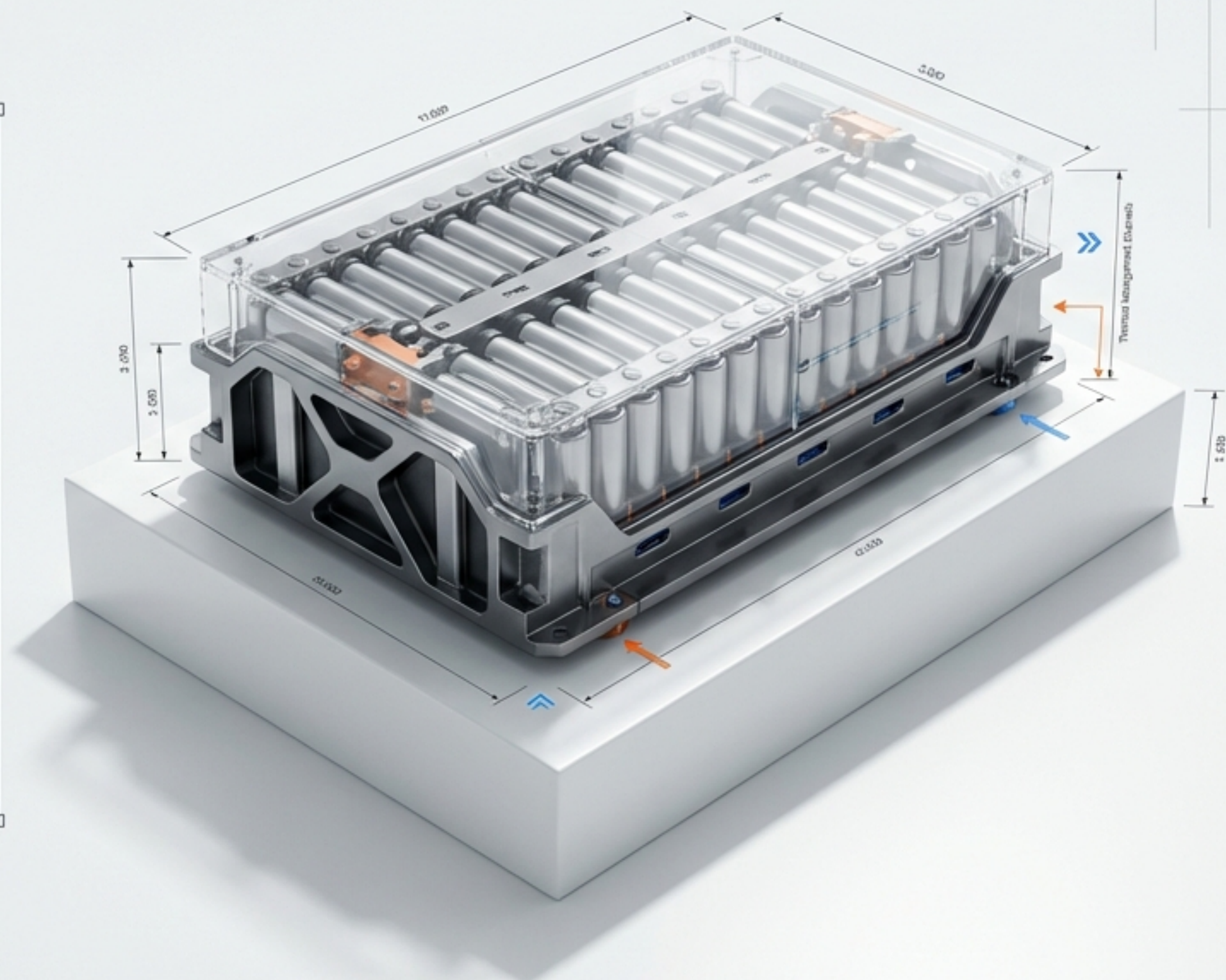
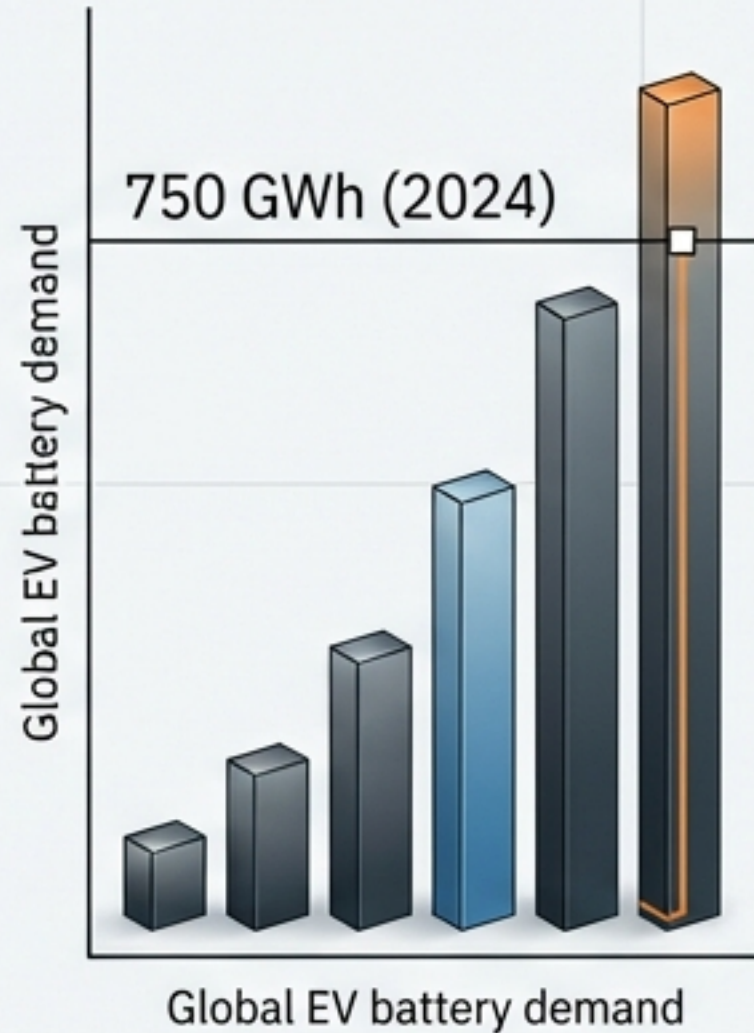


# วิวัฒนาการและ ภาคยุทธศาสตร์เท คโนโลยีแบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้า

ทศวรรษแห่งการเปลี่ยนผ่าน (2025-2035)  
สู่การเป็นศูนย์กลาง EV ของภูมิภาค

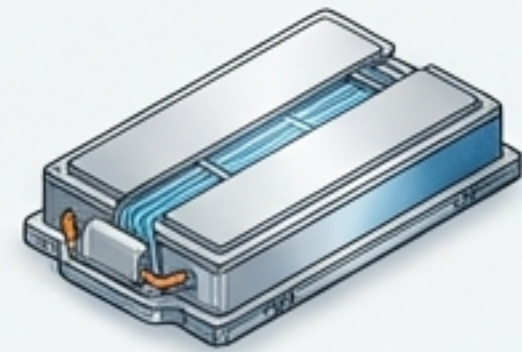


# ทศวรรษแห่งการตัดสินใจ: จากถังเก็บพลังงาน สู่หัวใจของยานยนต์



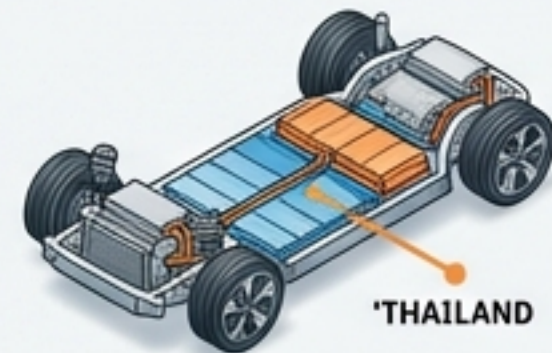
## Global Demand

ความต้องการแบตเตอรี่ทั่วโลกทะลุ 750 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) ในปี 2024



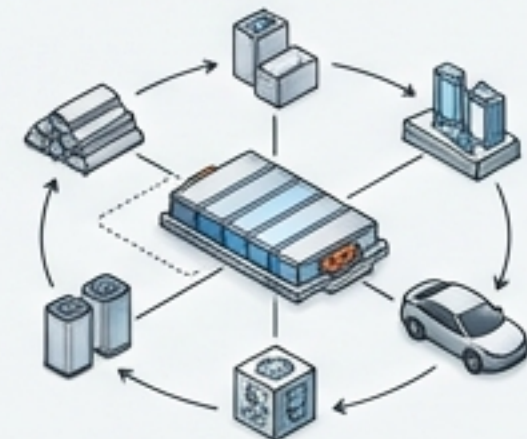
## Thailand 30@30 Policy

ยุทธศาสตร์ผลักดันไทยสู่ศูนย์กลางการผลิต EV แห่งอาเซียน



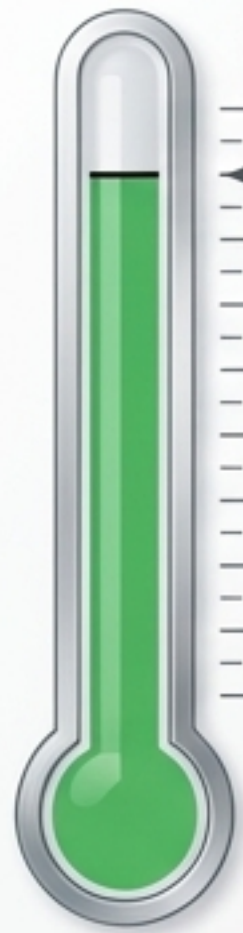
## Local Supply Chain

บังคับใช้แบตเตอรี่ผลิตในประเทศ ตั้งแต่ปี 2026 เป็นต้นไป หนุนโดยเงินลงทุนจากผู้ผลิตระดับโลก



แบตเตอรี่ไม่ได้เป็นแค่แหล่งพลังงาน แต่เป็นตัวกำหนดระยะทาง สมรรถนะ ความปลอดภัย และราคาขายต่อ

# Lithium Iron Phosphate (LFP): รากฐานของรถยนต์ไฟฟ้ามหาชน



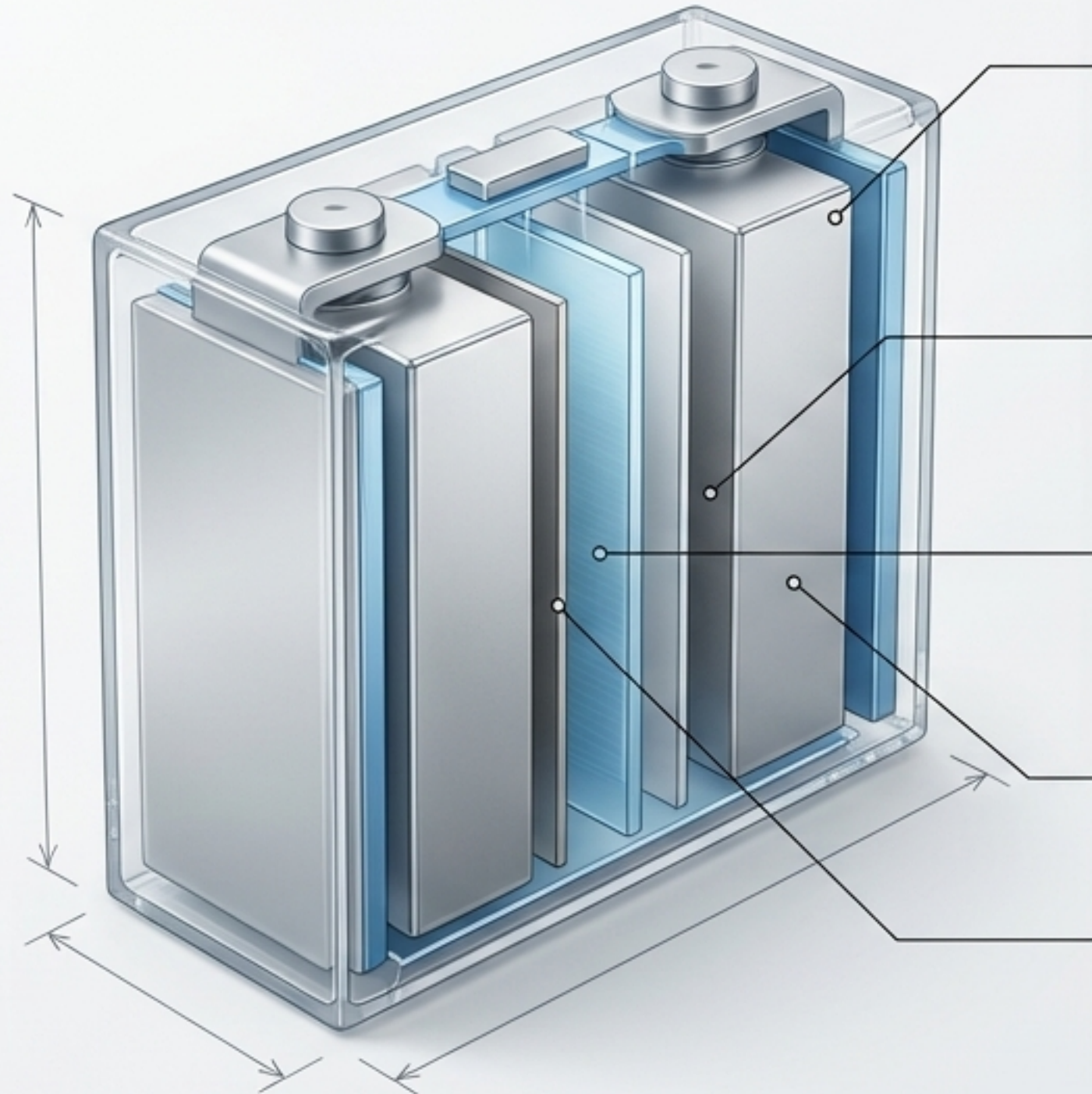
270°C - 600°C  
จุดวิกฤตความร้อน  
(Thermal Runaway)

Heat-Gauge

Health Bar 100%

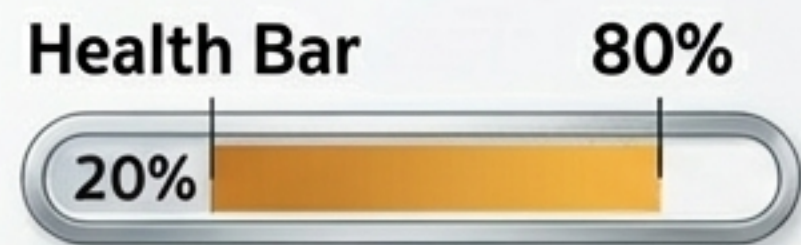


✓ Safe Daily Charging

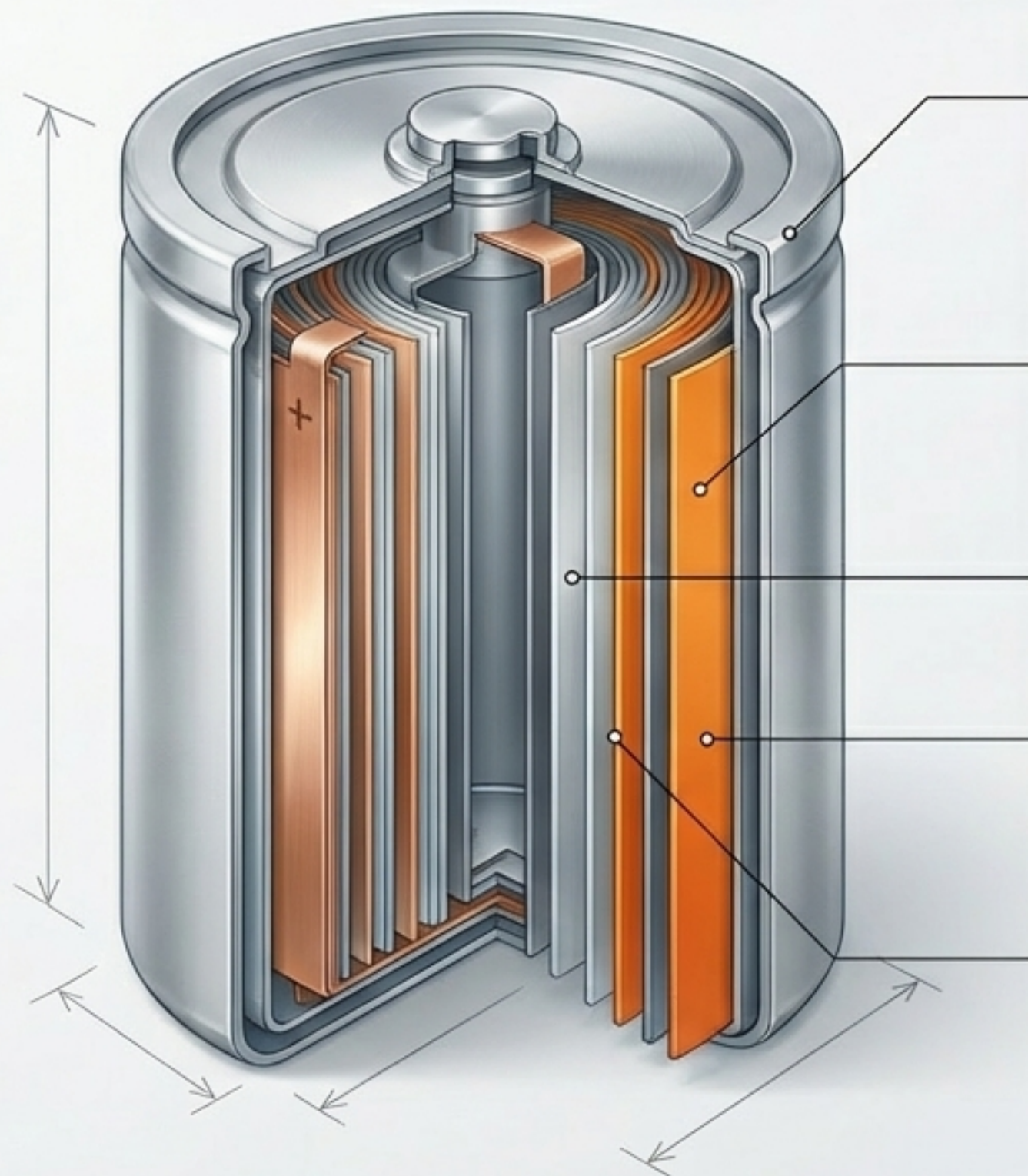


- โครงสร้างผลึกแบบโอลิวีน (Olivine Structure):  
พื้นระฟอสฟอรัส-ออกซิเจนแข็งแกร่ง  
ปลอดภัยสูงสุด
- ความหนาแน่นพลังงาน:  
90-160 Wh/kg  
(รุ่นใหม่สูงสุด 200 Wh/kg)
- อายุการใช้งาน (Cycle Life):  
2,000 - 5,000 รอบ  
(ทนทานกว่าอายุตัวรถ)
- ต้นทุนแร่ธาตุ: **ต่ำ**  
(ไม่พึ่งพานิกเกิลและโคบอลต์)
- ข้อจำกัด: น้ำหนักมาก  
และประสิทธิภาพลดลงในสภาพ  
อากาศหนาวจัด

# NMC & NCA: ขีดสุดของสมรรถนะและระยะทาง



✓ Safe Daily Charging



- **ส่วนผสมทางเคมี:**  
นิกเกิล (เพิ่มความจุ) แมงกานีส (เสถียรภาพ) โคบอลต์ (อายุการใช้งาน) เช่น สูตร NMC 811
- **ความหนาแน่นพลังงาน:**  
250-300 Wh/kg  
(สำหรับรถ Long Range 500-600+ กม.)
- **อายุการใช้งาน (Cycle Life):**  
1,000 - 2,000 รอบ
- **ประสิทธิภาพสูง:**  
จ่ายกระแสไฟแรง  
อัตราเร่งจับไว ทนความเย็นได้ดี
- **ข้อจำกัด:** ไวต่อความร้อนสูง  
ต้องมีระบบ BMS และ Liquid Cooling ที่ซับซ้อน

# การวิเคราะห์เปรียบเทียบ: สมรรถนะเทคโนโลยีปัจจุบัน

		LFP (ลิเทียมเหล็กฟอสเฟต)	NMC (นิกเกิลแมงกานีสโคบอลต์)	NCA (นิกเกิลโคบอลต์อะลูมิเนียม)
1	ความหนาแน่นพลังงาน	สูงสุด 200 Wh/kg	สูงสุด 300 Wh/kg	สูงสุด 300 Wh/kg
2	อุณหภูมิวิกฤต (Thermal Runaway)	> 270°C 🔥 (ปลอดภัยสูง)	~ 200°C 🔥 (ไวไฟ)	~ 150°C 🔥 (ไวไฟสูง)
3	ต้นทุนวัตถุดิบ	ต่ำ (ไม่มี Co, Ni)	สูง (อิงราคา Co, Ni)	สูง (อิงราคา Co, Ni)
4	การชาร์จที่เหมาะสม	 100% (ชาร์จเต็มได้บ่อย)	 20% - 80% (หลีกเลี่ยง 100% แช่ทิ้งไว้)	 20% - 80%

สรุป: LFP ครองตลาด Mass Market ด้วยความทนทาน  
ขณะที่ NMC/NCA ยังคงเป็นราชาแห่งกลุ่ม Premium Long-Range

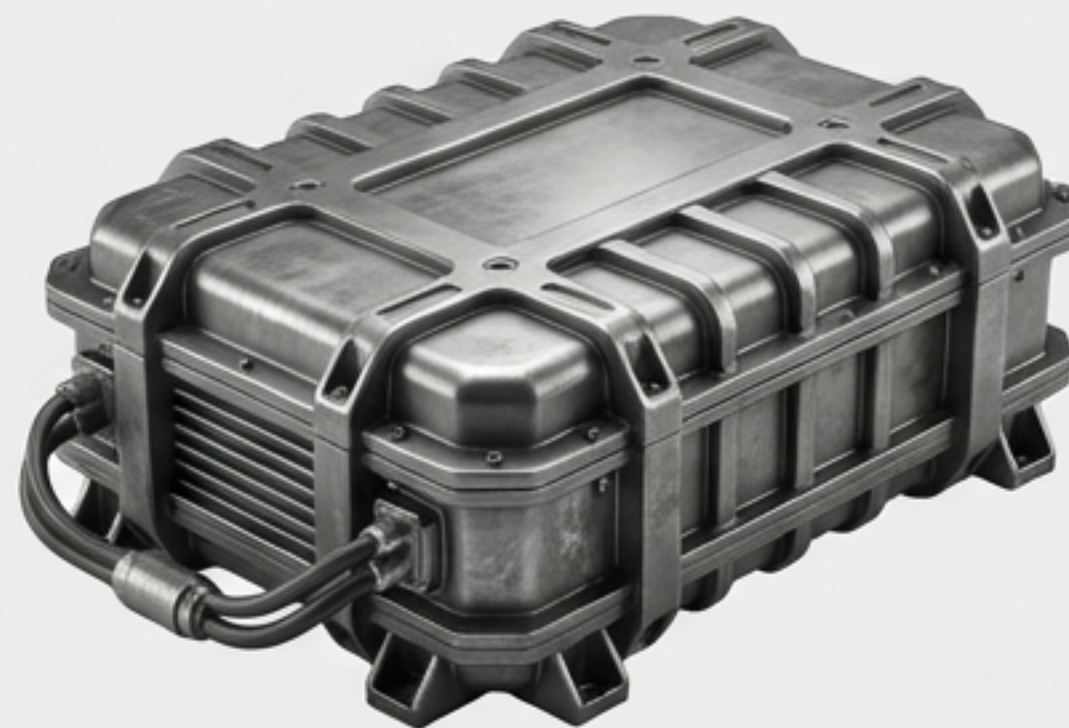
# เคมีลูกผสมและเคมีทางเลือก: จุดช่องโหว่ทางเทคโนโลยี

## LMFP: สะพานเชื่อมแห่งเทคโนโลยี



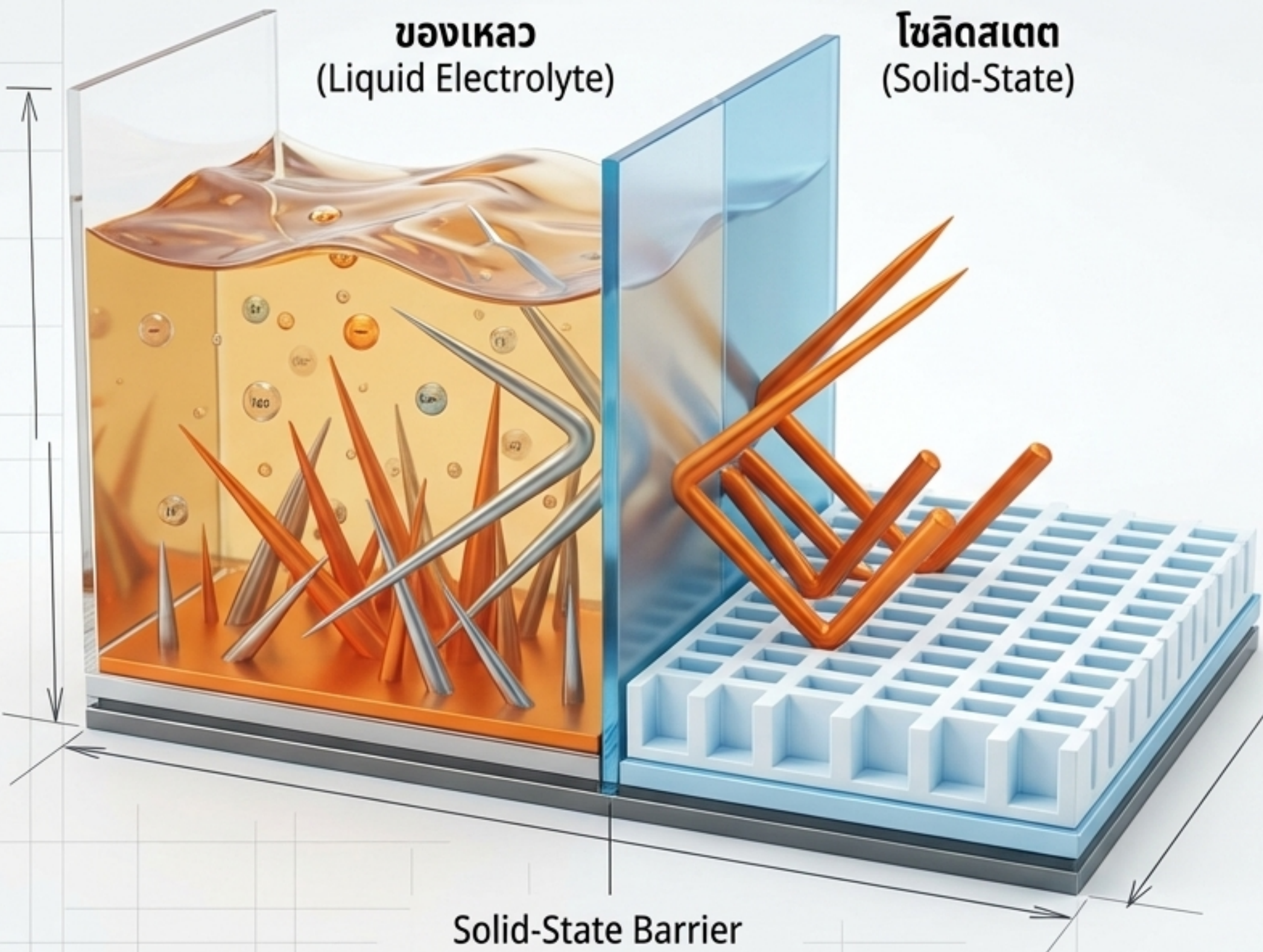
- เติมแมงกานีสเข้าโครงสร้าง LFP ช่วยดันแรงดันไฟฟ้าจาก 3.2V เป็น 3.7V - 3.9V
- ความหนาแน่นพลังงานเพิ่มขึ้น 15-20% ขณะที่ต้นทุนและความปลอดภัยยังคงดีเยี่ยม
- ลบจุดอ่อนเรื่อง Range Anxiety ในรถยนต์ระดับกลาง (เช่น CATL M3P เริ่มใช้ปี 2026)

## LTO: ประสิทธิภาพสูงสุดในกลุ่มงานหนัก



- ความหนาแน่นพลังงานต่ำ (60-120 Wh/kg) แต่อายุการใช้งานมหาศาล (10,000 - 20,000 รอบ)
- ชาร์จเร็วพิเศษ: 0-100% ใน 10-15 นาที ทนทานในอุณหภูมิสุดขีด
- เหมาะสำหรับ: รถบัสไฟฟ้า (e-Bus) และระบบกักเก็บพลังงานระดับโครงข่าย (BESS)

# แบตเตอรี่โซลิดสเตต (Solid-State): จอกศักดิ์สิทธิ์แห่งพลังงาน



## จากของเหลวสู่ของแข็ง

เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ไวไฟเป็นวัสดุเซรามิกหรือพอลิเมอร์แข็ง  
ปลอดภัยจากการเกิดความร้อนรุนแรง (Non-flammable)

## เป้าหมายพลังงาน

350-500 Wh/kg (ระยะทางทะลุ 1,000-1,200 กม./ชาร์จ)

## ความท้าทายปัจจุบัน

การขยายขนาดการผลิตอุตสาหกรรม (Scaling)  
และความต้านทานที่จุดสัมผัส (Interface Resistance)

เริ่มทดสอบภาคสนามปี 2026 / เปิดตัวไฮเอนด์ปี 2027-2028

# แบตเตอรี่โซเดียมไอออน (Sodium-Ion): ยุคสมัยของเกลือและรถยนต์ราคาประหยัด



**วัตถุดิบมหาศาล:** สกัดจากโซเดียม  
ต้นทุนถูกกว่าลิเทียมมหาศาล  
และลดการผูกขาดแร่หายาก



**พลังงานเพียงพอ:** ความหนาแน่น  
160-175 Wh/kg เพียงพอสำหรับ City Car  
วิ่ง 300-500 กม.



**ความปลอดภัยสูงสุด:** ไม่ไวต่ออุณหภูมิ  
และสามารถคายประจุจนเหลือ 0V  
เพื่อการขนส่งที่ปลอดภัยอย่างสมบูรณ์

**Market Impact:** ผู้ทำชิงที่จะมาตีสลับรถยนต์กลุ่ม  
Budget EVs และมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า คาดการณ์เริ่มใช้งาน  
แพร่หลายในไทยปี 2026 (เช่น BYD Seagull หรือรุ่นเทียบเคียง)



# พรมแดนใหม่ของเทคโนโลยี: วิเคราะห์อนาคต (The Frontier)

	โซเดียมไอออน (Na-ion)	โซลิดสเตต (Solid-State)	ลิเทียม-ซัลเฟอร์ (Li-S)
เป้าหมายตลาด	รถยนต์ประหยัด / วิ่งในเมือง	รถสปอร์ต / วิ่งระยะไกลพิเศษ	อากาศยาน / เทคโนโลยีอนาคต
ความหนาแน่นพลังงานเป้าหมาย	160+ Wh/kg	350-500+ Wh/kg	สูงมาก (อยู่ระหว่างวิจัย)
ความปลอดภัย	สูงมาก (คายประจุ 0V ได้)	สูงสุด (โครงสร้างแข็ง ไม่ไวไฟ)	ปานกลาง - สูง
สถานะ R&D / ตลาด	เริ่มผลิตระดับอุตสาหกรรม	รถต้นแบบ / ทดสอบภาคสนาม	ห้องปฏิบัติการ (R&D)

อนาคตไม่ใช่ผู้ชนะเพียงหนึ่งเดียว แต่คือการเลือกเคมีที่ 'ใช่' สำหรับแต่ละกลุ่มเป้าหมาย (Application-Specific)

# สงครามเทคโนโลยีในตลาดไทย: รถรุ่นไหนใช้แบตเตอรี่อะไร?



## ความคุ้มค่า & ทนทาน

- BYD: Atto 3, Dolphin, Seal (Blade Battery)
- Tesla: Model 3/Y (รุ่น Standard Range)
- Neta: Neta V-II, Neta X

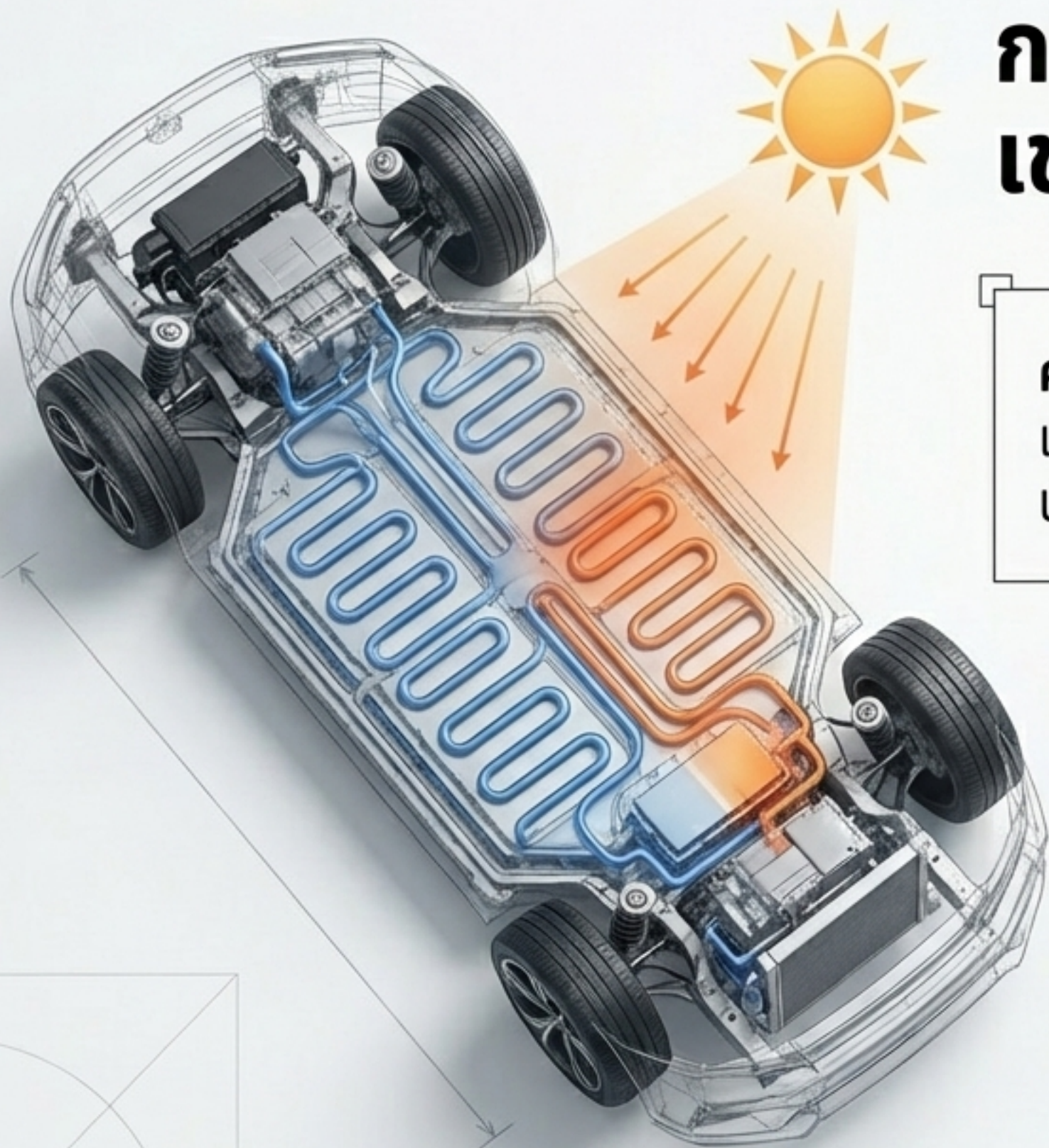
## ทางเลือกตามรุ่นย่อย

- MG: MG4, MG ES5 (ประกอบแบตเตอรี่ในไทย)
- Deepal: L07, S07 (800V Architecture ในบางรุ่น)

## พลังกำลัง & ระยะทาง

- Tesla: Model 3/Y (Long Range / Performance)
- Hyundai/Kia: IONIQ 5, EV6 (800V Ultra-fast charge)
- BMW/Mercedes: iX, EQE, EQS (ความหนาแน่นพลังงานสูงสุด)

# การจัดการความร้อนในภูมิภาค เขตร้อน (Thermal Management)



**ความเสื่อมสภาพตามปฏิทิน (Calendar Aging):** การจอดรถตากแดด  
เมืองไทยขณะแบตเตอรี่ 100% เร่งให้เซลล์ NMC เสื่อมสภาพเร็วขึ้น LFP ทน  
ร้อนได้ดีกว่า แต่ระบบ BMS จะคำนวณ % ได้ยากขึ้นเมื่ออุณหภูมิผันผวน

80%

**ระดับพลังงาน:** เลี่ยงการชาร์จเต็ม 100% ค้างไว้สำหรับ  
NMC หากไม่เดินทางไกล รักษาระดับ 50-80% ดีที่สุด

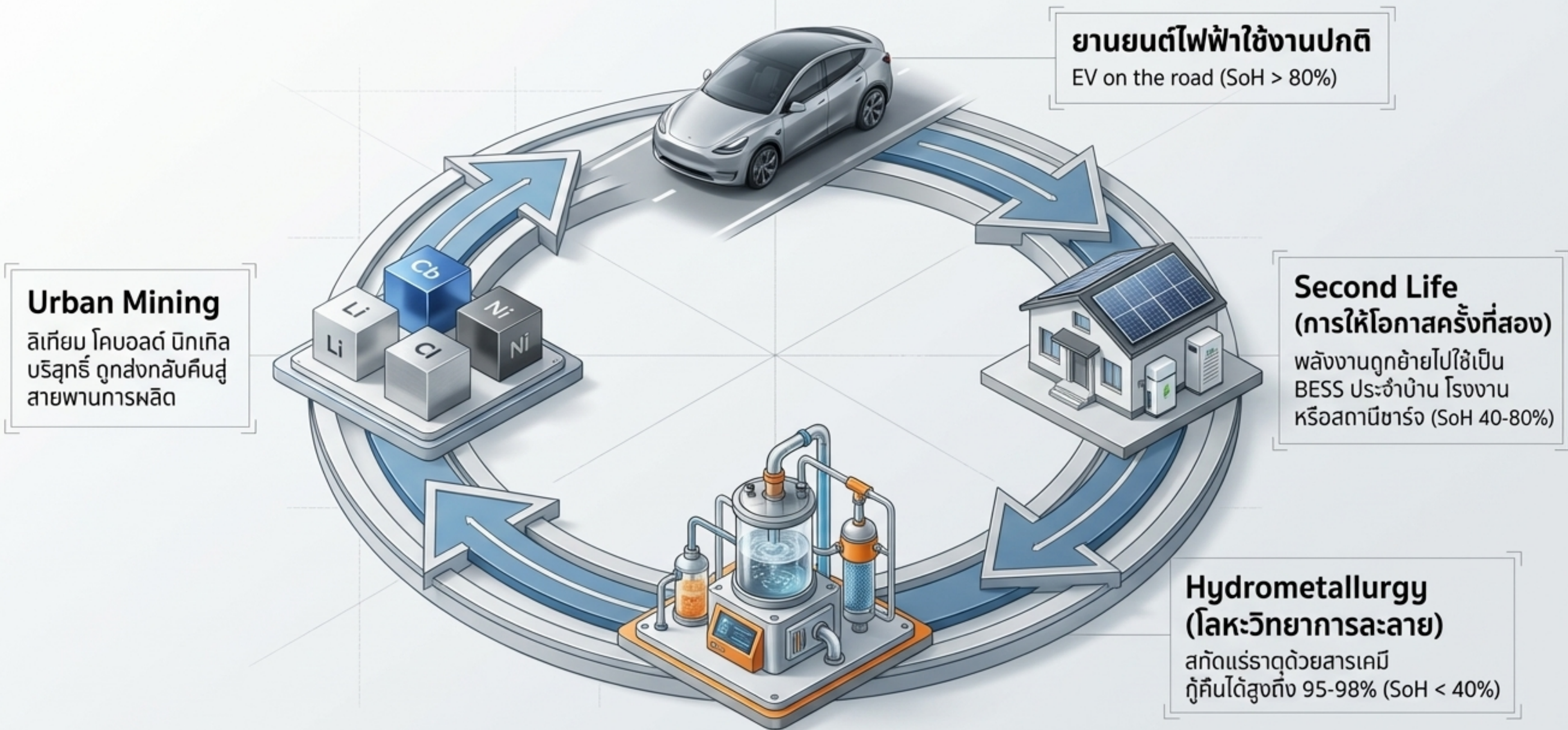


**ลดความร้อนสะสม:** แจ่มกระจก หรือเปิดแอร์ผ่านแอปฯ  
ช่วยลดความร้อนที่ส่งถึงแพ็คแบตเตอรี่

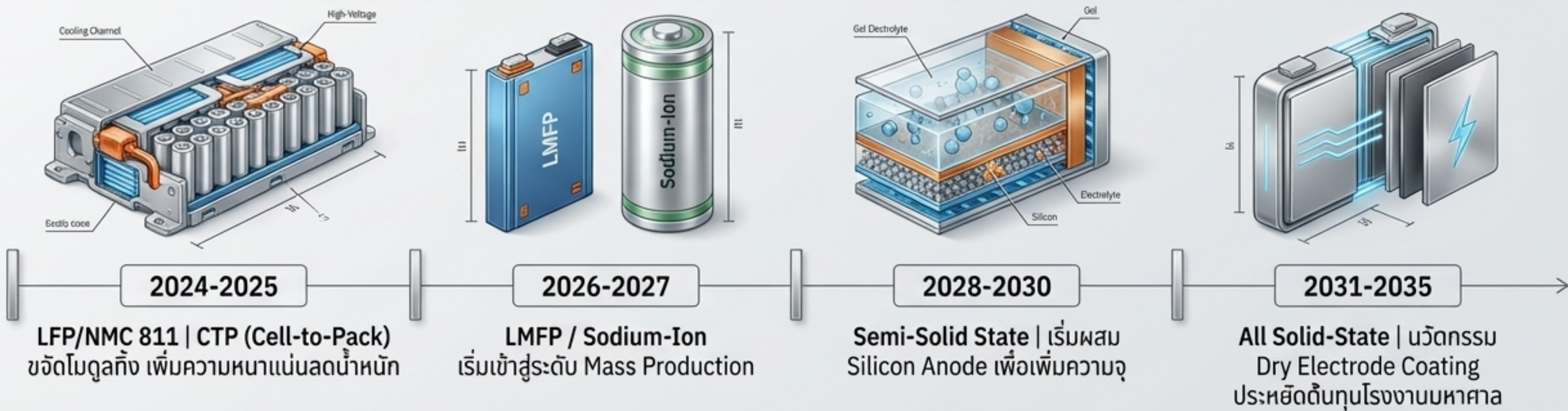
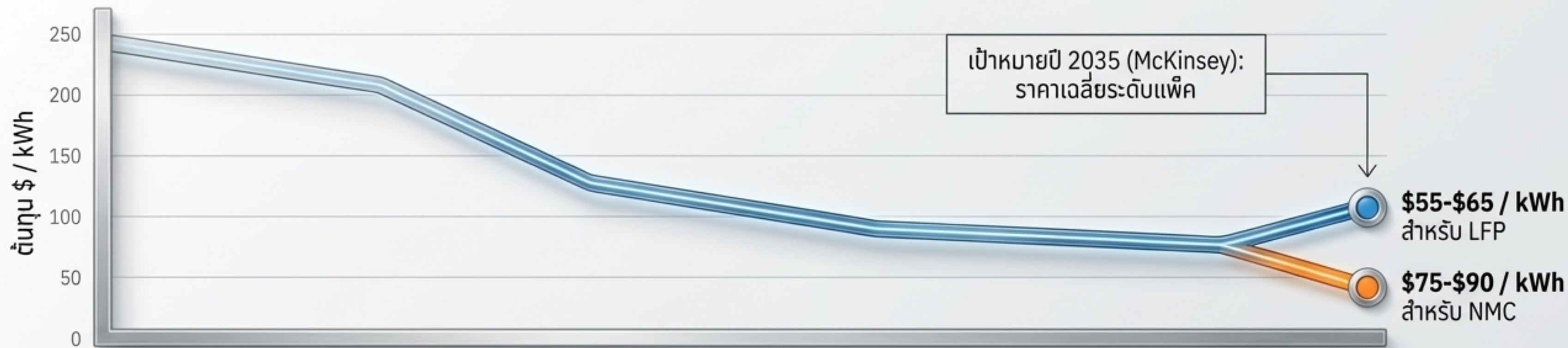


**หลังชาร์จด่วน:** หลีกเลี่ยงการเร่งกระชากทันทีหลังถอดปลั๊ก  
DC Fast Charge เนื่องจากแบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูง

# วงจรชีวิตแบตเตอรี่: จากบนถนนสู่ Urban Mining



# เศรษฐกิจศาสตร์แห่งอนาคต: นวัตกรรมการผลิตและเป้าหมาย 2035



# อนาคตคือระบบนิเวศเฉพาะทาง (Application-Specific Optimization)

**Tier 3: Premium / Performance**  
สปอร์ตหรูทางไกล ขับเคลื่อนด้วย NMC นิกเกิลสูง  
และก้าวสู่ Solid-State ในอนาคต

**Tier 2: Mainstream**  
รถครอบครัวระดับกลาง ขับเคลื่อนด้วย LMFP  
(ระยะทาง 500-700 กม. ในราคาเข้าถึงได้)

**Tier 1: Economy / City**  
รถยนต์ราคาประหยัด ขับเคลื่อนด้วย Sodium-ion  
และ LFP (เน้นต้นทุนต่ำ ปลอดภัยสุดขีด)

**Overcoming the Waiting Mindset :** ไม่จำเป็นต้องรอเทคโนโลยีขั้นสุดยอด  
แบตเตอรี่ LFP/NMC ปัจจุบันสุกงอมพอสำหรับการใช้งานจริง (รับประกัน 8 ปี / 160k กม.)  
พร้อมเครือข่ายซ่อมระดับเซลล์ที่รักษามูลค่ารถในไทยได้อย่างยั่งยืน.