

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

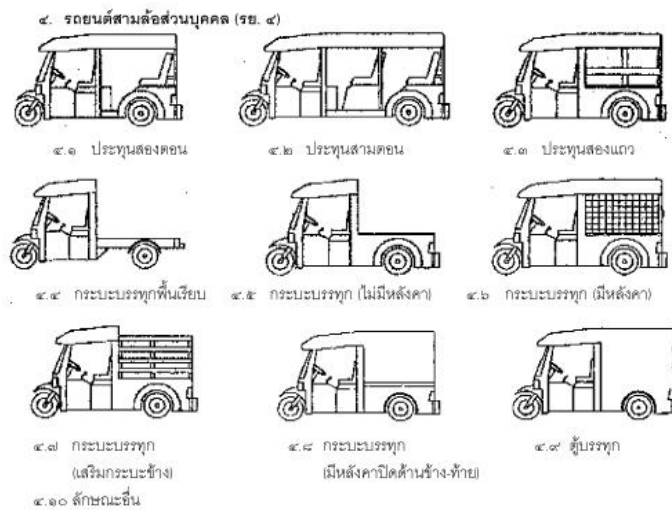
2.1 รถยนต์สามล้อรับจ้าง

2.1.1 คำนิยาม

กรมการขนส่งทางบกได้แบ่งประเภทรถยนต์ออกเป็น 17 ประเภท โดยสามารถแบ่งรถยนต์สามล้อออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ [4]

2.1.1.1 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล

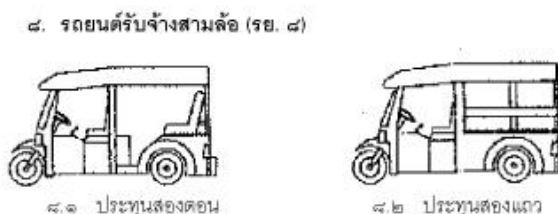
รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล เป็นรถที่มีขนาดกว้างไม่เกิน 1.50 เมตร และยาวไม่เกิน 4 เมตร ซึ่งเครื่องยนต์ต้องมีความจุในกระบอกสูบรวมกันไม่เกิน 550 ลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น แบบประทุนสองตอน ประทุนสองแถว กระบะบรรทุก และตู้บรรทุก โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะรถยนต์สามล้อส่วนบุคคล [5]

2.1.1.2 รถยนต์สามล้อรับจ้าง

รถยนต์สามล้อรับจ้างต้องมีลักษณะประทุน โดยมีที่นั่ง 2 ตอน หรือ 2 แถว ขนาดกว้างไม่เกิน 1.50 เมตร และยาวไม่เกิน 4 เมตร ซึ่งเครื่องยนต์ต้องมีความจุในกระบอกสูบรวมกันไม่เกิน 550 ลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น ประทุนสองตอน และประทุนสองแถว โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะรถยนต์สามล้อรับจ้าง [6]

2.1.2 ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

2.1.2.1 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas Vehicles: NGV) [7]

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุล ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ และมีค่าออกเทนสูงถึง 120 RON (Research Octane Number: ค่าออกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อการสันดาปในเครื่องยนต์หลายสูบ ที่ทำงานอยู่ในรอบของช่วงหมุนต่ำ โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 600 รอบต่อนาที [9]) ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตตามชั้นหิน ดิน และในทะเลหลายล้านปีเช่นเดียวกับน้ำมัน และเนื่องจากความร้อนและความกดดันของผิวโลกจึงทำให้แปรสภาพกลายเป็นก๊าซ ซึ่งคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีพิษ แต่ในสถานะปกติมีสภาพเป็นก๊าซหรือไอที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าอากาศ จึงทำให้ก๊าซธรรมชาติมีน้ำหนักที่เบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจึงฟุ้งกระจายไปในอากาศได้อย่างรวดเร็ว จึงไม่เกิดการลุกไหม้ สำหรับการขนส่งไปยังผู้ใช้โดยทั่วไปจะขนส่งผ่านระบบท่อในรูปของก๊าซภายใต้ความดันสูง หรืออาจใส่ลงในรูปของก๊าซธรรมชาติอัดโดยใช้ความดันสูง แต่ปัจจุบันได้มีการขนส่งก๊าซธรรมชาติในรูปของของเหลว หรือ LNG (Liquefied natural gas) โดยทำให้ก๊าซมีอุณหภูมิที่เย็นลงถึง -160 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสามารถขนส่งไปที่ไกลได้ และเมื่อนำมาใช้ก็จะทำให้ก๊าซธรรมชาติในสถานะของของเหลวเปลี่ยนสถานะกลับไปเป็นก๊าซดังเดิม

2.1.2.2 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) [8]

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) หรือก๊าซหุงต้ม เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซโพรเพนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเกิดจากก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทนมาผสมกันและอัดใส่ถัง มีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON จึงทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ จึงทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้น จึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมิกลิ่งลงไป เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวไม่มีกลิ่น เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล โดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม ยานยนต์และใช้เชื่อมโลหะ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเชื้อเพลิง LPG และ NGV [9, 10]

	LPG	NGV
แหล่งก๊าซ	ก๊าซที่มาจาก 3 แหล่งหลัก คือ 1) โรงแยกก๊าซ 2) โรงกลั่นน้ำมัน 3) โรงงานปิโตรเคมี	ก๊าซที่มาจากอ่าวไทยจะนำมาผ่านกระบวนการแยกก๊าซให้เหลือก๊าซมีเทน และจะถูกส่งเข้าระบบท่อเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า บางส่วนนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม และภาคขนส่ง ส่วนก๊าซที่นำเข้ามาจากพม่าจะถูกนำมาใช้โดยตรง โดยไม่ผ่านกระบวนการแยกก๊าซ
สมบัติ	เป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ เป็นก๊าซที่สามารถเป็นสถานะจากก๊าซเป็นของเหลวได้ภายใต้ความดัน 6-7 บาร์	เป็นก๊าซที่เบากว่าอากาศ
ความปลอดภัย	เมื่อเกิดการรั่วไหลจะสะสมตามพื้นเนื่องจากมีคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศ และสามารถลุกไหม้ได้ง่ายเมื่อโดนประกายไฟประมาณ 480 องศาเซลเซียส เมื่อมีปริมาณก๊าซตั้งแต่ร้อยละ 2 ขึ้นไป	เมื่อเกิดการรั่วไหลจะกระจายตัวขึ้นสู่บรรยากาศโดยรวดเร็ว เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เบากว่าอากาศ และจะคงสถานะของก๊าซได้ภายใต้ความดันสูงและโอกาสในการลุกติดไฟเมื่อมีประกายไฟเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียส เมื่อมีปริมาณก๊าซตั้งแต่ร้อยละ 5-15

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเชื้อเพลิง LPG และ NGV (ต่อ)

	LPG	NGV
ระบบการจัดจ่าย	ใช้การขนส่งโดยรถบรรทุกจากคลังก๊าซไปยังสถานีเติมก๊าซ	ระบบการขนส่งมี 2 รูปแบบ คือ 1) ระบบท่อส่งก๊าซ โดยสถานีจะต้องเป็นสถานีที่อยู่ตามแนวท่อส่งก๊าซ ซึ่งช่วยลดการะค่าขนส่ง 2) รถบรรทุก ซึ่งสถานีที่ไม่อยู่ตามแนวท่อส่งก๊าซ โดยใช้รถบรรทุกวิ่งขนส่ง ซึ่งจะบรรทุกก๊าซได้ประมาณ 3.5 ตัน การขนส่งนี้รถบรรทุกจะวิ่งเติมก๊าซจากสถานีแม่ และวิ่งไปส่งที่สถานีลูก
ความพร้อมการใช้งาน	สถานะเป็นของเหลว ต้องทำให้เป็นก๊าซก่อนนำไปใช้งาน	สถานะเป็นก๊าซสามารถนำไปใช้งานได้ทันที

2.2 รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า [11]

ในปี พ.ศ. 2538 บริษัทเรเดียน เอส. อี. เอ. จำกัด ได้รับมอบหมายจากกรมควบคุมมลพิษให้ทำการทดสอบรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าที่ได้รับเงินสนับสนุนจากองค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศของสหรัฐอเมริกา (USAID) ในการพัฒนารถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับรถยนต์สามล้อรับจ้างที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ และสามารถนำมาใช้เป็นต้นแบบในการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป โดยให้ครอบคลุมการศึกษา ทดสอบ วิเคราะห์ และประเมินผลการใช้งานรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าในเขตกรุงเทพ ตลอดจนดำเนินการออกแบบเพื่อปรับปรุงรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าทั้งประเภทรถยนต์สามล้อรับจ้างโดยสารและรถยนต์สามล้อรับจ้างบรรทุกให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับรถสามล้อรับจ้างทั่วไป โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การทดสอบในสนามทดสอบ โดยทดสอบระบบเบรก ความเร็ว อัตราเร่ง การทรงตัวของรถ สมรรถนะและประสิทธิภาพของการใช้งาน
2. การทดสอบบนถนนในเขตกรุงเทพ โดยทำการทดสอบให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง ซึ่งมีระยะเวลาทดสอบไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ และทำการทดสอบในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน บนเส้นทางที่กำหนดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 สัปดาห์



รูปที่ 2.3 ลักษณะรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า [12]

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า [11]

พารามิเตอร์	รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าโดยสาร	รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าบรรทุก
มอเตอร์	Advanced DC Motors Model A89-4001. 6.6 inch Series Wound DC Traction Motor, 6 HP maximum. Internal cooling fan. 48 – 72 โวลต์ 50 ปอนด์	Advanced DC Motors Model 203 – 064001A. 8.0 inch Series Wound DC Traction Motor, 19 HP continuous, 31 HP intermittent, 68 HP maximum. Internal cooling fan. 72 – 120 โวลต์ 107 ปอนด์
ระบบเบรก	High Efficiency 3.25:1 ratio Gear Drive Single Speed-Dana Spicer	High Efficiency 3.25:1 ratio Gear Drive Single Speed – Dana Spicer
โครงรถ	โครงเหล็ก ลักษณะเหมือนรถยนต์สามล้อรับจ้างทั่วไป มีที่นั่งแถวเดียว ช่วงล้อหลัง หลังคาผ้าใบ	โครงเหล็ก ลักษณะเหมือนรถยนต์สามล้อรับจ้างที่ใช้บรรทุกของทั่วไป ทำยรถเป็นพื้นราบเพื่อใช้วางของ หลังคาผ้าใบ
ยาง (กว้าง – สูง)	16.5 – 55.7 เซนติเมตร	16.5 – 55.7 เซนติเมตร
ความยาว	305 เซนติเมตร	300 เซนติเมตร
ความกว้าง	137 เซนติเมตร	130 เซนติเมตร
ระบบไฟฟ้า	12 โวลต์กระแสตรง เพื่อใช้กับแสงสว่าง แตร ที่ปัดน้ำฝน และสัญญาณไฟ	12 โวลต์กระแสตรง เพื่อใช้กับแสงสว่าง แตร ที่ปัดน้ำฝน และสัญญาณไฟ

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า (ต่อ) [11]

พารามิเตอร์	รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าโดยสาร	รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าบรรทุก
น้ำหนักรถ	790 กิโลกรัม	655 กิโลกรัม
On-Board Battery Charger	220 – 230 VAC, 5 Amps 50 Hz. Maximum output 840 W. with remote charge status indicator. 10 hours full deep charge, 48 hour recycle time if left connected to AC power.	220 – 230 VAC, 11 Amps 50 Hz. Maximum output 2 kW. with remote charge status indicator. 10 hours full deep charge, 48 hour recycle time if left connected to AC power.

2.2.1 การประเมินผลของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าแบบต่างๆ

ในการทดสอบพบว่า รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าประเภทโดยสารสามารถขับขึ้นที่ความเร็ว 40 – 48 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในขณะที่รถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าประเภทบรรทุกสามารถขับขึ้นที่ความเร็ว 64 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทางบริษัทจึงได้มีการพัฒนาการประเมินระยะทางของรถ เมื่อใช้แบตเตอรี่ชนิดต่างๆ กัน โดยแก้ไข Peukart Correction Factors และ 20 ชั่วโมง Amp Rating ซึ่งผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระยะทางที่สามารถวิ่งได้เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้า [11]

Battery and Voltage Configuration	EVA Model Result	Peukart Curve Projection
รถโดยสาร T-105 ที่ 45 Volts	66 – 72 กิโลเมตร	80 กิโลเมตร
รถโดยสาร T-105 ที่ 72 Volts	93 - 101 กิโลเมตร	112 กิโลเมตร
รถโดยสาร T-145 ที่ 48 Volts	88 – 96 กิโลเมตร	116 กิโลเมตร
รถโดยสาร T-145 ที่ 72 Volts	122 – 133 กิโลเมตร	159 กิโลเมตร
รถบรรทุก T-105 ที่ 72 Volts	125 – 130 กิโลเมตร (ไม่บรรทุกน้ำหนัก)	
รถบรรทุก T-145 ที่ 48 Volts	173 กิโลเมตร	168 กิโลเมตร

2.2.2 การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม

ในการทดสอบพบว่า ฝุ่นและไฮโดรคาร์บอนของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าจะมีน้อยมาก และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก็น้อยลง แต่ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์สามล้อรับจ้างที่ใช้เชื้อเพลิง แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการระบายมลพิษต่อปีจากรถยนต์สามล้อรับจ้างที่ใช้เชื้อเพลิงและรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้า (คัน/ปี) [11]

ประเภทของรถ	มลพิษ	ใช้เชื้อเพลิง	ใช้ไฟฟ้า
รถโดยสาร	NMHC ¹	405	0.053
	CO	ไม่ทราบแน่ชัด	1.44
	NO _x	1.53	20.0
	ฝุ่นละออง	15.9	0.19
รถบรรทุก	NMHC	101	0.013
	CO	127.2	0.36
	NO _x	0.38	5.0
	ฝุ่นละออง	4.0	0.047

หมายเหตุ: ¹NMHC = Non – Methane hydrocarbons

2.2.3 ข้อดี – ข้อเสียของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์สามล้อรับจ้างทั่วไป

สำหรับข้อดี – ข้อเสียของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์สามล้อรับจ้างทั่วไปในด้านต่างๆ เช่น ด้านสมรรถนะ หรือด้านประสิทธิภาพ ด้านความปลอดภัย ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ข้อดี – ข้อเสียของรถยนต์สามล้อรับจ้างไฟฟ้าเปรียบเทียบกับรถยนต์สามล้อรับจ้างทั่วไป
[11, 13, 14]

ปัจจัยที่พิจารณา	ข้อดี	ข้อเสีย
ด้านสมรรถนะ/ประสิทธิภาพ	1) มีความเร็วพอในการใช้งาน 2) การออกตัวดีกว่ารถสามล้อรับจ้าง เนื่องจากไม่ต้องรอรอบเครื่อง	1) ไม่อาจเร่งเครื่องสูงสุดได้เท่ากับรถสามล้อทั่วไป 2) ระยะเบรกไกลกว่า 3) น้ำหนักรวมของรถมาก
ด้านความปลอดภัย	การเกาะถนนได้ดี เนื่องจากล้อมีขนาดใหญ่	สามารถเกิดการระเบิดได้ในกระบวนการประจุไฟฟ้า เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซไฮโดรเจน
ด้านสิ่งแวดล้อม	1) ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยตรง 2) ระดับเสียงสูงสุดในขณะเร่งเครื่องไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด	1) เกิดมลพิษทางอากาศจากการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในรถสามล้อไฟฟ้า
ด้านเศรษฐศาสตร์และพาณิชย์	1) ลดการใช้น้ำมัน ซึ่งสามารถนำงบประมาณสำหรับการซื้อน้ำมันไปใช้จ่ายในด้านอื่นๆ 2) ช่วยผลักดันพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบอื่นๆ	1) ต้นทุนการผลิตสูง 2) การประกอบการสถานีประจุไฟฟ้าในอนาคตต้องใช้เวลาเกินทุนนาน 3) ขาดผู้เชี่ยวชาญในการซ่อมบำรุง

2.3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Rate of fuel consumption)

2.3.1 ความหมายของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง [15, 16]

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ การวัดปริมาณการใช้ น้ำมันของยานพาหนะต่อหน่วยระยะทาง ดังนั้นการที่จะแสดงว่ายานพาหนะมีการประหยัดน้ำมันมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลสำคัญในการส่งเสริมให้มีการประหยัดพลังงานในภาคการขนส่ง ทำให้ผู้บริโภคได้ทราบถึงค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงในระยะยาว มีประโยชน์ดังนี้

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง การทราบข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สามารถช่วยประหยัดรายจ่ายในส่วนของเชื้อเพลิงที่เกินความจำเป็นลงได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้โดยการขับยานพาหนะในความเร็วที่เหมาะสม และตรวจเช็คสภาพเครื่องยนต์อย่างสม่ำเสมอ

2. ลดการนำเข้าของน้ำมัน ในปัจจุบันราคาน้ำมันมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากผลการรายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2556 (เบื้องต้น) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้สรุปว่า ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 4.4 ดังแสดงในตารางที่ 2.6 และจากการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามเศรษฐกิจในปีพ.ศ. 2555 (เบื้องต้น) ภาคการขนส่งมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2.7 ดังนั้นหากมีการเลือกใช้อยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพที่ดี จะมีส่วนช่วยในการลดการใช้เชื้อเพลิง และเป็นการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศอีกด้วย

ตารางที่ 2.6 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2556 (เบื้องต้น) [17]

สถานการณ์พลังงาน	ปริมาณ (เทียบเท่าฟันทันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน)					อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556 ^P	ปี 2555	ปี 2556 ^P
การใช้	1,663	1,783	1,855	1,981	2,005	6.8	1.2
การผลิต	895	989	1,018	1,082	1,083	6.2	0.2
การนำเข้า	922	1,001	1,018	1,079	1,127	6.0	4.4

หมายเหตุ: P ข้อมูลเบื้องต้น

ตารางที่ 2.7 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจในปีพ.ศ. 2555 (เบื้องต้น) [18]

การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555 ^P	ปี 2554	ปี 2555 ^P
สาขาเกษตรกรรม	3,499	3,686	3,790	5.3	2.8
สาขาอุตสาหกรรม	25,571	24,856	26,910	(2.8)	8.3
สาขาน้ำประปา	10,963	11,040	11,083	0.7	0.4
สาขาธุรกิจการค้า	5,621	5,511	5,303	(2.0)	(3.8)
สาขาขนส่ง	24,594	25,469	26,230	3.6	3.0

หมายเหตุ: P ข้อมูลเบื้องต้น

3. ลดภาวะโลกร้อน การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน เป็นต้น ถือเป็นการเพิ่มก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

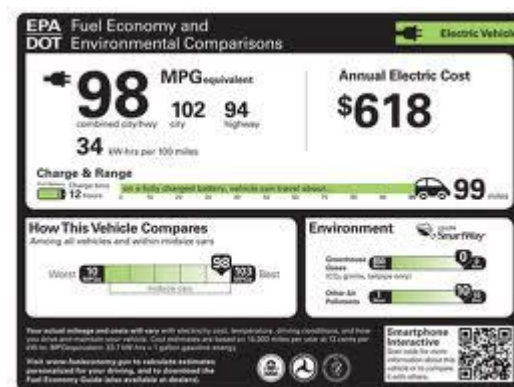
4. เพิ่มความยั่งยืนทางพลังงาน ยานพาหนะส่วนใหญ่จะใช้น้ำมันจากเชื้อเพลิงฟอสซิลแทบทั้งสิ้น น้ำมันเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป ดังนั้น การเลือกใช้รถยนต์ที่มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูง จะมีส่วนช่วยลดการใช้น้ำมันลงได้ และเป็นการเพิ่มความยั่งยืนทางพลังงาน ถึงแม้ปัจจุบันจะมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ越来越多ขึ้น แต่การลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงยังคงเป็นเรื่องจำเป็น เพราะถือว่าเป็นการช่วยลดการใช้ทรัพยากรและลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทางอ้อม

สำหรับหน่วยในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 2 แบบ คือ

1. ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อจำนวนระยะทาง หน่วยที่ใช้เป็น ลิตรต่อกิโลเมตร (L/km) ในหน่วยนี้ถ้าตัวเลขที่แสดงยังมีค่าน้อย ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะอยู่ในเกณฑ์ดี หมายความว่า มีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่น้อยต่อระยะทางเท่าเดิม
2. ระยะทางต่อปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ หน่วยที่ใช้เป็น กิโลเมตรต่อลิตร (km/L) หรือไมล์ต่อแกลลอน (mpg) ในหน่วยนี้ถ้าตัวเลขที่แสดงยังมีค่ามาก ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ดี หมายความว่า มีการวิ่งได้ระยะทางที่มากขึ้นต่อจำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้เท่าเดิม

2.3.2 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency :EPA) ได้ทำการสำรวจเพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ที่ขับขึ้นในเมืองใหญ่ของสหรัฐอเมริกา และค่าความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ที่ขับขึ้นบนถนนที่เชื่อมระหว่างเมือง พบว่าประชากรประมาณร้อยละ 55 ขับขึ้นในเมืองหลวง โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 32 กิโลเมตร/ชั่วโมง และอีกร้อยละ 45 ขับขึ้นบนถนนเชื่อมระหว่างเมือง โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 77 กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้นการแจ้งอัตราสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงรถยนต์แก่ผู้ซื้อรถ จะระบุไว้สองค่า คือความเร็วรถยนต์ในเมือง และความเร็วรถยนต์นอกเมือง ส่วนการทดสอบนั้น หน่วยงานรัฐจะทำการทดสอบค่าอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วเฉลี่ยสองค่านี้ โดยเลียนแบบการจำลองค่าความเร็วเฉลี่ยนี้ให้ใกล้เคียงกับสภาพการขับจริงให้มากที่สุด และแจ้งผลการทดสอบให้แก่ประชาชนทราบโดยผ่านทางสิ่งพิมพ์ หรือจากเว็บไซต์ของหน่วยงานรัฐเพื่อให้ผู้ซื้อรถใหม่ทราบว่า รถรุ่นต่างๆ ที่วางจำหน่ายจะมีค่าสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเท่าไร ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง [19]

2.3.3 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง [20, 21]

สำหรับการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ต่างระบบ เช่น การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองระหว่างรถไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า หรือการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ทั่วไป จะใช้การเปรียบเทียบด้วยระบบ Miles per gallon gasoline equivalent (MPGe หรือ MPGge) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของการขับขึ้นระยะทางต่อน้ำมัน 1 แกลลอน (ไมล์/น้ำมัน 1 แกลลอน) โดยการเปรียบเทียบรถที่ใช้พลังงานหลากหลาย จะมีค่าพลังงานพื้นฐานซึ่งเปลี่ยนแปลงตามพลังงานเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งถูกกำหนดโดย GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy used in Transportation) แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าพลังงานพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบพลังงานตามเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [20]

ประเภทเชื้อเพลิง	หน่วย (Unit)	ค่าพลังงานต่อหน่วย (Btu/Unit)	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อ หน่วย (kWh/Unit)
น้ำมันเบนซิน	แกลลอน	116,090.00	34.02
น้ำมันดีเซล	แกลลอน	129,488.00	37.95
น้ำมันไบโอดีเซล	แกลลอน	119,550.00	35.04
น้ำมันเอทานอล	แกลลอน	76,330.00	22.37
น้ำมัน E85	แกลลอน	82,000.00	24.03
ก๊าซธรรมชาติ (NGV)	100 ลูกบาศก์ฟุต	98,300.00	28.81
แก๊สไฮโดรเจน	100 ลูกบาศก์ฟุต	28,900.00	8.47
ไฮโดรเจนเหลว	แกลลอน	30,500.00	8.94
LPG	แกลลอน	84,950.00	24.9
เมทิลแอลกอฮอล์	แกลลอน	57,250.00	16.78
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)	3,412.00	-

ดังนั้นในการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถประเภทต่างๆ จะใช้สมการที่ 2.1 ซึ่งในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใช้หลักการง่ายๆ คือ ระยะทางที่ขับได้ต่อพลังงานที่ใช้ไป โดยปรับค่าพลังงานให้เทียบเท่ากับพลังงานของน้ำมัน 1 แกลลอน

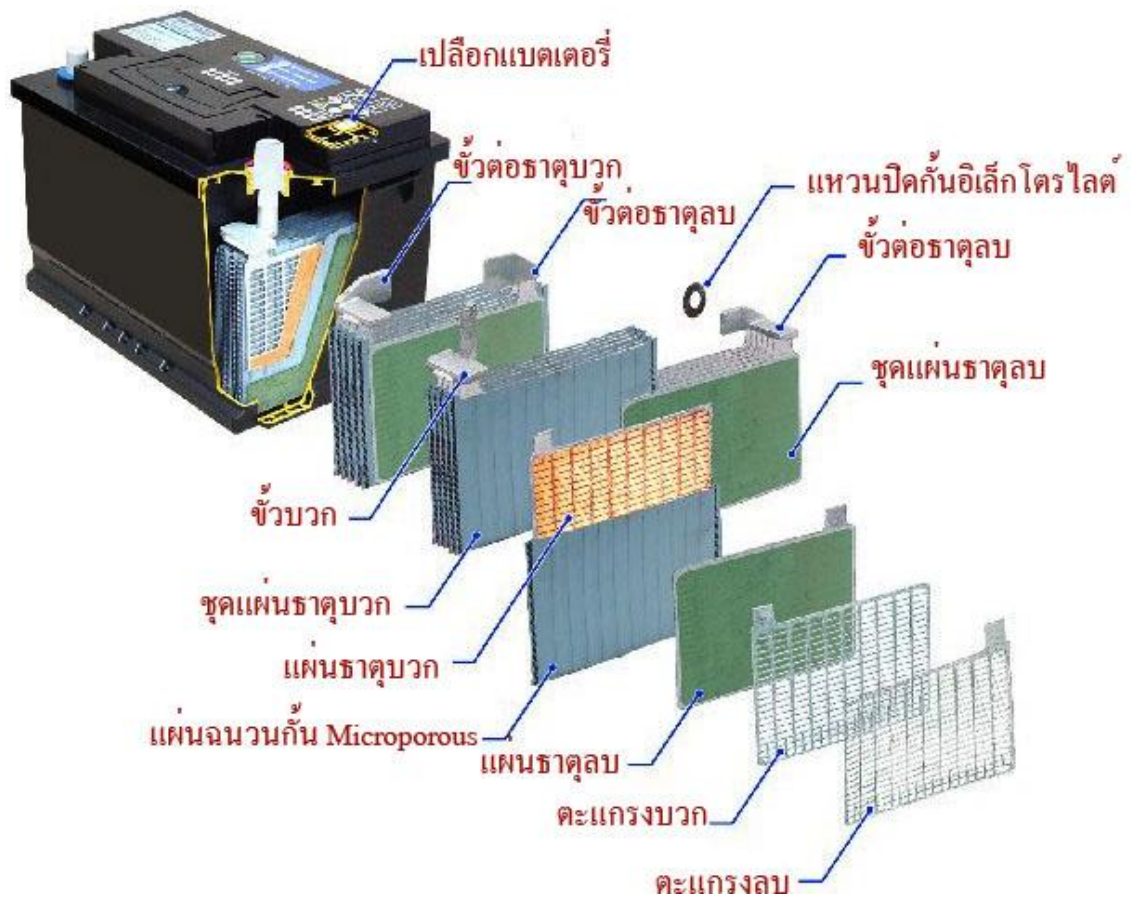
$$\text{MPGe} = \frac{E_G}{E_x \times E_y} \quad (2.1)$$

เมื่อ	MPGe	คือ	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Mi/น้ำมัน 1 แกลลอน)
	E_G	คือ	ค่าพลังงานของน้ำมันเบนซินต่อแกลลอน (BTU/gallon)
	E_x	คือ	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงต่อไมล์ (Unit/mi)
	E_y	คือ	ค่าพลังงานของเชื้อเพลิงต่อหน่วย (Btu/unit)

2.4 แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำคัญในรถไฟฟ้า เนื่องจากมีหน้าที่เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าสำหรับป้อนให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนให้หมุน ถ้าสามารถเก็บพลังงานได้มากจะสามารถวิ่งได้ระยะทางมากขึ้น โดยส่วนประกอบของแบตเตอรี่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.5

1. แผ่นธาตุ (Plates) ซึ่งแผ่นธาตุมีอยู่ 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ ทำเป็นโครงร่างของตะแกรง แผ่นบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (Pb_2) และแผ่นลบทำจากตะกั่วธรรมดา (Pb) วางซ้อนกันระหว่างแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ โดยมีแผ่นกั้นเพื่อไม่ให้แตะกันในแต่ละช่อง
2. แผ่นกั้น (Separators) ประกอบไปด้วยแผ่นใยแก้วที่ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันตะกั่วเปอร์ออกไซด์หลุดร่วงออกจากแผ่นธาตุบวก โดยแผ่นกั้นทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบแตะกัน ทำจากแข็งหรือไฟเบอร์กลาสเจาะรูพรุน
3. เซลล์ (Cells) ช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้น และน้ำกรด
4. ขั้วต่อเซลล์ (Connection Cell) เป็นตะกั่วหล่อเป็นแท่งต่อระหว่างช่องแต่ละช่อง เพื่อให้ได้จำนวนแรงเคลื่อนตามที่ต้องการ
5. ขั้วแบตเตอรี่ (Battery Pole) เป็นตะกั่วแท่งกลมโผล่พ้นเปลือกของแบตเตอรี่ขึ้นมาภายนอก โดยจะมีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งขั้วบวกจะมีขนาดใหญ่กว่าขั้วลบเสมอ ทั้งสองขั้วจะเป็นจุดรวมของชุดแผ่นธาตุบวกและชุดแผ่นธาตุลบ
6. เปลือกแบตเตอรี่ (Battery Case) เป็นวัสดุประเภทยางแข็ง หรือพลาสติกแข็ง ทำหน้าที่รองรับและห่อหุ้มอุปกรณ์ทั้งหมด



รูปที่ 2.5 โครงสร้างและส่วนประกอบของแบตเตอรี่ [22]

2.4.1 ประเภทแบตเตอรี่ [23, 24]

แบตเตอรี่ที่นำมาใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าจะมีด้วยกัน 4 ชนิด คือ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead- acid battery) แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni- MH battery) แบตเตอรี่โซเดียมนิกเกิลคลอไรด์ (Sodium Nickel Chloride) และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li- ion battery)

2.4.1.1 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead- acid battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้ เป็นแบตเตอรี่ที่เป็นที่นิยม เนื่องจาก มีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถใช้งานได้ในทุกสภาพอากาศ นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรดยังมีราคาถูกกว่าแบตเตอรี่แบบประจุไฟใหม่ชนิดอื่นๆ ซึ่งแบตเตอรี่ตะกั่วกรดประกอบด้วยอิเล็กโทรด 2 อิเล็กโทรด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และตัวกั้นการสัมผัสกันของอิเล็กโทรด ซึ่งอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่จะใช้ตะกั่วทั้งที่ขั้วแคโทด (ขั้วบวก) และขั้วแอโนด (ขั้วลบ) โดยขั้วแอโนดจะทำจากตะกั่วบริสุทธิ์โดยมีลักษณะเป็นแท่งหรือเป็นแผ่น และขั้วแคโทดทำจากตะกั่วไดออกไซด์ (Lead – dioxide) โดยขั้วทั้งสองจะจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก การนำแบตเตอรี่ชนิดนี้มาใช้งานสำหรับรถยนต์ไฟฟ้านั้นยังมีข้อบกพร่อง

หลายประการ เนื่องจากมีพลังงานเฉพาะหรือความหนาแน่นพลังงานต่ำเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่น ดังนั้นถ้าต้องการให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีพลังงานมากขึ้นจะต้องเพิ่มเซลล์แบตเตอรี่ จึงทำให้แบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากขึ้น ทำให้เป็นการเพิ่มน้ำหนักปริมาณมากให้กับรถยนต์ไฟฟ้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าต่ำลง

2.4.1.2 แบตเตอรี่นิเกิล (Nickel battery)

นิเกิลแคดเมียม (Ni-Cd) แบตเตอรี่ ใช้แคดเมียม (Cd) เป็นขั้วลบ นิเกิลออกไซด์ไฮดรอกไซด์ (NiOOH) เป็นขั้วบวกและมีสารละลายที่เป็นด่างเป็นตัวนำประจุ และได้มีการออกแบบให้เป็นระบบที่ต้องมีการเติมน้ำ (Flooded-Cell Module) เนื่องจาก Ni-Cd ใช้สารละลายที่เป็นเบสเป็นตัวนำประจุ และน้ำที่ใช้เติมในแบตเตอรี่ต้องมีคุณภาพตามที่โรงงานได้กำหนดไว้ เนื่องจากน้ำมีค่าความเป็นกรดเพียงเล็กน้อย

นิเกิลเมทัลไฮดรอกไซด์ (Ni-MH) แบตเตอรี่ ใช้สารละลายที่เป็นเบสเป็นตัวนำไฟฟ้า และใช้ NiOOH เป็นขั้วบวก แต่ใช้โลหะผสม (Metal Alloy) เป็นขั้วลบ โดยมากมักจะเป็นสารประกอบของ Lanthanum-Nickel intermetallic (LaNi_5) ผู้ผลิตจะใช้แร่ Mischmetall แทนสาร Lanthanum บริสุทธิ์ ซึ่งสารตัวนี้ทำให้ราคาของแบตเตอรี่สูงขึ้น ตารางที่ 2.9 เปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะจำเพาะระหว่างแบตเตอรี่ Ni-Cd กับ NiMH

ตารางที่ 2.9 ลักษณะจำเพาะของ แบตเตอรี่ Ni-Cd กับ NiMH [24]

ประเภทแบตเตอรี่	พลังงานจำเพาะ (Wh/kg)	กำลังจำเพาะ (W/kg)	Cycle Life (Cycles)
Ni-Cd	50	150 – 180	>800
NiMH	70 – 80	180 – 225	1000 - 2000

แบตเตอรี่ชนิดโซเดียมนิเกิลคลอไรด์เป็นแบตเตอรี่ประเภทนิเกิลประเภทหนึ่ง ที่สามารถแก้ปัญหาการเกิด dendritic-sodium ในแบตเตอรี่ชนิดโซเดียมซัลเฟอร์ได้เป็นอย่างดี โดยแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถประจุไฟใหม่ได้อย่างรวดเร็วซึ่งสามารถประจุไฟได้ร้อยละ 80 ภายใน 75 นาที และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 1,000 cycles แต่มีข้อจำกัดคือต้องรักษาอุณหภูมิให้สูงอยู่เสมอ เนื่องจากเมื่อไม่มีการใช้งานแบตเตอรี่เป็นเวลาหลายชั่วโมง แบตเตอรี่จะลดอุณหภูมิลงโดยอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อไม่มีการใช้งานจำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิโดยการให้ความร้อน เพราะฉะนั้นแบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องมีระบบให้ความร้อนภายใน หรือจำเป็นต้องประจุไฟใหม่ไว้ตลอดเวลาขณะไม่มีการใช้งาน ซึ่งทำให้เกิดการ

สูญเสียพลังงานประมาณ 90 วัตต์ หรือ 2.16 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถจ่ายพลังงานได้ร้อยละ 100 ของพลังงานที่จู่อยู่ในแบตเตอรี่ จึงทำให้เป็นทางเลือกในการนำมาใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า

2.4.1.2 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium battery)

แบตเตอรี่ Lithium – ion เป็นแบตเตอรี่ประเภทประจุไฟฟ้าใหม่ได้ โดยแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้กักเก็บพลังงานเนื่องจากมีความสามารถในการจุพลังงานได้โดยมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 85 โดยมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา อัตราการคายประจุขณะไม่ใช้งานต่ำ และยังไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

แบตเตอรี่ชนิดนี้มี Carbon เป็นขั้วลบ ในระหว่างที่ประจุไฟนั้น Lithium Ion และอิเล็กตรอนจะดูดซึมโดยคาร์บอนทำให้เกิด LiC_6 ส่วนการปล่อยประจุนั้น ขั้วลบจะปล่อย Lithium Ion ผ่านสารละลายอินทรีย์ที่เป็นตัวนำประจุและอิเล็กตรอนออกไซด์ของโคบอลต์ (Co) หรือแมงกานีส (Mn) ซึ่งอยู่ในรูปของลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO_2) หรือ ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (LiMn_2O_4) จะถูกใช้เป็นขั้วบวก ของเหลวที่ใช้เป็นสารละลายในการนำประจุจะเป็นสื่อในการเคลื่อนตัวของ Lithium Ion ซึ่งทำให้แบตเตอรี่มีสมรรถภาพการใช้งานได้สูง

แบตเตอรี่ Lithium Polymer จะใช้ Polymer เป็นตัวนำประจุ ซึ่ง Polymer จะเกิดจากการรวมตัวของเกลือ Lithium เข้าเป็น Polymer matrices ทำให้การประกอบแบตเตอรี่ง่ายและปลอดภัยกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้ของเหลวซึ่งสามารถติดไฟได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ กำลังจำเพาะลดลงมาก และแผ่นกั้นตัวนำประจุที่เป็นของแข็งจะทำงานที่อุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส โดยมี Lithium เป็นสารที่ใช้ในขั้วลบและ Vanadium Oxide (V_6O_{12}) ใช้เป็นขั้วบวก

แบตเตอรี่ที่มีการใช้อย่างกว้างขวางในรถโดยสารส่วนบุคคล โดยส่วนใหญ่ผลิตจาก Lithium ในการใช้งานเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้กับรถไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อช่วยควบคุมภายในแบตเตอรี่

2.4.2 การอัดประจุของแบตเตอรี่ [24, 25, 26]

การอัดประจุแบตเตอรี่ คือ การให้อิเล็กตรอนเข้าไปในแผ่นธาตุลบโดยให้อิเล็กตรอนดันกลับในทิศทางที่คายประจุ เพื่อให้น้ำแยกตัวเป็น H_2 และ O_2 พร้อมกับ SO_4 จะกลับไปยังแผ่นธาตุบวกเช่นเดิม ส่วนแผ่นธาตุลบจะกลายเป็นแผ่นธาตุแบบบริสุทธิ์ เมื่อ SO_4 หายไปจากแผ่นธาตุจนหมด และไปรวมกับ H_2 เป็น H_2SO_4 แสดงว่าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพไฟเต็ม ซึ่งการประจุแบตเตอรี่กระทำได้ 2 วิธีดังนี้

2.4.2.1 การประจุไฟแบบความต่างศักย์คงที่

การประจุไฟแบบนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นระบบประจุไฟที่ออกแบบได้ง่ายและใช้ง่าย ความต่างศักย์ที่ชั่วจ่ายไฟจะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับคงที่ตลอดเวลา ระดับความต่างศักย์นี้สามารถปรับให้เหมาะกับระบบแบตเตอรี่ที่จะมาต่อเข้ากันได้ เนื่องจากระดับความต่างศักย์จะถูกควบคุมให้คงที่ตลอดระยะประจุไฟ และต้องสูงพอที่จะประจุแบตเตอรี่ให้ได้อย่างถูกต้องตามที่บริษัทผลิตแบตเตอรี่แนะนำไว้ จึงทำให้กระแสไฟจากระบบนี้อยู่ในระดับสูงในระยะแรก และกระแสไฟจะลดลงตามลำดับเมื่อความต่างศักย์ของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นในการประจุไฟแบบนี้จะต้องมีมาตรการการควบคุมจำกัดกระแสไฟฟ้าร่วมอยู่ด้วย โดยขนาดกระแสไฟฟ้าสูงสุดนี้ต้องปรับได้เพื่อให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ ถึงแม้ว่าความต่างศักย์ที่ชั่วประจุไฟจะควบคุมให้คงที่ที่ระดับที่ตั้งไว้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วความต่างศักย์จะแปรผันเล็กน้อย เป็นคลื่นขึ้นลงระหว่างระดับคงที่นั้น ขนาดของคลื่นความต่างศักย์ที่แปรผันจะส่งผลให้กระแสการประจุเป็นคลื่นแปรผันด้วย ทำให้อุณหภูมิภายในของแบตเตอรี่สูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิภายในสูงเกินขีดจำกัดขนาดของแบตเตอรี่จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง ซึ่งแบตเตอรี่ทั่วไปจะสามารถรับกระแสสูงในช่วงแรกและช่วงกลางของการประจุ แต่สามารถรับกระแสได้ต่ำกว่าร้อยละ 1 ของพิกัด เมื่อแบตเตอรี่เริ่มได้รับประจุกลับเต็มที่แล้ว การประจุไฟนี้จึงเหมาะสมเพราะกระแสการประจุจะอยู่ในระดับสูงในช่วงเริ่มต้น และค่อยๆ ลดลงตามลำดับ จุดสำคัญคือระดับความต่างศักย์ที่ตั้งไว้จะต้องพอดีกับความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ ในสถานะประจุเต็มมักเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ จึงมีความลำบากในการเลือกระดับความต่างศักย์ของระบบประจุให้อย่างเหมาะสมกับการประจุไฟในช่วงท้าย ในรถไฟฟ้า มักจะใช้แบตเตอรี่ประมาณ 6-36 โวลต์มาต่ออนุกรม ทำให้ระบบประจุไฟจะมีเพียงตัวเดียวประจุแบตเตอรี่ทั้งหมดในเวลาพร้อมๆ กัน จะทำให้แบตเตอรี่บางตัวถูกประจุเกินและบางตัวได้รับประจุได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นจึงต้องมีระบบปรับชดเชยความต่างศักย์อัตโนมัติตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ระบบที่ดีจะต้องปรับความต่างศักย์ตามอุณหภูมิ กระแสประจุ และสถานการณ์ประจุ (State of Charge) ของแบตเตอรี่

2.4.2.2 การประจุไฟแบบกระแสคงที่

การประจุไฟแบบนี้เหมาะสมในการประจุไฟแบตเตอรี่ที่มีระดับประจุต่ำ (Deep Discharge) ซึ่งจะเกิดขึ้นในการใช้รถไฟฟ้า เนื่องจากกระแสจากการประจุคงที่ตามที่ตั้งไว้ การเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของแบตเตอรี่จึงไม่มีผลต่อกระแสการประจุ ถ้ากระแสไฟไม่ลดลงในช่วงท้ายของการประจุไฟแล้ว จะทำให้อุณหภูมิของแบตเตอรี่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.4.2.3 การประจุไฟแบบเร็ว

การประจุไฟแบบนี้จะใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้เวลาน้อยกว่า 15 นาทีจะเรียกว่าการประจุแบบเร็วมากเป็นพิเศษ ซึ่งการประจุไฟวิธีนี้จะควบคุมความเร็วในการอัดประจุของระบบโดยขัดขวางการอัดประจุก่อนที่แบตเตอรี่จะอยู่ในสภาวะการอัดเกินกำหนดโดยอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ วิธีการควบคุมนี้จะต้องควบคุมช่วงอุณหภูมิในขณะที่กำลังอัดประจุเกินกว่าช่วงที่ยอมรับว่าเป็นช่วงที่ปลอดภัยหรือไม่ เพราะหลีกเลี่ยงปัญหาจากความดันเกินภายในแบตเตอรี่ และจะไม่อนุญาตให้ใช้กับแบตเตอรี่ที่ไม่มีวาล์วสำหรับความปลอดภัย (Safety valve) การประจุไฟแบบนี้ในเวลาจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดทรงกระบอกและชนิดมาตรฐานในช่วงอุณหภูมิ 10-40 องศาเซลเซียส สำหรับแบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.9 แอมป์-ชั่วโมง (Ah) จะต้องใช้เวลานานกว่า 1 ชั่วโมงในการประจุไฟด้วย [14]

2.4.3 กระบวนการรีไซเคิล [23]

การรีไซเคิลเป็นกระบวนการที่ใช้ในการจัดการกับวัสดุที่ใช้แล้วและกำลังจะกลายเป็นขยะ โดยจุดมุ่งหมายของกระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่คือการแยกองค์ประกอบของวัสดุที่ใช้แล้วเป็นส่วนต่างๆ ตามชนิดของวัสดุ โดยส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะถูกส่งไปสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพให้มีคุณภาพดั้งเดิม และสามารถใช้ประโยชน์ได้เหมือนเดิม ในส่วนของแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์เมื่อสิ้นอายุการใช้งานจะกลายเป็นขยะอันตรายและเป็นภาระทางสิ่งแวดล้อม จึงนิยมนรีไซเคิลแบตเตอรี่มากกว่าที่จะกำจัดโดยวิธีอื่น เพราะนอกจากจะลดภาระทางสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุที่ได้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งกระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่นั้นสามารถแบ่งได้เป็น กระบวนการทางกล กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางความร้อน ดังนั้นการรีไซเคิลแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะต้องมีการนำกระบวนการต่างๆ มาปรับใช้ร่วมกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ และขึ้นอยู่กับการพัฒนาเทคโนโลยีของผู้ประกอบการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.3.1 กระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่สามารถรีไซเคิลได้มากกว่าร้อยละ 97 โดยสามารถรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่าเข้าสู่กระบวนการผลิตแบตเตอรี่ใหม่ได้เกือบทั้งหมด การรีไซเคิลประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. ทำการแยกหรือทำให้แบตเตอรี่แตกเป็นชิ้นๆ
2. ชิ้นส่วนแบตเตอรี่ต่างๆ ถูกนำไปแยกส่วนเป็นพลาสติก ออกจากส่วนที่เป็นสารละลายตะกั่วและโลหะหนักอื่นๆ โดยส่วนที่เป็นพลาสติกจะลอยขึ้นมาด้านบน และส่วนที่เป็นตะกั่วและโลหะหนักอื่นๆ จะตกลงที่ก้นถัง หลังจากนั้น วัสดุแต่ละส่วนจะส่งต่อเข้ากระบวนการต่อไป
3. ชิ้นส่วนที่เป็นพลาสติกจะนำไปล้างทำให้แห้ง แล้วส่งต่อไปโรงรีไซเคิลพลาสติกเพื่อหลอมเป็นพลาสติกใหม่ แล้วนำไปขายหรือนำเข้ากระบวนการผลิตแบตเตอรี่อีกครั้ง

4. แผลงตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์ รวมไปถึงส่วนอื่นๆ ที่เป็นตะกั่วจะนำไปทำความสะอาด และหลอมเป็นตะกั่วแท่ง ในขณะที่ตะกั่วอยู่ในสภาวะหลอมเหลวนี้สิ่งเจือปนจะลอยขึ้นด้านบน และจะถูกขูดออกจากผิวตะกั่วขณะที่ตะกั่วค่อยๆ เย็นตัวลง หลังจากที่ตะกั่วเย็นตัวลงจะถูกกำจัดออกจากแม่พิมพ์และส่งไปยังกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ต่อไป

5. กรดซัลฟริกจัดการได้ 2 ลักษณะ คือ

5.1 ทำให้เป็นกลาง ด้วยสารที่มีส่วนผสมคล้ายกับเบกกิ้งโซดา (baking soda) หลังจากนั้นจะนำกรดที่ถูกทำให้เป็นกลางแล้วไปใส่ลงในน้ำ โดยน้ำจะถูกทำความสะอาดและทดสอบให้แน่ใจว่าเป็นไปตามมาตรฐานน้ำสะอาด ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

5.2 ทำให้เป็นโซเดียมซัลเฟต มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ใช้ในอุตสาหกรรมสบู่ ผงซักฟอก แก้ว และสิ่งทอ

2.4.3.2 กระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีขั้นตอนการรีไซเคิลคล้ายกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรด แต่จะต่างกันในส่วนของการแยกโลหะ เนื่องจากโลหะที่นำมาใช้ทำเป็นขั้วแบตเตอรี่เป็นโลหะผสม ขั้นตอนการแยกโลหะแต่ละชนิดจึงซับซ้อนกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดมาก โดยการรีไซเคิลประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. ทำการแยกหรือทำให้แบตเตอรี่แตกเป็นชิ้นๆ โดยวิธีการฉีกหรือบดด้วยเครื่องจักร กระบวนการนี้จะต้องดำเนินการภายใต้สภาวะที่มีก๊าซเฉื่อยหรือที่บรรยากาศแบบไครโอเจนิคส์ (Cryogenics) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงของลิเทียม แต่ปัจจุบันผู้ประกอบการบางแห่งเลือกใช้วิธีการหลอมเพื่อสกัดเอาโลหะออกมาแทนการฉีกหรือบดด้วยเครื่องจักร ซึ่งพลาสติก สารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะถูกเผาและระเหยกลายเป็นก๊าซจึงไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกพลาสติกกับโลหะอีกครั้งหนึ่ง

2. ชิ้นส่วนของแบตเตอรี่ถูกนำไปแยกเป็นพลาสติก ออกจากส่วนที่เป็นสารละลายและโลหะหนักอื่นๆ โดยส่วนที่เป็นพลาสติกจะลอยขึ้นมาด้านบน และส่วนที่เป็นโลหะหนักอื่นๆ จะตกลงที่ก้นถัง วัสดุส่วนที่เป็นเหล็กจะแยกโดยการใช้อำนาจแม่เหล็กในการดึงดูด หลังจากนั้นวัสดุแต่ละส่วนจะส่งต่อเข้ากระบวนการต่อไป

3. การแยกอิเล็กโทรดออกจากแผ่นคอลเลกเตอร์ สามารถทำได้โดยการนำขั้วอิเล็กโทรดไปจุ่มในสารละลายเอ็น-เมทิลไพโรลิโดน (N – methylpyrrolidone: NMP) ซึ่งสารละลายนี้จะไปละลายพันธะของโลหะผสมที่เกาะกับแผ่นคอลเลกเตอร์

4. การสลายด้วยความร้อน ขั้นตอนนี้จะใช้ความร้อน 2 ระดับ โดยที่อุณหภูมิต่ำจะเป็นการสลายตัวที่ช่วยในการยึดเกาะของขั้วกับแผ่นคอลเลกเตอร์ และที่อุณหภูมิต่ำยังเป็นการออกซิเดชันของคาร์บอนอีกด้วย ในช่วงของอุณหภูมิสูงจะเป็นการเผาพลาสติกและตัวทำละลายอื่นๆ

5. การสกัดโลหะออกจากโลหะผสม จะมีกระบวนการอยู่ 2 แบบคือ กระบวนการแบบเปียก และกระบวนการแบบแห้ง มีดังนี้

5.1 กระบวนการแบบเปียก เริ่มต้นที่การชะล้าง ซึ่งเป็นการละลายโลหะที่ต้องการสกัดออกมาจากโลหะผสมให้อยู่ในสารละลายด้วยตัวทำละลายกรดหรือด่าง ขั้นตอนนี้เป็นการกำจัดโลหะหนักด้วยขั้นตอนถัดมา เป็นการทำให้สารละลายที่มีโลหะที่ต้องการสกัดละลายอยู่เข้มข้นสูงขึ้นหรือทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสกัดโลหะออกจากสารละลาย มักใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย และตามด้วยการแยกด้วยไฟฟ้า

5.2 กระบวนการแบบแห้ง เป็นการไล่ความชื้นและน้ำที่ติดมากับเศษโลหะก่อนป้อนสู่เตาหลอม

2.5 ทฤษฎีทางสถิติ

2.5.1 ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง [27]

ประชากร (Population) หมายถึง กลุ่มคนเหตุการณ์หรือสิ่งที่ต้องการจะศึกษาทั้งหมด เช่น ต้องการจะศึกษารายได้เฉลี่ยของคนไทย ดังนั้นประชากรในการวิจัยคือ คนไทย 72 ล้านคน

ตัวอย่าง (Sample) หมายถึง ตัวแทนของประชากร ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) เทคนิคหรือวิธีการสุ่มตัวอย่างมีวิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น และการสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น

2.5.1.1 การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling)

การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็นแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience Sampling) หรือการสุ่มตัวอย่างโดยบังเอิญ หมายถึง การสุ่มตัวอย่างที่หน่วยตัวอย่างถูกสุ่มโดยบังเอิญ และไม่ทราบโอกาสที่หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยจะถูกสุ่ม
2. การสุ่มตัวอย่างตามความประสงค์ (Judgment Sampling) หมายถึง การสุ่มตัวอย่างโดยหน่วยตัวอย่างเป็นหน่วยที่ผู้สุ่มได้ตัดสินใจเลือกขึ้นมาด้วยเหตุผลส่วนตัว หรืออาศัยประสบการณ์ของผู้สุ่มเป็นหลักในการตัดสินใจ
3. การสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota Sampling) หมายถึง การสุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้กับการสำรวจทัศนคติความคิดเห็นในเรื่องต่างๆ จากกลุ่มประชากรที่ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ

2.5.1.2 การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability Sampling)

การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็นแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่ประชากรทุกหน่วยมีโอกาสเท่าๆ กันที่จะเป็นตัวอย่างตามจำนวนที่ต้องการ เช่น วิธีในการจับสลาก

2. การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างทุกๆ ตำแหน่งที่ N ของประชากรทั้งหมดจนได้ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ ดังสมการที่ 2.2 เช่น ต้องการสุ่มตัวอย่างจากประชากรทั้งหมด 260 ครั้วเรือน จำนวน 35 ครั้วเรือน จะสามารถเลือกตัวอย่างจากทุกๆ 7 ครั้วเรือนมา 1 ตัวอย่าง

$$N = \frac{\text{จำนวนประชากรทั้งหมด}}{\text{จำนวนประชากรที่ต้องการสุ่ม}} \quad (2.2)$$

3. การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ก่อนที่จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 2 ชั้นหรือ 3 ชั้น หลังจากนั้นจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

2.5.2 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.5.2.1 การกำหนดเกณฑ์

ถ้าทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนแล้ว จะใช้เกณฑ์กำหนดเป็นร้อยละของประชากรในการพิจารณาดังนี้

ประชากรเป็นหลักร้อยละ	ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 25
ประชากรเป็นหลักพัน	ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 10
ประชากรเป็นหลักหมื่น	ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 5
ประชากรเป็นหลักแสน	ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 1

2.5.2.2 การใช้ตารางสำเร็จรูป

ตารางที่ใช้หาขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อประมาณค่าสัดส่วนของประชากร นิยมใช้ตารางสำเร็จรูปของทาโร ยามาเน่ โดยคาดว่าสัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากรเท่ากับ 0.5 และระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างในแต่ละค่าความคลาดเคลื่อนของ Yamane [27]

จำนวนประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละค่าของความคลาดเคลื่อน					
	1%	2%	3%	4%	5%	10%
500	-	-	-	-	222	83
1,000	-	-	-	385	286	91
1,500	-	-	638	441	316	94
2,000	-	-	714	476	333	95
2,500	-	1,250	769	500	345	96
3,000	-	1,364	811	517	353	97
3,500	-	1,458	848	530	359	97
4,000	-	1,538	870	541	364	98
4,500	-	1,607	891	549	367	98
5,000	-	1,667	909	556	370	98
6,000	-	1,765	938	566	375	98
7,000	-	1,842	959	574	378	99
8,000	-	1,905	976	580	381	99
9,000	-	1,957	989	584	383	99
10,000	5,000	2,000	1,000	588	385	99
15,000	6,000	2,143	1,034	600	390	99
20,000	6,667	2,222	1,053	606	392	100
25,000	7,143	2,273	1,064	610	394	100
50,000	8,333	2,381	1,087	671	397	100
100,000	9,091	2,439	1,099	621	398	100
$\geq \infty$	10,000	2,500	1,111	625	400	100

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhou et al. [28] ได้ศึกษาการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีน โดยการพัฒนาการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีนเกิดจากมุมมองของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้าบนพื้นฐานของระบบไฟฟ้าในปีค.ศ. 2009 ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่มีการสันดาปภายใน พบว่า การใช้รถยนต์ไฟฟ้าสอดคล้องกับเป้าหมายในระยะยาวของประเทศจีน ดังนั้นจึงคาดว่าจะจัดทำแผนพัฒนาพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นพลังงานทางเลือกในอุตสาหกรรมยานยนต์สำหรับประเทศจีน ซึ่งจำเป็นต้องมีนโยบายที่เหมาะสมในการพัฒนาประเทศต่อไป

เอกสิทธิ์ อัสวาศดิษฐชัย และคณะ [29] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบยานพาหนะพลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยพิจารณาปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านการจัดการเพื่อประเมินความเหมาะสมและวางแผนในการนำมาใช้เป็นพาหนะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน พบว่า ในด้านเทคนิคจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเดินทางสูงกว่าจักรยานยนต์แก๊สโซลีนร้อยละ 40 และความสามารถในการแข่งขันขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ ในด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า จักรยานยนต์ไฟฟ้ามีต้นทุนการเดินทางที่ถูกกว่าจักรยานยนต์แก๊สโซลีนร้อยละ 28.9 ในด้านการจัดการพบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้จักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งต้องมีการส่งเสริมโครงสร้างพื้นฐาน อาทิเช่น สถานีประจุ ศูนย์ซ่อมบำรุง และระบบควบคุมการใช้พลังงาน

Perujo, A. and Ciuffo, B. [30] ได้ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศอิตาลี พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อยโดยเป็นการส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าในปี 2030 จะสามารถประเมินสถานการณ์ในอนาคตได้ว่า รถยนต์ไฟฟ้าจะมีส่วนแบ่งทางการตลาดในภาคยานยนต์ประมาณร้อยละ 20-25 ซึ่งเป็นยานพาหนะที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 106,670 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อวัน และจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยวันละ 38,936,358 กิโลวัตต์

Mullan et al. [31] ได้ศึกษาผลกระทบจากการประจुरถยนต์ไฟฟ้าในประเทศออสเตรเลียซึ่งแสดงให้เห็นว่ายานพาหนะไฟฟ้าไม่ได้สร้างปัญหาในประเทศออสเตรเลีย โดยมีแนวโน้มความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดโอกาสทางการเงินภาคอุตสาหกรรมไฟฟ้าได้ดีกว่าการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งปรากฏว่าถ้ามีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าจะต้องมีการปรับโครงสร้างพื้นฐานทางไฟฟ้าใหม่ โดยจะต้องมีการขยับโหลดการใช้งานไปอยู่ในช่วงเวลากลางคืน และจะต้องมีการเพิ่มระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าในออสเตรเลียเนื่องจากโหลดในการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นและความต้องการสำหรับการผลิตจะสูงขึ้นตาม

ไปด้วย เพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าประมาณ 900,000 คัน โดยในการอัดประจุไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้านั้นจะเป็นรายได้แหล่งใหม่ให้กับอุตสาหกรรมไฟฟ้าโดยไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มมากขึ้น และคาดว่าจะมีการสร้างผลกำไรให้กับอุตสาหกรรมไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้น โดยจะสามารถลดอัตราภาษีศุลกากรหรือการให้แหล่งเงินทุนเพื่อสนับสนุนการลงทุนในการสร้างพลังงานทดแทน

Schill, W. P. [32] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดไฟฟ้าที่ไม่สมบูรณ์ของประเทศเยอรมนี พบว่าราคาค่าไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เมื่อไม่มีการควบคุมโหลดจะทำให้มีค่าไฟในช่วงตอนเย็นมีราคาสูงมาก เนื่องจากช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งถ้ามีการควบคุมโหลดการใช้งานได้จะปรับให้มีการควบคุมการประจรรถยนต์ไฟฟ้าในช่วงที่มีราคาค่าไฟฟ้าที่สุด

Li, Z., Ouyang, M. [33] ได้ศึกษาการกำหนดราคาของการประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีนพบว่า ช่วงราคาของการประจุไฟฟ้าได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย อาทิเช่น มาตรฐานของรถยนต์ไฟฟ้า และจำนวนระยะเวลาในการใช้งานของเจ้าของรถ และมีปัจจัยบางประการที่ขึ้นกับเวลา เช่น ราคาค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ดินและการก่อสร้างสถานีประจรรถยนต์ไฟฟ้า เพราะฉะนั้นการกำหนดราคาของการประจรรถยนต์ไฟฟ้าจึงเป็นส่วนหนึ่งในปัญหาที่สำคัญที่สุดที่พบได้ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่ซับซ้อน

ชุตินา ลินธนาวิวงศ์ [34] ได้ศึกษาเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม ระหว่างรถสามล้อไฟฟ้ากับรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG กรณีศึกษา เกาะรัตนโกสินทร์ ชั้นใน กรุงเทพฯ โดยพบว่าการผลิตรถสามล้อไฟฟ้ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงกว่าการผลิตรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG การประกอบการให้บริการรถสามล้อไฟฟ้า 50 คัน มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงกว่าการให้เช่ารถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG 50 คัน และรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG ปลดปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน และเสียงแตกต่างจากล้อสามล้อไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลียบ่อย โกรธหงุดหงิด ปวดเมื่อยอ่อนแรง ไอเรื้อรังมีเสมหะ ระคายเคืองตา จมูก ได้ยินไม่ชัดเจน โรคเบาหวาน โรคจิต ประสาท มีความสัมพันธ์กับการจับสามล้อเครื่องก๊าซ LPG และผู้ขับรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG มีต้นทุนสุขภาพสูงกว่าผู้ขับรถสามล้อไฟฟ้า แต่ผู้ขับสามล้อเครื่องก๊าซ LPG มีความคุ้มค่าและให้ผลตอบแทนมากกว่าผู้ขับสามล้อไฟฟ้า แต่ผู้ขับรถสามล้อไฟฟ้ามีความเสี่ยงต่อการลงทุนน้อยกว่าผู้ขับสามล้อเครื่อง

Viet et al. [35] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ต้นทุน และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถยนต์ไฟฟ้า รถยนต์ไฮบริด และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยวิเคราะห์จากการใช้

ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการประจําแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7 จากความต้องการใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศ โดยมีสมมติฐานคือรถยนต์ไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้ามีส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 30 โดยการเพิ่มขึ้นของการใช้ไฟฟ้าในช่วงสูงสุด (Peak load) จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ส่วนในช่วงต่ำสุด (Off-peak) จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ส่วนอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับการผลิตไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 35-77 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลเมตร ส่วนไฟฟ้าที่ผลิตจากถ่านหินจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 155 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลเมตร และเมื่อมองที่ต้นทุนของผู้ใช้พบว่ารถยนต์ไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าไม่สามารถแข่งขันกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้ โดยปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายประมาณ 800 ยูโรต่อปี ซึ่งรถยนต์ไฮบริดจะแข่งขันได้ก็ต่อเมื่อราคาของแบตเตอรี่ลดลงมาอยู่ที่ 400 ยูโรต่อปี (ไม่รวมการช่วยเหลือทางภาษีและอายุของแบตเตอรี่) และรถยนต์ไฟฟ้าจะแข่งขันได้เมื่อค่าใช้จ่ายต่อปีลดลงมาเหลือ 150 ยูโร