2.5 ค่าความร้อนสุทธิและค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂
จากปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

ประเภทเชื้อเพลิง	หน่วย (Units)	ค่าความร้อนสุทธิ Net Calorific Value ^(a) (MJ/Unit)		ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย ก๊าซ CO ₂ Emission Factor ^(b) (kg CO ₂ / TJ)
เบนซิน	ลิตร	31.48		69,300
ดีเซล	ลิตร	36.42		74,100
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	กิโลกรัม ลิตร	49.30	26.62	56,100
ก๊าซธรรมชาติ CNG	กิโลกรัม	43.04		56,100
เอทานอล	ลิตร	20.90		0
ไบโอดีเซล	ลิตร	33.30		0

ที่มา: (j) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สถิติพลังงานของประเทศไทย 2557,
<http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/1215-energy-statistics-2557>
 (k) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories :Reference Manual, 2006,
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

ตัวอย่างตารางที่ 2.6 สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ชนิดเชื้อเพลิง		สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (ร้อยละ)	
		เอทานอล	น้ำมันเบนซิน
เบนซิน ^(l)	เบนซิน 95/91	0	100
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	10	90
	แก๊สโซฮอล์ E20	20	80
	แก๊สโซฮอล์ E85	85	15
ชนิดเชื้อเพลิง		ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
ดีเซล ^(m)		5	95

ที่มา: (l) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/G.htm

(m) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/B.htm

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะ

นำข้อมูลจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนและระยะการเดินทางเฉลี่ยต่อปี จากตัวอย่างตารางที่ 2.2 มากรอกใส่ตัวอย่างตารางที่ 2.7 เพื่อคำนวณระยะทางการเดินทางรวมทั้งปีของยานพาหนะแต่ละประเภท ดังนี้

- นำจำนวนยานพาหนะ **ช่อง A** มาคูณกับ ระยะการเดินทางเฉลี่ย **ช่อง B** ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น ระยะการเดินทางรวมทั้งปี **ช่อง C**

ตัวอย่างตารางที่ 2.7 ผลการคำนวณระยะทางการเดินทางรวมของแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	A	B	C=A*B
	จำนวนยานพาหนะ (คัน)	ระยะการเดินทางเฉลี่ย (กิโลเมตร/ปี)	ระยะการเดินทางรวมทั้งปี (คัน-กิโลเมตร)
รถยนต์ส่วนบุคคล	26,576	10,832	287,871,232
รถจักรยานยนต์	37,418	10,884	407,257,512
รถจักรยานยนต์	150,793	3,397	512,243,821
รถโดยสาร	460	15,084	6,938,640
รถบรรทุก	4,347	48,780	212,046,660

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ลงพื้นที่สำรวจหรือรวบรวมข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละประเภทยานพาหนะในพื้นที่สำรวจ แล้วนำมากรอกในตัวอย่างตารางที่ 2.8 แล้วจึงทำการคำนวณตามสมการที่ 2.2 ดังนี้

- นำสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง **ช่อง D** มาคูณกับ ระยะการเดินทางรวมทั้งปี **ช่อง C** จากตัวอย่างตารางที่ 2.7 ได้ผลลัพธ์เป็นระยะการเดินทางของแต่ละประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละยานพาหนะ **ช่อง E**

ตัวอย่างตารางที่ 2.8 ผลการคำนวณปริมาณการเดินทางของยานพาหนะแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ประเภท ยานพาหนะ	D						
	สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง (ร้อยละ) ⁽¹⁾						
	เบนซิน	แก๊ส โซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG
รถยนต์ส่วนบุคคล		54			38	8	
รถปิกอัพ		2			98		
รถจักรยานยนต์		100					
รถโดยสาร					88		12
รถบรรทุก					97		3
ประเภท ยานพาหนะ	E = C*D						
	ระยะการเดินทาง (คัน-กิโลเมตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊ส โซฮอล์ E20	แก๊ส โซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG
รถยนต์ส่วนบุคคล		155,450,465			109,391,068	23,029,699	
รถปิกอัพ		8,145,150			399,112,362		
รถจักรยานยนต์		512,243,821					
รถโดยสาร					6,106,003		832,637
รถบรรทุก					205,685,260		6,361,400

ที่มา: (1) การลงพื้นที่สำรวจ

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ

นำข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานใน ตัวอย่างตารางที่ 2.4 แล้วนำมากรอกในตัวอย่างตารางที่ 2.9 แล้วจึงทำการคำนวณ ดังนี้

- นำระยะการเดินทาง ช่อง E จากตัวอย่างตารางที่ 2.8 มาหารด้วยประสิทธิภาพพลังงาน ช่อง F ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละยานพาหนะ ช่อง G

ตัวอย่างตารางที่ 2.9 ผลการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละเชื้อเพลิงในแต่ละประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ	F						
	ประสิทธิภาพพลังงาน (คัน-กิโลเมตร/ ลิตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG (คัน-กม./ กก.)
รถยนต์ส่วนบุคคล		12.57			12.67	11.3	
รถปิคอัพ		9.65			12.3		
รถจักรยานยนต์		30					
รถโดยสาร					4.33		1.08
รถบรรทุก					4.81		1.28
ประเภท ยานพาหนะ	G =E/F						
	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง(ลิตร)						
	เบนซิน	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	แก๊สโซฮอล์ E20	แก๊สโซฮอล์ E85	ดีเซล	LPG	CNG (กิโลกรัม)
รถยนต์ส่วนบุคคล		12,366,783			8,633,865	2,038,026	
รถปิคอัพ		852,003			32,448,159		
รถจักรยานยนต์		17,074,794					
รถโดยสาร					1,410,162		770,960
รถบรรทุก					42,762,008		4,969,844
รวม		30,293,580			85,254,195	2,038,026	5,740,804

ขั้นตอนที่ 5 แปลงข้อมูลเชื้อเพลิงซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

สำหรับประเทศไทยมีการจำหน่ายเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์และดีเซล ซึ่งมีสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล/ ไบโอดีเซล) และเชื้อเพลิงปิโตรเลียม (เบนซิน/ ดีเซล) ในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.6

ดังนั้น จึงต้องนำข้อมูลแก๊สโซฮอล์ประเภทต่างๆ และดีเซล จากตัวอย่างตารางที่ 2.9 มาแปลง โดยแยกประเภทเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงปิโตรเลียมให้ออกมาเป็นปริมาณที่ชัดเจน ตามสัดส่วนที่แสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.6 ข้างต้น แล้วมาใส่ในแบบฟอร์มปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่ง ดังตัวอย่างตารางที่ 2.10

ตัวอย่างตารางที่ 2.10 ผลการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในภาคขนส่ง

ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณแบ่งตามสัดส่วน	
				เอทานอล	เบนซิน
เบนซิน	เบนซิน 95/91	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ 95/91 E10	ลิตร	30,293,580	3,029,358	27,264,222
	แก๊สโซฮอล์ E20	ลิตร			
	แก๊สโซฮอล์ E85	ลิตร			
	รวม		30,293,580	3,029,358	27,264,222
ชนิดเชื้อเพลิง		หน่วย	ปริมาณ	ไบโอดีเซล	ดีเซล
ดีเซล		ลิตร	85,254,195	4,262,710	80,991,485

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในภาคขนส่งที่รวบรวมและทำการแปลงเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนที่ 1-5 โดยช่องสี่เหลี่ยมคือผลการคำนวณจากตัวอย่างตารางที่ 2.10 และช่องสีขาวคือข้อมูลเชื้อเพลิง LPG และ CNG จากตัวอย่างตารางที่ 2.9 มารอกใส่ในตัวอย่างตารางที่ 2.11 ที่ช่อง H แล้วทำการคำนวณ ดังนี้

- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ช่อง H มาคูณกับค่าความร้อนสุทธิ ช่อง I แล้วหารด้วย 10^6 เพื่อแปลงหน่วยปริมาณเชื้อเพลิงจากลิตรหรือกิโลกรัม ให้เป็น TJ ดังแสดงในช่อง J
- นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หน่วย TJ ใน ช่อง J มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂ ช่อง K จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ใน ช่อง L

ตัวอย่างตารางที่ 2.11 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคขนส่งแยกตามชนิดเชื้อเพลิง ด้วยวิธี Bottom-Up

H ปริมาณเชื้อเพลิง Fuel Quantity			I ค่าความร้อน สุทธิ (NCV) (MJ/Unit)	J ปริมาณ เชื้อเพลิง (TJ)	K สัมประสิทธิ์ การปล่อย CO ₂ (EF) (kg CO ₂ /TJ)	L ปริมาณ การปล่อย CO ₂ (kg CO ₂)
	H		I	$J=H*I/10^6$	K	$L=J*K$
น้ำมันเบนซิน	27,264,222	ลิตร	31.48	858.28	69,300	59,478,646
น้ำมันดีเซล	80,991,485	ลิตร	36.42	2,949.71	74,100	218,573,503
LPG	2,038,026	กิโลกรัม	49.30	100.47	56,100	5,636,631
CNG	5,740,804	กิโลกรัม	43.04	247.08	56,100	13,861,423
เอทานอล	3,029,358	ลิตร	20.90	63.31	0	0
ไบโอดีเซล	4,262,710	ลิตร	33.30	141.95	0	0
รวมทุกประเภทเชื้อเพลิง				4,360.81		297,550,203

ที่มา: รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

หมายเหตุ 1: สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG ต้องสังเกตหน่วยของข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงว่าเป็น กิโลกรัมหรือลิตร แล้วจึงนำค่าความร้อนสุทธิ (NCV) ที่มีหน่วยที่ตรงกันมาใช้ในการคำนวณ

หมายเหตุ 2: 1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 toe) เท่ากับ 42.244 จิกะจูล (GJ) หรือ 1,000 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 ktoe) เท่ากับ 42.244 เทระจูล (TJ)

ดังนั้น ผลการคำนวณจากตัวอย่างตารางที่ 2.11 สามารถสรุปได้ว่า ในปี พ.ศ. 2557 จังหวัดหนองคายมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง 4,360.81 TJ หรือเทียบเท่ากับ 103.23 ktoe และมีการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 297,550,203 kg CO₂ หรือเท่ากับประมาณ 297,550 ตัน CO₂

โครงการพัฒนาเมืองนำร่องตามแผนการขนส่งยั่งยืน
และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมืองหนองคาย

คู่มือการติดตามประเมินผล การตรวจวัด รายงานผล และทวนสอบ
(Measurement, Reporting and Verification : MRV)

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม

มหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.)

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (มธ.)



ติดต่อสอบถาม

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)
35 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0-2215-1515 โทรสาร 0-2215-5500 www.otp.go.th



www.asean-highwaycity.com