การจัดการแบตเตอรี่หมดอายุการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าประเทศไทย

ภูเมธ บุญญานพนนท์[1] และจักรพงศ์ พงศ์ธไนศวรรย์[2*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร
[2]สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร
* Corresponding author: jakapong.p@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากยอดจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าและคำนวณปริมาณแบตเตอรี่ที่สิ้นสุดอายุการใช้งานโดยอ้างอิงสถานะสุขภาพแบตเตอรี่ (State of Health: SoH) ร่วมกับทฤษฎี Stock Turnover ผลการศึกษาคาดว่า ภายในปี 2035 ประเทศไทยจะมีแบตเตอรี่หมดอายุประมาณ 2,132,653 แพ็คเพื่อการจัดการที่มีประสิทธิภาพ แบตเตอรี่ถูกจำแนกออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (1) First Life (SoH 80–100%) ใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าต่อไป (2) Second Life แบ่งเป็น High Performance (SoH > 80%) สำหรับยานยนต์ และ Low Performance (SoH ≤80-40%) สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน (ESS) (3) Third Life (SoH < 40%) เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล กำหนดให้ตรวจสอบสุขภาพแบตเตอรี่ทุก 5, 10 และ 15 ปี ภายใต้ 3 มาตรการหลัก มาตรการที่ 1: ไม่มีการรีไซเคิล (BAU) ปล่อยก๊าซ CO_2 สะสม 14.8 ตัน/คัน, มาตรการที่ 2: มีการรีไซเคิลแบตเตอรี่ ปล่อยก๊าซ CO_2 8.2 ตัน/คัน, มาตรการที่ 3: BEV3R (Refurbish, Reuse, Recycle) ปล่อยก๊าซ CO_2 ต่ำสุด 7.0 ตัน/คัน ผลการศึกษาชี้ว่า มาตรการ BEV3R มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึง 52.7% ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสนับสนุนเป้าหมาย Net Zero Carbon 2050 ของประเทศอย่างเป็นรูปธรรม.

คำสำคัญ: การจัดการแบตเตอรี่หมดอายุการใช้งาน / ประเมินจำนวนแบตเตอรี่ที่หมดอายุ / BEV3R Concept (Refurbish, Reused, Recycle) / ทางเลือกการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก / เสนอแนะนโยบายแบตเตอรี่หมดอายุการใช้งาน

End of Life Management of Electric Vehicle Battery in Thailand

Poometh Boonyanoppanon[1] and Jakapong Pongthanaisawan[2*]

[1]Department of Energy Technology and Management, Graduate School, Chulalongkorn University, Wang Mai Subdistrict, Pathumwan District, Bangkok, Thailand
[2]Energy Research Institute, Chulalongkorn University, Wang Mai Subdistrict, Pathumwan District, Bangkok, Thailand
* Corresponding author: jakapong.p@chula.ac.th

This study aims to investigate the management of end-of-life electric vehicle (BEV) batteries in Thailand. The research utilizes data from EV registrations to estimate the volume of end-of-life batteries, based on the State of Health (SoH) in conjunction with the Stock Turnover theory. The findings estimate that by 2035, Thailand will have approximately 2,501,198 end-of-life battery packs requiring proper management. The batteries are categorized into three levels for effective handling: (1) First Life (SoH 80–100%): Batteries continue to be used in EV. (2) Second Life: High Performance (SoH > 80%): Suitable for vehicle applications. Low Performance (SoH ≤ 80–40%): Used in Energy Storage Systems (ESS). (3) Third Life (SoH < 40%): Batteries enter the recycling process. Battery health checks are scheduled every 5, 10, and 15 years under three main policy scenarios: Scenario 1: No Recycling (Business as Usual, BAU) – Accumulated CO_2 emissions of 14.8 tons per vehicle. Scenario 2: Battery Recycling – CO_2 emissions reduced to 8.2 tons per vehicle. Scenario 3: BEV3R (Refurbish, Reuse, Recycle) – Lowest CO_2 emissions at 7.0 tons per vehicle.

The study indicates that the BEV3R strategy is the most effective, reducing greenhouse gas emissions by up to 52.7%. This approach minimizes environmental impact, maximizes resource efficiency, and concretely supports Thailand's Net Zero Carbon 2050 target.

Keywords: End-of-life Battery Management / Estimation of End-of-life Battery Volume / BEV3R Concept (Refurbish, Reuse, Recycle) / Greenhouse Gas Emission Reduction Options / End-of-life Battery Policy Recommendations

1. บทนำ

ประเทศไทยได้มีการแสดงเจตนารมย์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อเข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี 2050 และเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี 2065 ซึ่งยานยนต์ไฟฟ้า (Battery Electric Vehicle : BEV) เป็นหนึ่งมาตราการที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) ในแผนพลังงานชาติ (National Energy Plan) [1] จากข้อมูลสถิติการจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าของกรมการขนส่งทางบกในปี 2023 พบว่า มีอัตราการเติบโตถึง +684.4% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความนิยมและการตอบรับที่ดีต่อยานยนต์ไฟฟ้า (BEV) ทั้งนี้ การเติบโตดังกล่าวยังสอดคล้องกับนโยบายระดับประเทศ เช่น EV30@30 และ EV3.5 ที่มุ่งส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อความยั่งยืน เนื่องจากในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา (ตั้งแต่ปี 2562 จนถึงปัจจุบัน) ปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าสะสม 160,389 คัน (ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2567) ดังนั้นการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน จึงเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญและเตรียมความพร้อมทางด้านนโยบายและมาตรการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต [2]

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์เส้นทางของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน อีก 10 ปีข้างหน้า (2035) และจำลองแนวทางมาตราการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าภายใต้ (Battery Electric Vehicle 3R: Refurbish, Reuse, Recycle): BEV3R
2. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายใต้เงื่อนไข BEV3R เปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานที่ไม่มีการจัดการ BEV3R ในประเทศ

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีผู้วิจัยจะมุ่งเน้นการวิเคราะห์และจำลองแนวทางการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานในอนาคต 10-15 ปีข้างหน้า โดยใช้แนวคิด BEV3R (Battery Electric Vehicle 3R: Refurbish, Reuse, Recycle) เพื่อมุ่งลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในประเทศไทย

1. ศึกษาจำนวนปริมาณแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน (รย.1 รถยนต์ส่วนบุคคล) ที่จดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ อีก 10 ปีที่ข้างหน้า เพื่อจัดการมาตราการรองรับการจัดการแบตเตอรี่หมดอายุการใช้งานในรถยนต์ไฟฟ้าภายใต้ BEV3R
2. วิเคราะห์ผล (Business as Usual: BAU) จากการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายใต้เงื่อนไข BEV3R และแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานที่ไม่มีการจัดการ BEV3R ในประเทศทำเสนอข้อเสนอแนะทางนโยบายจัดการแบตเตอรี่ไฟฟ้าเมื่อหมดอายุการใช้งาน

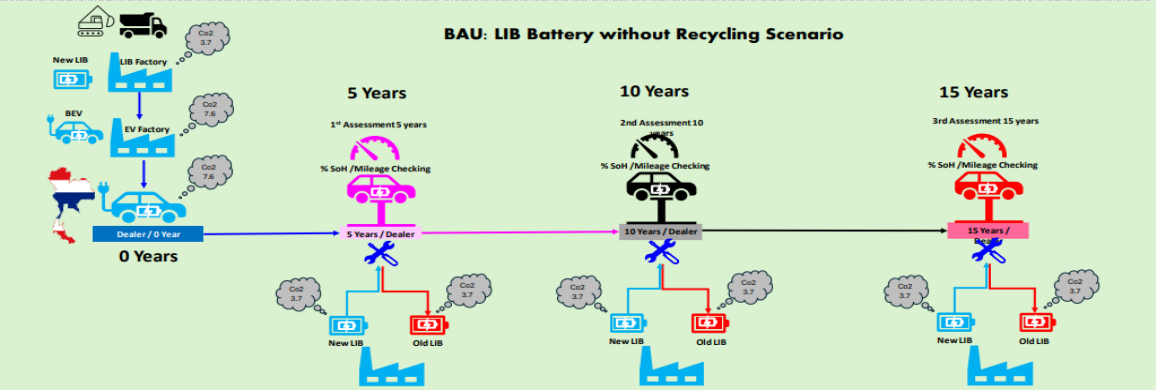
4. วิธีการศึกษา

4.1 รวบรวมข้อมูลยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ทำการรวบรวมยอดยานยนต์ไฟฟ้าในปี 2019 ถึงปัจจุบัน และรวมกับเป้าหมายแผนการการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าการใช้งาน (BEV) ของประเทศ ตามนโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าการใช้งาน (BEV) ซึ่งมีแผนในปี 2025 จะมีจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าจดทะเบียนถึง 225,000 คัน (30%) และจะเพิ่มขึ้นเป็น 440,000 คัน (50%) และ 1,154,000 คัน (100%) ในปี 2035 จะเห็นได้ว่าจำนวนปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกๆปี [3] แล้วใช้หลักการทฤษฎี Stock Turnover ทำวิเคราะห์การหมุนเวียนแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าของกรมขนสงทางบก [4]

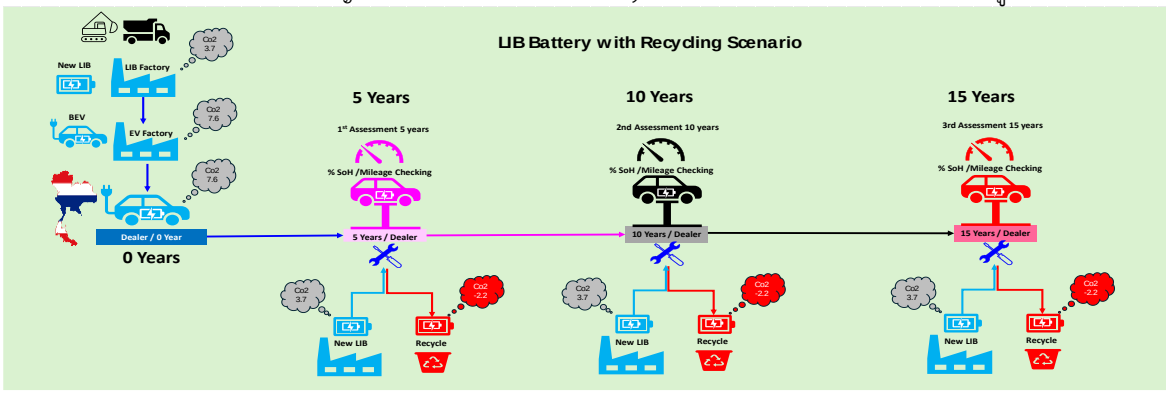
4.2 กำหนดเงื่อนไขทำการประเมิณสุขภาพเซลล์ของแบตเตอรี่ % SoH 3 Scenario

1) Lithium-ion Battery Business as Usual scenario กำหนดรอบระยะเวลาการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุกๆ 5 ปี, 10 ปี และ 15 ปี โดยเมื่อครบกำหนด แบตเตอรี่เดิมจะถูกถอดออกและแทนที่ด้วยแบตเตอรี่ลูกใหม่ โดยไม่มีการดำเนินการเพิ่มเติมใดๆ กับแบตเตอรี่ลูกเดิม แสดงดังรูปที่ 1



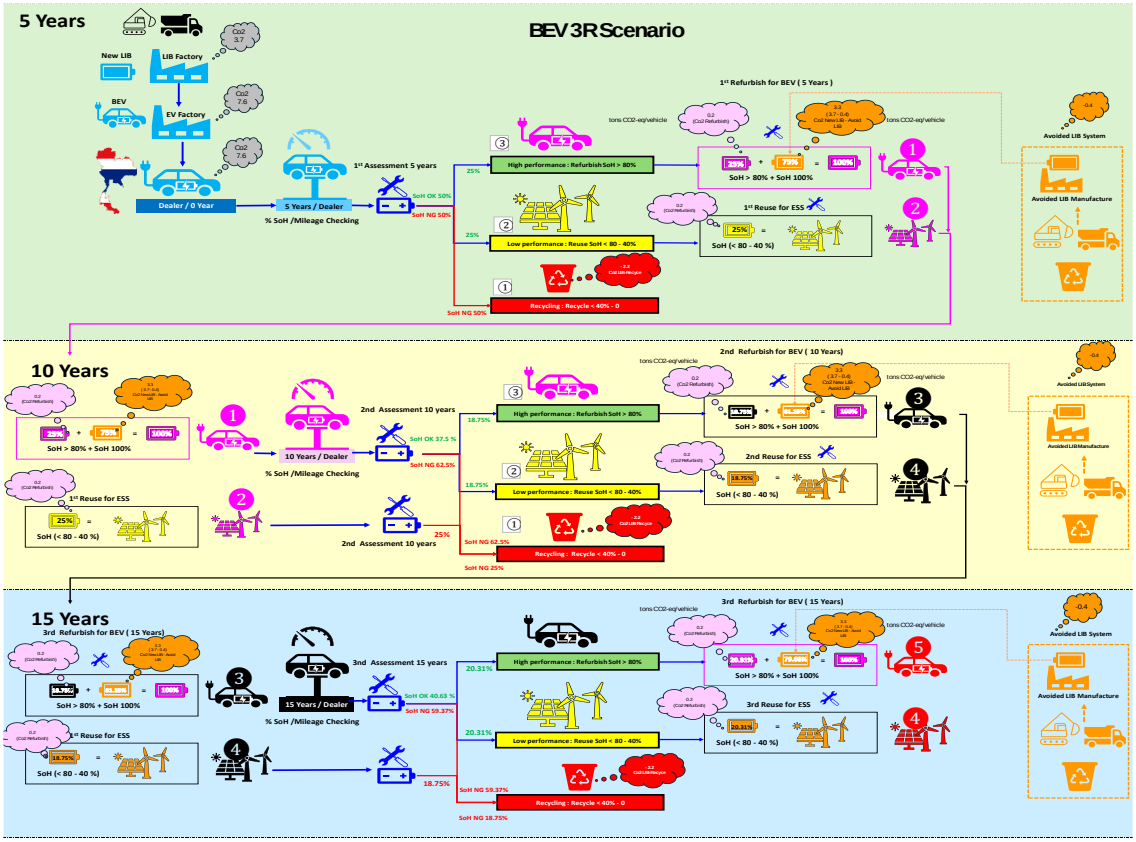
รูปที่ 1 Lithium-ion Battery Business As Usual scenario

2) Lithium-ion Battery with Recycling scenario กำหนดรอบระยะเวลาการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุก ๆ 5 ปี, 10 ปี และ 15 ปี ตามลำดับ โดยให้ความสำคัญกับแนวทางการรีไซเคิล (Recycle) เป็นหลักในการจัดการ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Lithium-ion Battery with Recycling scenario

3) Lithium-ion Battery with BEV3R scenario กำหนดรอบระยะเวลาสำหรับการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุก ๆ 5 ปี, 10 ปี และ 15 ปี ตามลำดับ โดยให้ความสำคัญกับแนวทาง BEV3R Concept (Refurbish, Reuse, Recycle) เป็นหลักในการจัดการกับแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Lithium-ion Battery with BEV3R scenario

4.3 กำหนดให้มีการตรวจสอบสุขภาพของแบตเตอรี่ % SoH ทำแยกสถานะสุขภาพของเซลล์แบตเตอรี่ตามเงื่อนไขแนวคิดแบบจำลองและเกณฑ์มาตฐานสำหรับการขยายอายุการใช้งานแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศ [5] แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินการขยายอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า [12]

ช่วงเวลา	ประเภท	เกณฑ์การประเมิณ	กระบวนการ
Frist Life	แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สุขภาพของเซลล์ %SoH 100%	ใช้งานปกติ
Second life	แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง	สุขภาพของเซลล์ %SoH > 80%	นำไปปรับปรุงเพื่อใช้ในยานยนต์ (Refurbish)
	แบตเตอรี่ประสิทธิภาพต่ำ	สุขภาพของเซลล์ %SoH ≤ 80 - 40%	นำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนสำรอง ESS
	แบตเตอรี่หมดอายุการใช้งาน	สุขภาพของเซลล์ %SoH < 40%	นำไปรีไซเคิล (Recycle)
Third life	แบตเตอรี่หมดอายุการใช้งาน	สุขภาพของเซลล์ %SoH < 40%	นำไปรีไซเคิล (Recycle)

4.4 กำหนดใช้ยานยนต์ไฟฟ้า Model BYD เป็นรถต้นแบบ: BYD DOLPHIN 60.4 kWh, Battery Architecture 400 V, Cell 3.2 V Battery Capacity 1261P (Cell to pack) เพื่อใช้คำนวณหาจำนวนเซลล์แบตเตอรี่และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อคันเพื่อใช้เป็น Base line คำนวณแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน ในปี 2035 [6]

5. ผลการศึกษาและอภิปราย

5.1 จากผลการใช้ทฤษฎี Stock Turnover เพื่อจำนวนแบตเตอรี่ยานยนต์ที่หมดอายุการใช้งาน พบว่าในปี 2035 มีจำนวนแบตเตอรี่ 2,501,198 แพ็ก นั้นสะท้อนถึงการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีผลมาจากการสนับสนุนจากนโยบายภาครัฐตามนโยบายประเทศ แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ปริมาณจำนวนแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานในปี 2035

5.2 จากผลวิจัยค่าก๊าซ CO_2 ของแบตเตอรี่แพ็ก 3.7 ตัน CO_2-eq/คัน, แบตเตอรี่รีไซเคิล -2.2 ตัน CO_2-eq/คัน เซลล์ที่หลีกเลี่ยงระบบการผลิตแบตเตอรี่ -0.4 ตัน CO_2-eq/คัน และ Refurbish & Reuse มีค่าเท่ากับ 0.2 ตัน CO_2 -eq/ คัน, % SoH ของเซลล์จะมี%50 คุณภาพดีและ %50 คุณภาพไม่ดี เพื่อในการคำนวณหาค่าเซลล์แบตเตอรี่และค่าก๊าซ CO_2 [7]

5.3 ผลลัพธ์ของการประเมินสุขภาพเซลล์ของแบตเตอรี่ % SoH 3 Scenario

1) Lithium-ion Battery Business As Usual scenario

จากผลการวิจัยพบว่าในระยะเวลา 15 ปีข้างหน้า ยอดสะสมของจำนวนเซลล์แบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นเป็น 504 เซลล์ต่อคัน และการปล่อย CO_2 จะเพิ่มขึ้นเป็น 14.8 ตันต่อคัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์เซลล์แบตเตอรี่และก๊าซ CO_2 ของ Lithium-ion Battery Business As Usual scenario

Process	0 Year Cells	5 Years Cells	10 Years Cells	15 Years Cells
1st Battery cells (Factory)	126	-	-	-
2nd Battery cells (Change)	-	126	126	126
Recycle	0	0	0	0
Accumulation	126	252	378	504

Process	0 Year Tons CO_2-eq/Vehicle	5 Years Tons CO_2-eq/Vehicle	10 Years Tons CO_2-eq/Vehicle	15 Years Tons CO_2-eq/Vehicle
1st Battery Pack (Factory)	3.7	0	0	0
2nd Battery pack (Change)	0	3.7	3.7	3.7
Recycle	0	0	0	0
Co2 Net	3.7	3.7	3.7	3.7
Co2 Accumulation	3.7	7.4	11.1	14.8

2) Lithium-ion Battery with Recycling Scenario

จากผลการวิจัยพบว่าในระยะเวลา 15 ปีข้างหน้า ยอดสะสมของจำนวนเซลล์แบตเตอรี่จะคงที่เป็น 126 เซลล์ต่อคัน และการปล่อย CO_2 จะลดลงเหลือ 8.2 ตันต่อคัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ BAU Scenario ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์เซลล์แบตเตอรี่และก๊าซ CO_2 ของLithium-ion Battery with Recycling scenario

Process	0 Year Cells	5 Years Cells	10 Years Cells	15 Years Cells
1st Battery cell (Factory)	126	-	-	-
2nd Battery cell (Change)	-	126	126	126
Recycle	0	-126	-126	-126
Accumulation	126	126	126	126

Process	0 Year Tons CO_2-eq/Vehicle	5 Years Tons CO_2-eq/Vehicle	10 Years Tons CO_2-eq/Vehicle	15 Years Tons CO_2-eq/Vehicle
1st Battery Pack (Factory)	3.7	0	0	0
2nd Battery pack (Change)	0	3.7	3.7	3.7
Recycle	0	-2.2	-2.2	-2.2
Co2 Net	3.7	1.5	1.5	1.5
Co2 Accumulation	3.7	5.2	6.7	8.2

3) Lithium-ion Battery with BEV3R Scenario

จากผลการวิจัยพบว่าในระยะเวลา 15 ปีข้างหน้า ยอดสะสมของจำนวนเซลล์แบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 152 เซลล์ต่อคัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ดีขึ้น 30% เมื่อเปรียบเทียบกับ BAU Scenario ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์ของเซลล์แบตเตอรี่ของLithium-ion Battery with Recycling scenario

Process		0 Year Cells	5 Years Cells	10 Years Cells	15 Years Cells
1st Battery cell (Factory)	LIB 1st life	126	-	-	-
2nd Battery cell (Refurbish)	Avoided LIB System	-	95	102	100
	High performance	-	32	24	26
2nd Battery cell (Reuse)	Low performance	-	32	24	26
3rd Battery cell (Recycle	Material Recycle	-	63	110	98
Cell Accumulation		126	158	150	152

จากผลการวิจัยพบว่าในระยะเวลา 15 ปีข้างหน้า ยอดสะสมของการปล่อย CO_2 จะลดลงเหลือ 7.0 ตันต่อคัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ BAU Scenario และ Recycling Scenario ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์ก๊าซ CO_2 ของ Lithium-ion BEV3R Scenario

Process	0 Year Tons CO2-eq/Vehicle	5 Years Tons CO2-eq/Vehicle	10 Years Tons CO2-eq/Vehicle	15 Years Tons CO2-eq/Vehicle
CO_2 1st Battery pack (Factory)	3.7	-	-	-
CO_2 2nd Refurbish	-	2.53	2.72	2.67
CO_2 2nd Reuse	-	0.05	0.04	0.04
CO_2 3rd Battery cell (Recycle)	-	-1.1	-1.93	-1.72
CO_2 Net	3.7	1.5	0.8	1.0
CO_2 Accumulation	3.7	5.2	6.0	7.0

5.4 สรุปผลจำนวณเซลล์แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนต่อคัน

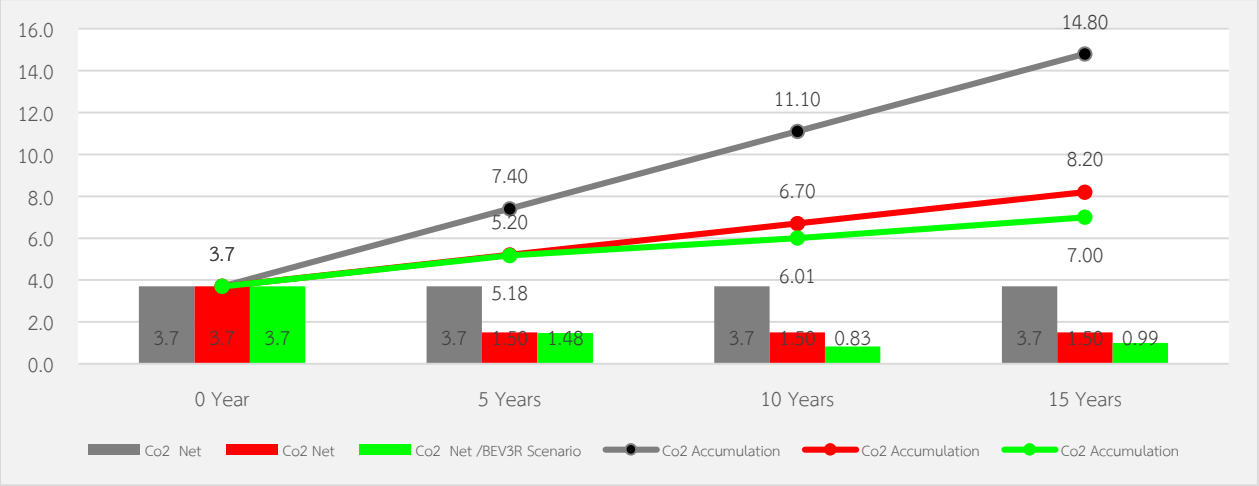
จากวิจัยนี้ศึกษา Model BYD: BYD DOLPHIN แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน จำนวน 126 เซลล์ ในช่วงเวลา 0, 5, 10 และ 15 ปี โดยวิเคราะห์ 4 แนวทางหลัก ได้แก่ การหลีกเลี่ยงการใช้แบตเตอรี่ใหม่ การซ่อมแซม การใช้ซ้ำ และการรีไซเคิล ซึ่งช่วยลดขยะอิเล็กทรอนิกส์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน พร้อมส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ใช้เซลล์แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนต่อคัน 15 ปี

ช่วงเวลา	จำนวนเซลล์ทั้งหมด	Avoided LIB System	Refurbished	Reuse	Recycling
0 ปี	126 เซลล์	-	-	-	-
5 ปี	126 เซลล์	95 เซลล์ (75%)	32 เซลล์ (25%)	32 เซลล์ (25%)	63 เซลล์ (50%)
10 ปี	126 เซลล์	102 เซลล์ (81.75%)	24 เซลล์ (18.75%)	24 เซลล์ (18.75%)	110 เซลล์ (87.50%)
15 ปี	126 เซลล์	100 เซลล์ (79.68%)	26 เซลล์ (20.31%)	26 เซลล์ (20.31%)	98 เซลล์ (78.12%)

5.5 สรุปผลการปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อคัน

โดยเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2-eq) ต่อคัน ใน 3 แนวทางหลัก ได้แก่ (1) แนวทางปกติ (BAU) คงที่ที่ 3.7 ตัน CO_2-eq ต่อคัน สะสมสูงสุดที่ 14.80 ตัน ใน 15 ปี (2) แนวทางรีไซเคิล (Recycle) ลดการปล่อยเหลือ 1.50 ตัน CO_2-eq ต่อคัน สะสมที่ 8.20 ตัน ใน 15 ปี (3) แนวทาง BEV3R (Refurbish, Reuse, Recycle) ลดลงอย่างต่อเนื่อง 0.99 ตัน ในปีที่ 15 สะสมที่ 7.00 ตัน CO_2-eq ต่อคัน สรุป BEV3R มีประสิทธิภาพสูงสุด 52.7% และการรีไซเคิล 44.6% ทั้งสองแนวทางช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนในระยะยาว แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 สรุปผลการจำลองจัดการแบตเตอรี่รถยานยนต์ไฟฟ้าหลังสิ้นอายุการใช้งาน

5.6 สรุปผลการปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในปี 2035

จากการเปรียบเทียบการปล่อย CO_2 ภายใต้ 3 สถานการณ์หลักในช่วง 5, 10 และ 15 ปี (1) สถานการณ์ BAU ปล่อย CO_2 สะสมสูงสุดที่ 29,658,663 ตัน และ CO_2 Net สูงถึง 9,254,433 ตัน (2) สถานการณ์รีไซเคิล (Recycling) ลดการปล่อยสะสมเหลือ 12,030,727 ตัน และ CO_2 Net อยู่ที่ 3,751,797 ตัน (3) สถานการณ์ BEV3R มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการปล่อย CO_2 สะสมเพียง 11,420,874 ตัน และ CO_2 Net ต่ำสุดที่ 3,453,600 ตัน สรุป BEV3R ช่วยลดการปล่อย CO_2 ได้ 61 % และการรีไซเคิล 59% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ BAU โดยทั้งสองสถานการณ์ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนในระยะยาวของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปผลการปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในปี 2035

Scenario	5Years	10Years	15Years	CO_2 Net	CO_2 Accumulation
Lithium-ion Battery Business As Usual scenario	7,890,817	1,356,098	7,517	9,254,433	29,658,663
Lithium-ion Battery with Recycling scenario	3,198,980	549,770	3,048	3,751,797	12,030,727
Lithium-ion Battery with BEV3R scenario	3,145,664	304,664	3,272	3,453,600	11,420,874

5.7 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแนวทางและมาตรการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าหมดอายุใช้งานประเทศ

จัดตั้งหรือสนับสนุนโรงงานรีไซเคิลแบตเตอรี่ในประเทศ, จัดให้มีสิทธิประโยชน์ทางภาษี แก่ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการรีไซเคิล เพื่อสร้างธุรกิจใหม่ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ลดของเสีย และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุที่รีไซเคิลได้, ส่งเสริมเทคโนโลยีการแยกวัสดุ และการฟื้นฟูเซลล์แบตเตอรี่ ส่งเสริมการนำแบตเตอรี่เก่ามาใช้ในระบบ Energy Storage Systems (ESS), บังคับใช้หลักการ Extended Producer Responsibility (EPR) เป้าหมายให้ผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าและผู้จำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้ามีส่วนรับผิดชอบต่อแบตเตอรี่ตลอดวงจรชีวิต, ออกกฎหมายบังคับให้ ผู้ผลิต/ผู้นำเข้าแบตเตอรี่ต้องรับคืนแบตเตอรี่หมดอายุการใช้งานและการทำ BEV3R และจัดตั้งระบบติดตาม (traceability system) และฐานข้อมูลแบตเตอรี่ รณรงค์สร้างจิตสำนึกในการลดคาร์บอนฟุตพรินต์ ผ่านสื่อประชาสัมพันธ์และการศึกษา, ลงทุนในนวัตกรรมสีเขียวเป้าหมายลดการพึ่งพาวัสดุหายากและลดก๊าซ CO_2 ในกระบวนการผลิต, ส่งเสริมการวิจัยแบตเตอรี่ที่ ย่อยสลายได้หรือมีคาร์บอนต่ำ, สนับสนุนสตาร์ทอัพด้านเทคโนโลยีสีเขียวที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและกำจัดแบตเตอรี่, บังคับใช้มาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งานซ้ำ (Repurposing Standards) เป็นไปอย่างปลอดภัยและได้รับการรับรอง IEC 63330 (Requirements for reuse of secondary batteries) และ UL-1974 (Evaluation for repurposed batteries)

6. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า (BEV) ที่หมดอายุการใช้งานในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลการจดทะเบียนรถ BEV ผนวกกับหลักการ Stock Turnover และสถานะสุขภาพแบตเตอรี่ (State of Health: SoH) เพื่อประเมินปริมาณแบตเตอรี่หมดอายุในปี 2035 ซึ่งคาดว่าจะมีถึง 2,501,198 แพ็ค พร้อมจำแนกการใช้งานแบตเตอรี่ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ First Life (SoH 80–100%) ใช้ต่อในยานยนต์ไฟฟ้า, Second Life (SoH ≤80–40%) แบ่งเป็น High Performance ใช้ในรถ และ Low Performance ใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน (ESS), และ Third Life (SoH < 40%) ส่งเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล จากการจำลองสถานการณ์ 3 แนวทาง ได้แก่ (1) BAU ไม่จัดการใด ๆ ปล่อย CO_2 สะสม 14.8 ตัน/คัน, (2) แนวทางรีไซเคิล ลดเหลือ 8.2 ตัน/คัน, และ (3) แนวทาง BEV3R (Refurbish, Reuse, Recycle) เหลือเพียง 7.0 ตัน/คัน ลดการปล่อย CO_2 ได้สูงสุดถึง 52.7% เมื่อ

เทียบกับ BAU แนวทาง BEV3R ยังช่วยลดขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน และสนับสนุนเป้าหมาย Net Zero Carbon 2050 ของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน.

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, ก.พ.พ., หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์. 2024. p. 28.

[2] A, M.T. สรุปยอดจดทะเบียนรถไฟฟ้า100% ในไทย ปี 2024 รวม 70,137 คัน (-8.1%) จากปีที่แล้ว | BYD Dolphin ครองแชมป์. 2568 7 มกราคม [cited 2568 7 มกราคม]; Available from: https://autolifethailand.tv/total-ev-bev-register-2024-thailand/

[3] Choksawatpaisan, S. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2567-2569: อุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า. 2567 10 กรกฎาคม [cited 2568 9 มกราคม]; Available from: https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry- outlook/hi-tech-industries/electric-vehicle/io/electric-vehicle-2024.

[4] อ่อนสอาด, น., การประเมินวัฏจักรชีวิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยียานยนต์มลพิษต่ำในภาคขนส่งทางถนน, in เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน. 2566, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. p. 59.

[5] America Rocio Quinteros-Condoretty, M.L., Laura Kainiemi, Sara M. Pinto, Emanuel J. Lourenço, Luís Oliveira, Laura Albareda, Bernardo Barbiellini, Conceptual model for extending electric vehicle battery lifetime. Resources, Conservation and Recycling, 2025. 212

[6] ElectricVehicleDatabase. BYD DOLPHIN 60.4 kWh. 2023 July [cited 2025 03 March]; Available from: https://ev-database.org/car/1919/BYD-DOLPHIN-604-kWh.

[7] Michael Samsu Koroma, D.C., Maeva Philippot, Giuseppe Cardellini, Md Sazzad Hosen, Thierry Coosemans, Maarten Messagie, Life cycle assessment of battery electric vehicles: Implications of future electricity mix and different battery end-of-life management. Science of The Total Environment, 2022. 831.