

Battery Swapping Regulations and Standards in ASEAN

Nuwong Chollacoop* and Pimpa Limthongkul

National Energy Technology Center (ENTEC)

*nuwong.cho@entec.or.th

Global Electric Two- and Three- Wheeler Conference

United Nations Office, Bangkok, Thailand

9-12 October 2023

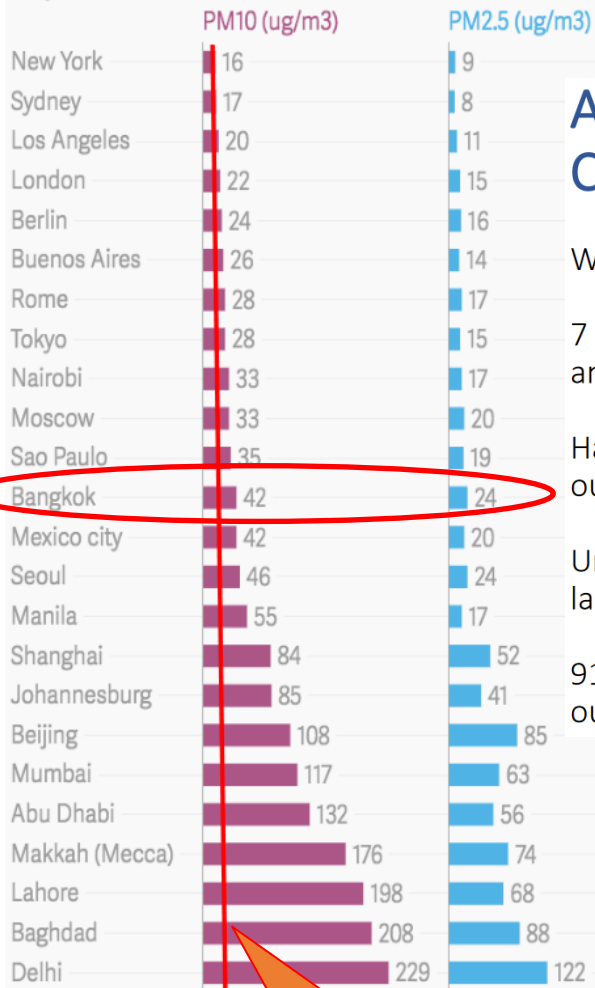
- Global drive for electric mobility esp. 2&3w for emerging countries
- Rationale for battery swapping standard
- Development in Thailand
 - Policy & Target
 - National standard drafting & updating
- Development in Indonesia
 - Policy & Target
 - Related projects
- Concluding remarks & Take-away messages

Transport Roles in Air Quality & Climate Change

“Transport and Air Quality”

“Urban air pollution (PM)”

Air pollution in cities around the world



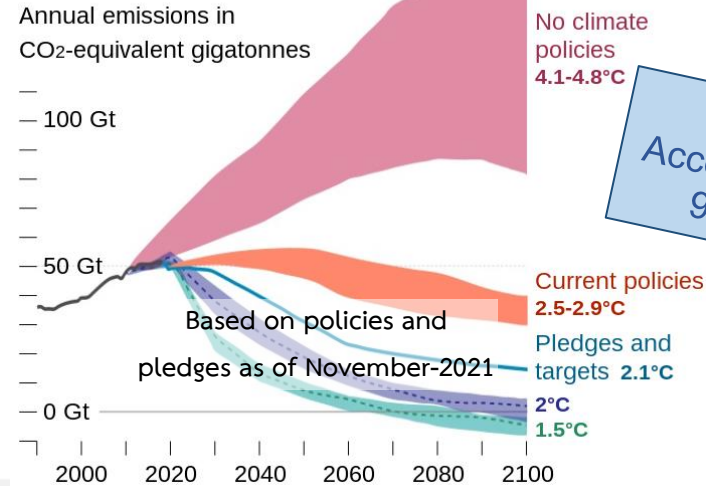
Air Quality a Global Challenge

WHO reports (2014/16/17)
 7 to 8 million premature deaths annually due to air pollution
 Half due to indoor and half due to outdoor air pollution
 Urban air pollution increased 8% in last 5 years
 91% of people in cities breath air outside WHO guidelines

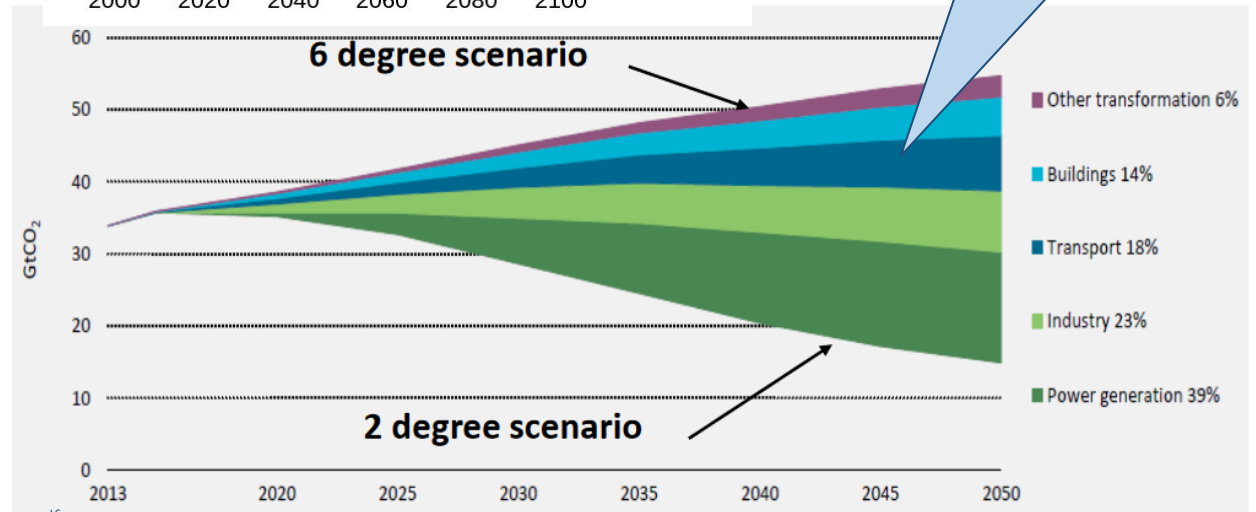
WHO safe level of 20 ug/m³ PM10

“Transport and Climate Change”

Global greenhouse gas emission pathways



Transport sector Account on 1/4 of energy related GHG 95% depends on fossil energy



<http://www.airqualityandmobility.org/PCFV/PDF/ElectricVehiclesProgramme.pdf>

Eric Fisk, Hannah Ritchie and Max Roser, 2017, retrieve from <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#future-emissions>

ETP2016 (IEA2016)

Three Vehicle Groups of UNEP's Target



2- Electric Buses

- Currently 4 projects
- Adding 5 additional projects in 2019
- Soot free busses projects in 20 cities
- Interest from cities in all regions



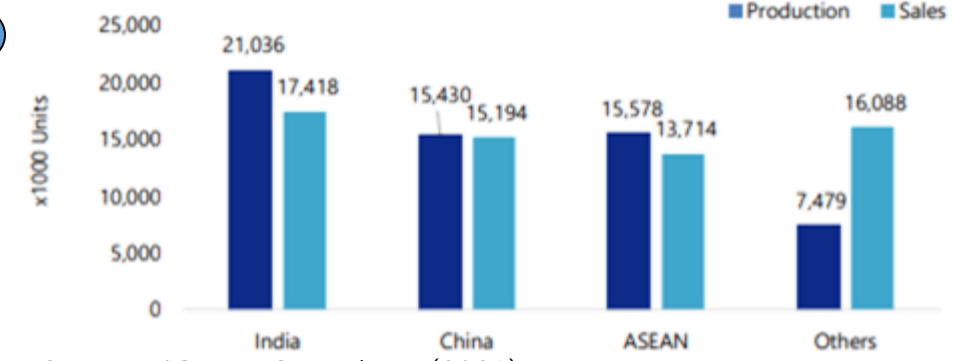
1- Electric 2&3 Wheelers

- Country and city projects to shift from petrol to electric motorcycles
- Projects ongoing in 8 countries
- "low hanging fruit" of electric mobility

Morocco (Marrakech)
Uganda (Kampala)
Kenya (Nairobi)
Rwanda (Kigali)
Ethiopia (Addis Ababa)
Vietnam (Hanoi)
Thailand (Bangkok)
Philippines (Pasig)

Mainstreaming Electric Mobility 2&3 Wheelers in Philippines, Thailand and Vietnam

Global motorcycle sale & production (2019)



Source: ABeam Consulting (2021)

Rationale:

- Electric scooters and motorbikes are already a competitive alternative
- Recharging infrastructure is much less of an issue

Focus:

- Asia and Africa – both regions account for 95 % of motorcycle sales
- Scooters and motorcycles between up to 250 ccm – make up 90% of the market

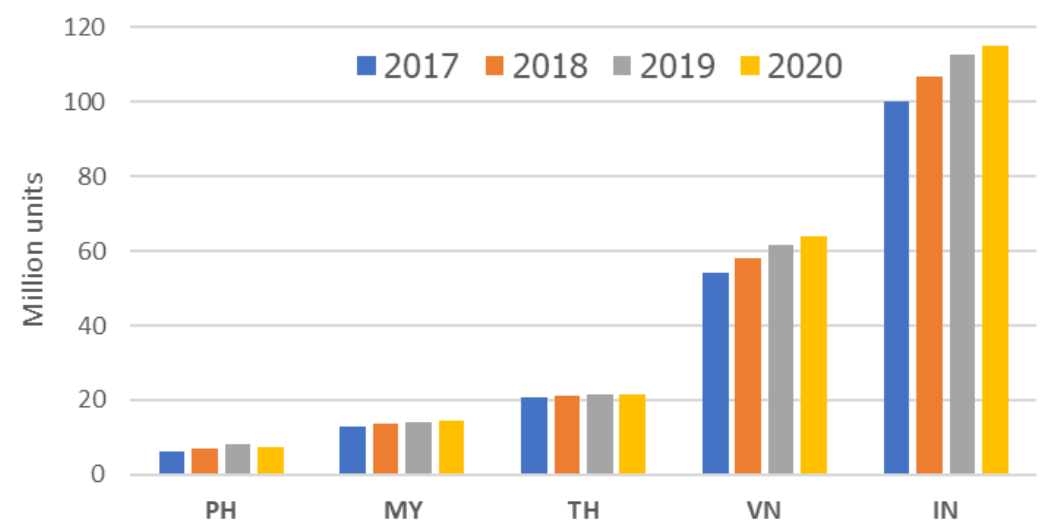


3- National Policies for Electric Light-Duty Vehicles

- Integrating electric vehicles in fuel economy baseline development and in review of policies
- Including favorable taxation policies for electric vehicles and providing other incentives

Nepal	El Salvador
Chile	Botswana
Zambia	Togo
Malawi	Colombia
Rwanda	Panama
Malaysia	Moldova
Guatemala	Macedonia
Belize	Ghana
Brazil	Mozambique
Paraguay	Ivory Coast
Uruguay	Mauritius
Peru	Ukraine
Jamaica	Sri Lanka
Costa Rica	Philippines
Dominican Republic	Uganda
Honduras	India
Argentina	Bangladesh
	Kazakhstan

No. of Registered 2-wheelers in Major ASEAN Countries



Source: FRIA (2022)

Rationale for Battery Swapping Standard

- Why swapping?
 - Can reduce charging time during daily usage
 - Can integrate with Battery-as-a-Service (BaaS) model for affordable monthly subscription fee to reduce upfront investment for e2w owner
 - Can improve battery life with proper handling by professionals
 - Can help reduce impact on grid and accommodate renewable electricity
- Why standard?
 - Can reduce expensive charging infrastructure investment (from both government and industry) for common interoperability
 - Can aggregate enough demand on e2w battery for industrial investment
 - Can guide e2w industry for faster development

- Global drive for electric mobility esp. 2&3w for emerging countries
- Rationale for battery swapping standard
- Development in Thailand
 - Policy & Target
 - National standard drafting & updating
- Development in Indonesia
 - Policy & Target
 - Related projects
- Concluding remarks & Take-away messages

EV Target in Thailand from 30@30 Policy

- 30% of vehicle production in 2030 is EV



In 2030, e2w production are 675,000 units

In 2030, e2w battery swapping stations are 1,400 stations



Target	Types of Veicles	2025	2030	2035
Use	Cars/pickup trucks	402,000	2,050,000	6,400,000
	Motorbikes	622,000	3,200,000	8,750,000
	Buses/trucks	31,000	160,000	430,000
	Total	1,055,000	5,410,000	15,580,000
Production	Cars/pickup trucks	400,000	2,935,000	8,625,000
	Motorbikes	620,000	3,133,000	9,330,000
	Buses/trucks	31,000	156,000	458,000
	Total	1,051,000	6,224,000	18,413,000

Source: Industry Ministry

BANGKOK POST GRAPHICS

Popularity and Acceptability of electric 2 wheelers



- UNEP electric mobility project in Thailand [implemented by ENTEC] receive 50 e2w donation from TAILG for 1st and last mile mobility

<https://lifeandsciencenews.com/?p=23467>

- National Grid [EGAT: Electricity Generating Authority of Thailand] launches “Electric motorbike Taxis and Boats” to support public transportation connection of road, rail and water.

<https://www.egat.co.th/en/news-announcement/news-release/egat-launches-electric-motorbike-taxi-and-boats-to-support-public-transportation-connection-of-wheels-rails-and-boats>



- Delivery Service Provider [DHL Express Thailand] demonstrates 50 e2w to delivery fleet.

<https://lot.dhl.com/electric-motorcycles-powered-up-for-deliveries-in-thailand/>



- One of National Oil Company [Bangchak] demonstrates e2w taxi with battery swapping option for 150-kilometer trip.

<https://www.bangchak.co.th/en/newsroom/bangchak-news/575/bangchak-launches-startup-winnie-debt-free-motorcycle-taxi-stand-deploys-green-innovation-in-raising-taxi-motorcyclists-quality-of-life>

Voluntary National Standard on e2w Battery Swapping (TISI3316-2564)



Title: Electric Mopeds and Motorcycles - Removable Rechargeable Electrical Energy Storage System



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
THAI INDUSTRIAL STANDARD
มอก. 3316-2564

คณะกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 47/5 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	
ประธานคณะกรรมการ นายไชยวัฒน์ อรุณ	ผู้อำนวยการกองรถจักรยานยนต์
อนุกรรมการ นายศักดิ์ชัย เตชะเจริญ ดร.ณัฐกร ชัยสิทธิ์	ผู้อำนวยการกองรถจักรยานยนต์ ผู้แทนศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
นายสิริสิทธิ์ เสงี่ยมวัฒน์ นายณรงค์พัฒน์ วัฒนโชติธรรม	ผู้แทนสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
นายวรวุฒิ สุขสมบุญ ผอ.ส่วนผลิตจากยานพาหนะ นางสาวณัฏฐา มีศรี	ผู้แทนสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
นายวราวุธ สุจินัท นายสุเมธวิทย์ หนูเดช นายวิภาสกร มีศรี	ผู้แทนกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
นายณัฐพงศ์ ปรากฏ นายสุเมธวิทย์ หนูเดช นายวิภาสกร มีศรี	ผู้แทนการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
นายสุเมธวิทย์ หนูเดช นายวิภาสกร มีศรี	ผู้แทนการไฟฟ้าส่วนหลวง
นางสาวกรรณิการ์ ชื่นชื่นวัฒนา นางอุบลทิพย์ หง อติกลาง	ผู้แทนการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
นายสุวัฒน์ มีสุข นายณนต กาจจุสมแก้ว	ผู้แทนบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)
นางสาวศิริพร ขาวบงกช นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนและอะไหล่ยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายสุวัฒน์ มีสุข นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนผู้ประกอบการยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นางสาววิภาสกร มีศรี นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนสมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ไทย
นายสุวัฒน์ มีสุข นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย
นายสุวัฒน์ มีสุข นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนสมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ไทย
นายสุวัฒน์ มีสุข นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนสมาคมการค้าผู้ผลิตและจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าไทย
นายสุวัฒน์ มีสุข นายสุวัฒน์ มีสุข	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

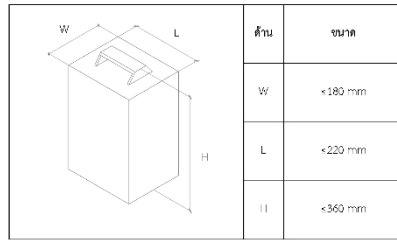
มอก. 3316-2564

3. แบบชนิด

- 3.1 แบตเตอรี่สามารถถอดประกอบลงกับไฟฟ้าเดิน 3 แบริ่ง คือ
 - 3.1.1 แบบ 48 V
 - 3.1.2 แบบ 60 V
 - 3.1.3 แบบ 72 V
- 4.1 ขนาดและมิติของแบตเตอรี่
 - ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1
 - การวัดให้ใช้วิธีการวัด 7.1.2
 - หมายเหตุ ขนาด มิติของแบตเตอรี่ขึ้นกับจำนวนเซลล์

Voltage range: 48, 60, 72V

ตารางที่ 1 ขนาดและมิติของแบตเตอรี่ (ข้อ 4.1)



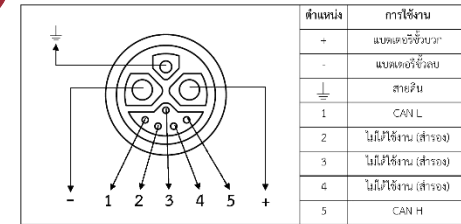
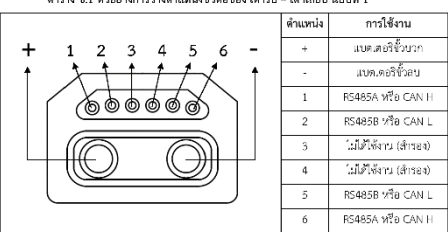
Dimension of swappable battery



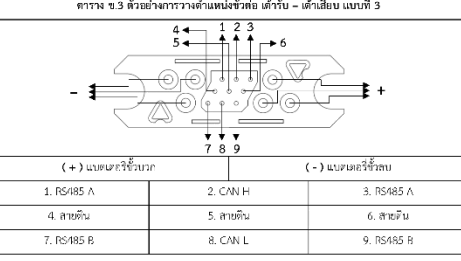
มอก. 3316-2564

Recommended connectors with CANBUS or RS485 communication

- ภาคผนวก ข.
(ข้อแนะนำ)
ตัวรับ - ตัวเสียบ สำหรับสื่อสารกับแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (ข้อ 5.1.3)
- ข.1 ที่ทั่วไป
ตัวรับ - ตัวเสียบ ควรนำค่าที่ทำการสื่อสาร ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการสื่อสาร เช่น CANBUS หรือ RS485
- ข.2 ตัวอย่างตัวรับ - ตัวเสียบ แบบที่ 1
- ข.2.1 ประกอบไปด้วยสายสำหรับ รับ - ส่ง กระแสไฟฟ้า จำนวน 2 ขา และสายสำหรับสื่อสาร จำนวน 6 ขา การวางตำแหน่งสายสำหรับ รับ - ส่ง กระแสไฟฟ้า และสายสำหรับสื่อสาร เป็นไปตามตารางที่ ข.1
- หมายเหตุ ตัวรับ - ตัวเสียบแบบที่ 1 โดยทั่วไปใช้กับแบตเตอรี่ 11.4V 24 pin



- ข.4 ตัวอย่างตัวรับ - ตัวเสียบ แบบที่ 3
- ข.4.1 ประกอบไปด้วยสายสำหรับ รับ - ส่ง กระแสไฟฟ้า จำนวน 6 ขา สายดิน 3 ขา และสายสำหรับสื่อสาร จำนวน 6 ขา การวางตำแหน่งสายสำหรับ รับ - ส่ง กระแสไฟฟ้า และสายสำหรับสื่อสาร เป็นไปตามตารางที่ ข.3
- หมายเหตุ ตัวรับ - ตัวเสียบแบบที่ 3 โดยทั่วไปใช้กับแบตเตอรี่ Power-in-one 9S+6P Driver Connector



โมเพดไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า –
ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่สามารถถอดประจุซ้ำ
และถอดออกได้
ELECTRIC MOPEDS AND MOTORCYCLES - REMOVABLE RECHARGEABLE
ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEM

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ICS 03.220.20; 35.240.00 ISBN 978-616-580-492-9

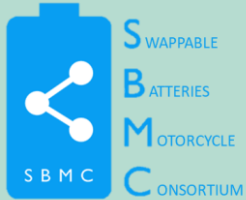
นายสุวัฒน์ หนูเดช

This voluntary standard issued in 2021 to serve as general guideline for further refinement

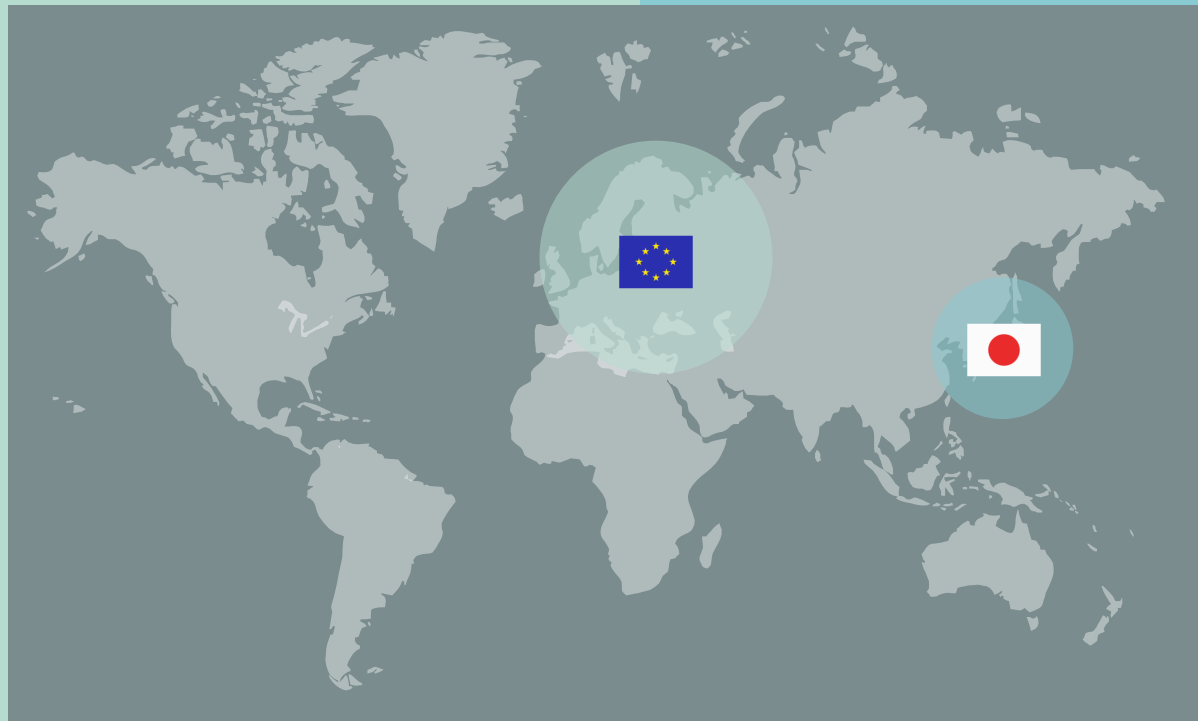
Existing e2w Battery Swapping Consortium

Swappable Batteries Motorcycle Consortium

e-yam OSAKA project



- Collaboration between Japanese and Europe MC companies
- Aim to establish battery swapping standard in Europe



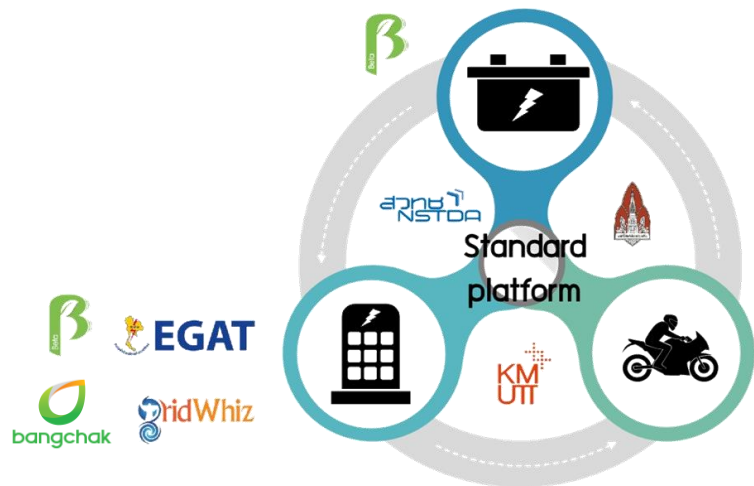
- Collaboration project among Japanese MC companies
- Testing battery swapping for 20 e2w within Osaka University

Thailand common platform



Thailand Battery Swapping Platform (2021-23)

Participating Parties



Co-Funded by PMUC and Participating Companies

Project Scope



Scope I: Technical Specification on Platform (battery pack, motorcycle, Charging station & IOT, ฯลฯ)

- Create general requirement
- Create scope of covered common pack
- Public hearing



OUTPUT BATTERY PACK PLATFORM RECOMMENDATION

Scope II: Prototype development & Field Testing

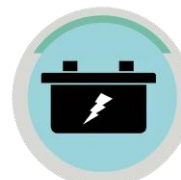
- Prototype development (pack, motorcycle and charging station) according to scope I
- 3 activities
 1. Project scope and detailed prod. spec
 2. Prototype dev. & Testing
 3. Field test

STD. BATTERY PACK – REQUIREMENT SET

- Standard pack (for prototype) requirement - Finished

Number of pack	2 packs (parallel)
Pack nominal voltage	72 V (48V - 84V)
Minimum pack energy	> 1.5 kWh (for 1 pack)
Continuous discharge power	> 1.0 kW (for 1 pack)
Max discharge power	> 3.75 kW (for 1 pack)
Maximum pack weight	Preferably < 9.5 kg
Max width, length, height	150, 185, 345 mm
Communication type	CAN

Prototype: Expected



BATTERY PACK

80 packs



MOTORCYCLE

2 models - 20 units



SWAPPING STATION

4 stations



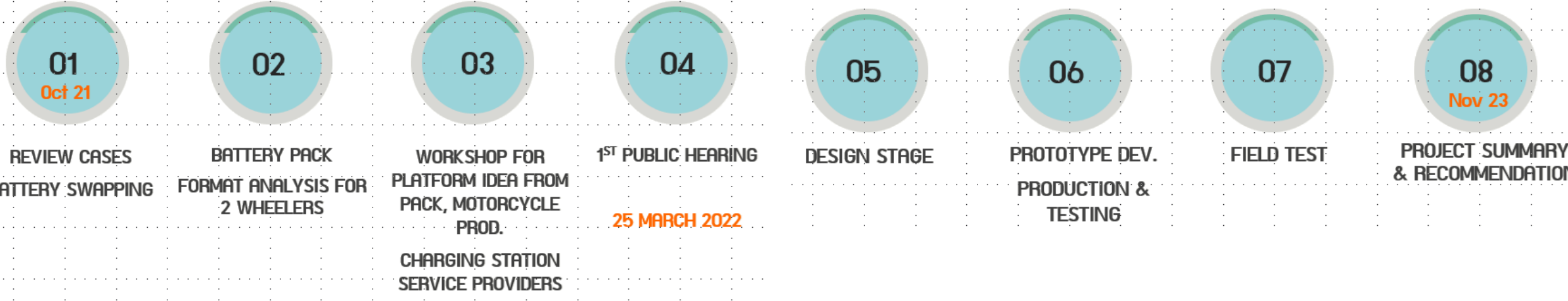
THANK YOU 😊



FOLLOW US VIA

email: battery.swap.pmu@gmail.com
 website: www.batteryswapping.in.th

Methodology for Refining National Standard



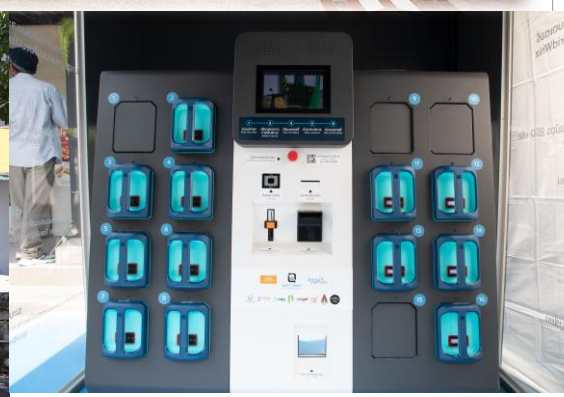
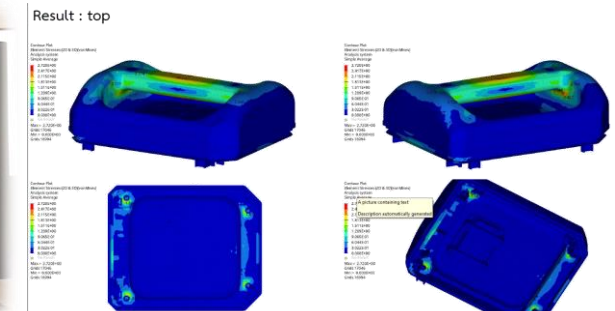
10:30 - 10:50 น. พิธีมอบ

ณ โรงแรม เดอะ สุกอสล กรุงเทพฯ
(The Sukosol Hotel Bangkok)

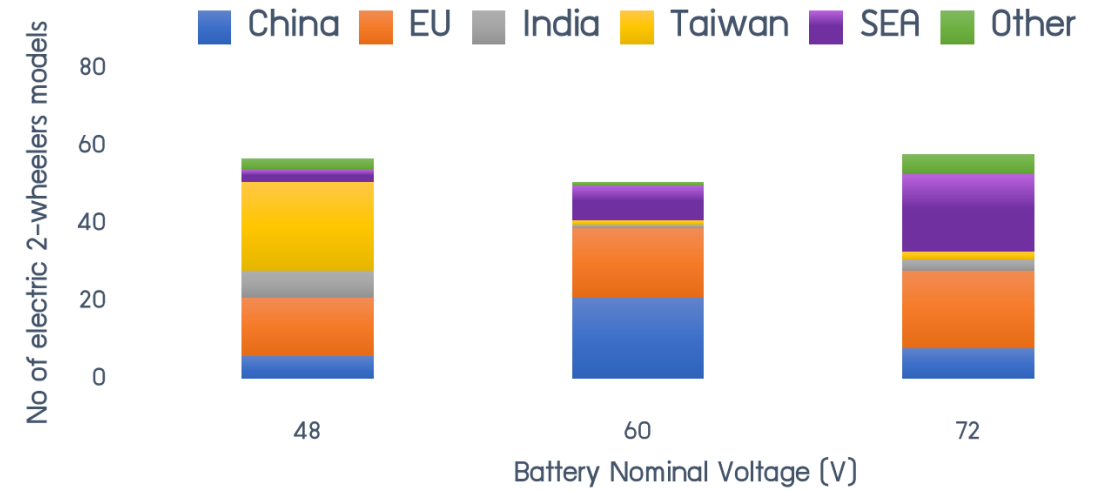
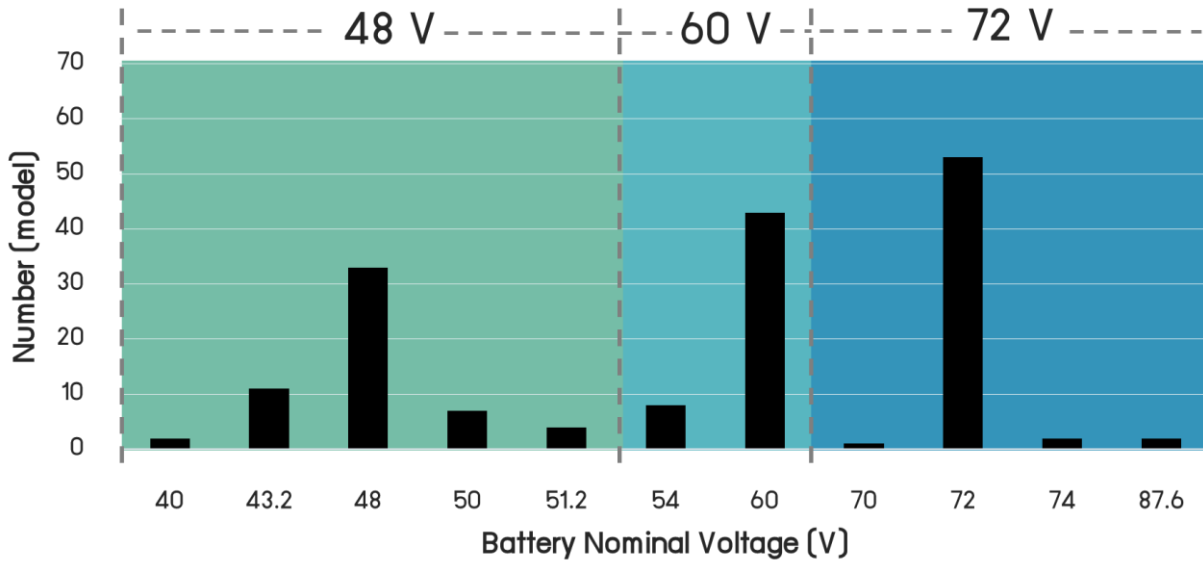
25 มีนาคม 2565

รับจำนวนจำกัด
80 ท่าน

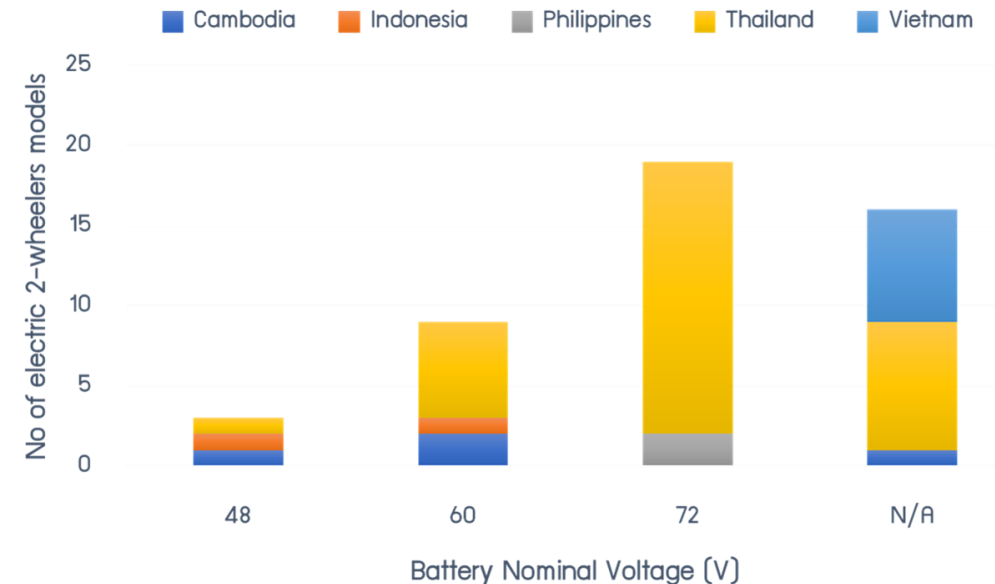
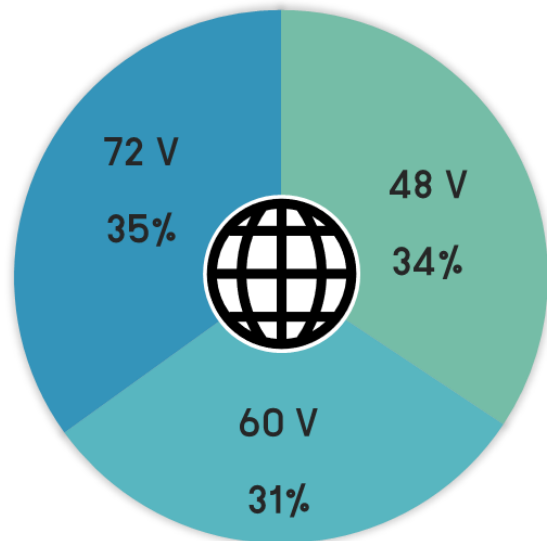
สงวนลิขสิทธิ์เป็นของตนเอง ทางสถาบันฯ ขอสงวน
โทรศัพท์ 09 8246 5858
ในกรณีติดต่อ panida.mua@entec.or.th



Global Survey from 208 e2w Models: Voltage



- EU: 48 V, 60 V and 72 V
- Taiwan: 48 V
- China: 60 V
- India: varied



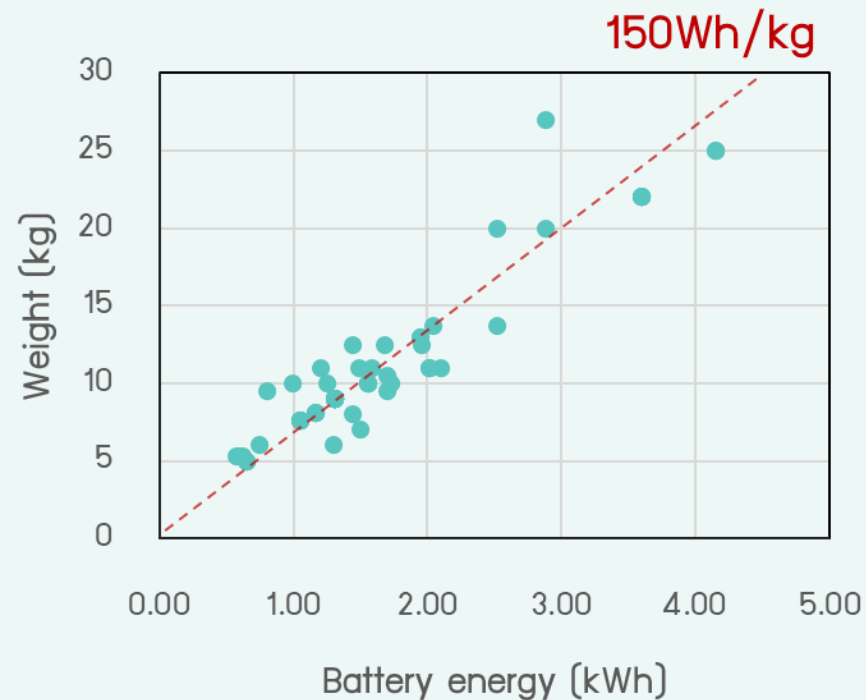
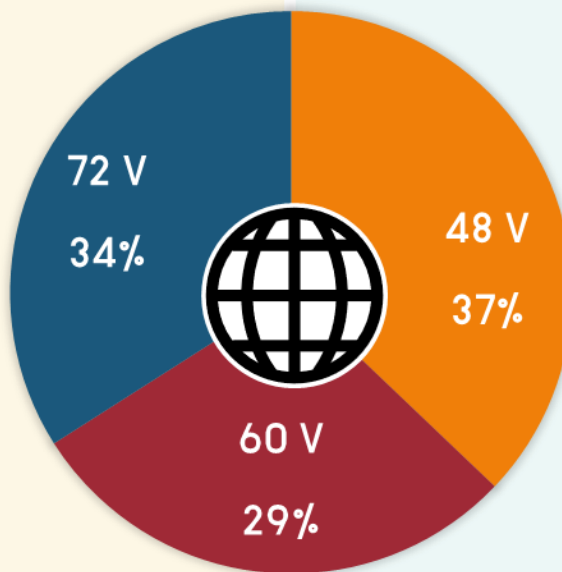
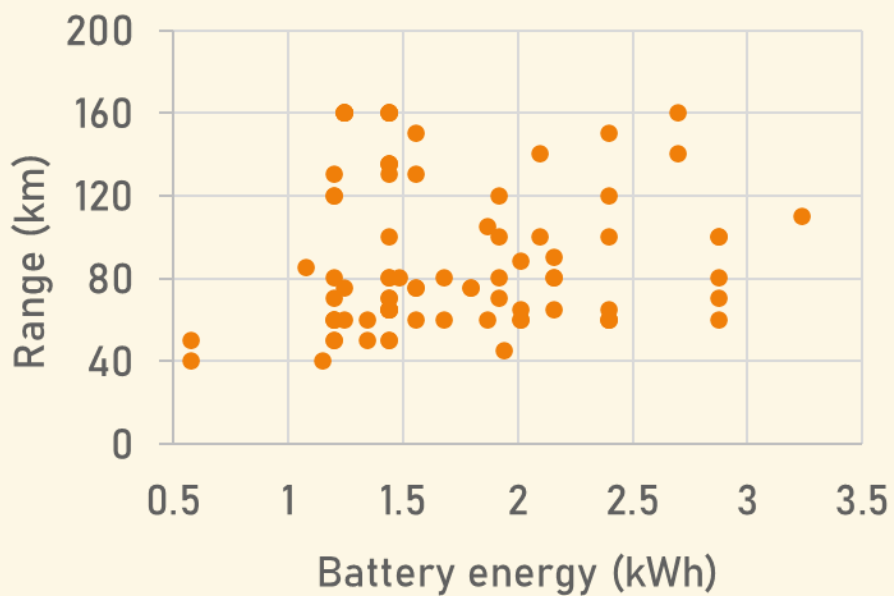
Global Survey from 90 Swappable Batteries for e2w



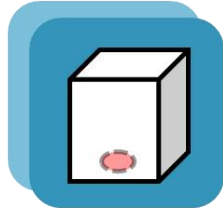
Distance of motorcycle



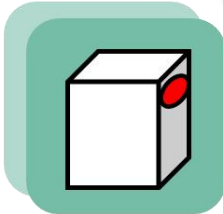
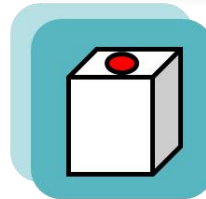
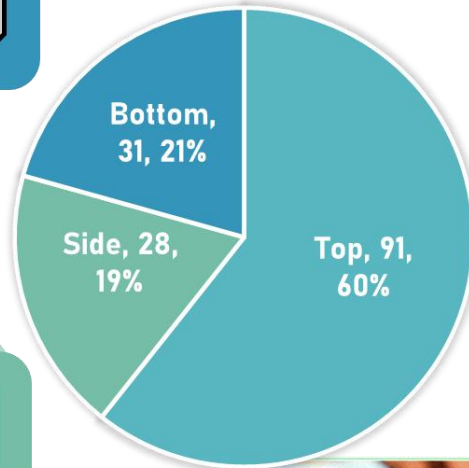
Weight of Battery Pack



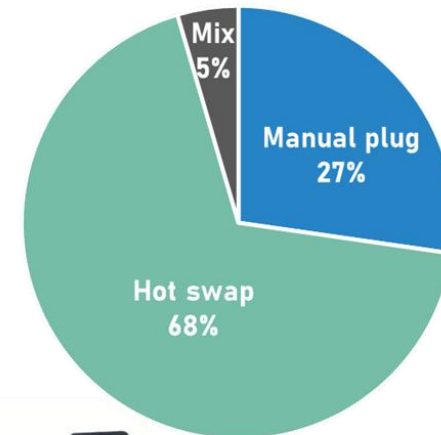
Global Survey on connectors



Total 141 models



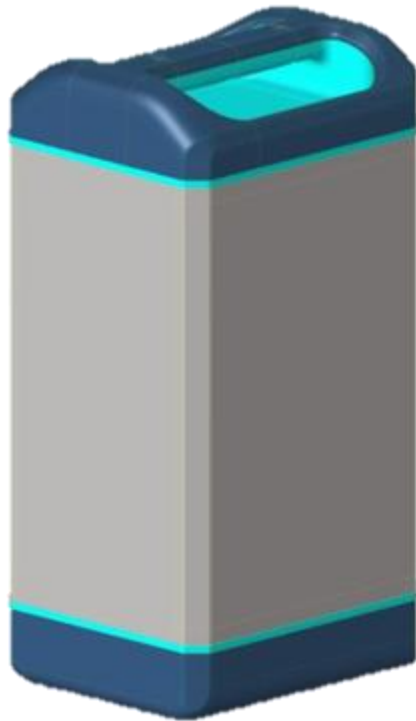
Use in conjunction with Swapping Cabinets



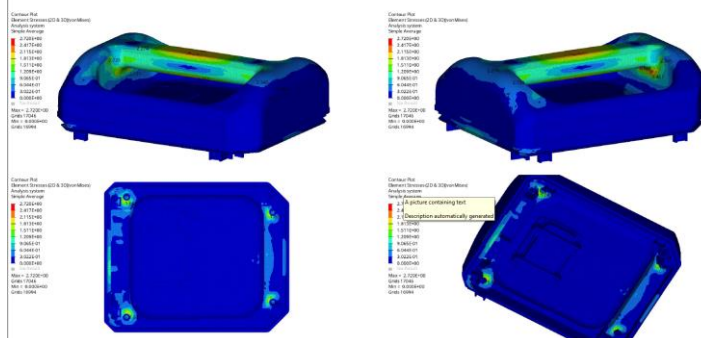
Total 22 models



Prototype of Battery for Demonstration Testing



Result : top



Item	Specification
Overall system	
Dimension W x L x H (mm)	145 x 180 x 340
Total Weight	TBD
Storage temperature	0-35°C
Operating temperature	Charge: 0-45°C, Discharge: -20-60°C
1. Battery packs	
total number of cell	140
number of cell in series	20
number of cell in parallel	7
Cell specifications	HDCNR18650-2600-3.6V 2.6Ah
Connection	2 modules 7P10S in series (7P10S*2)
pack capacity (Ah)	18.2
pack nominal voltage (V)	72
pack minimum voltage (V)	55
pack maximum voltage (V)	84
pack Energy (kWh)	1.31
Normal discharging current (A)	18.2A (1C)
max cont. discharge current (A)	54.6A (3C)
max pulse discharge current (A), 20 seconds	72A (@ 20-100% SOC), 120 A (@40-100%C)
Normal charging current (A)	9.1A (C/2)
Max charging current (A)	18.2A (1C)
total cells weight (kg)	6.44
2. BMS	
Maximum continuous current	Discharge 150A / Charge 75A
Connections	1 Centralized system
Cell balancing method	Passive
Cell balancing current	30 +/-5 mA @ cell voltage >3.8V
Cell balancing guarantee voltage	$\Delta V_{cell} \leq 50 \text{ mV}$
Rated supply voltage	No (user energy from battery pack)

- Global drive for electric mobility esp. 2&3w for emerging countries
- Rationale for battery swapping standard
- Development in Thailand
 - Policy & Target
 - National standard drafting & updating
- Development in Indonesia
 - Policy & Target
 - Related projects
- Concluding remarks & Take-away messages

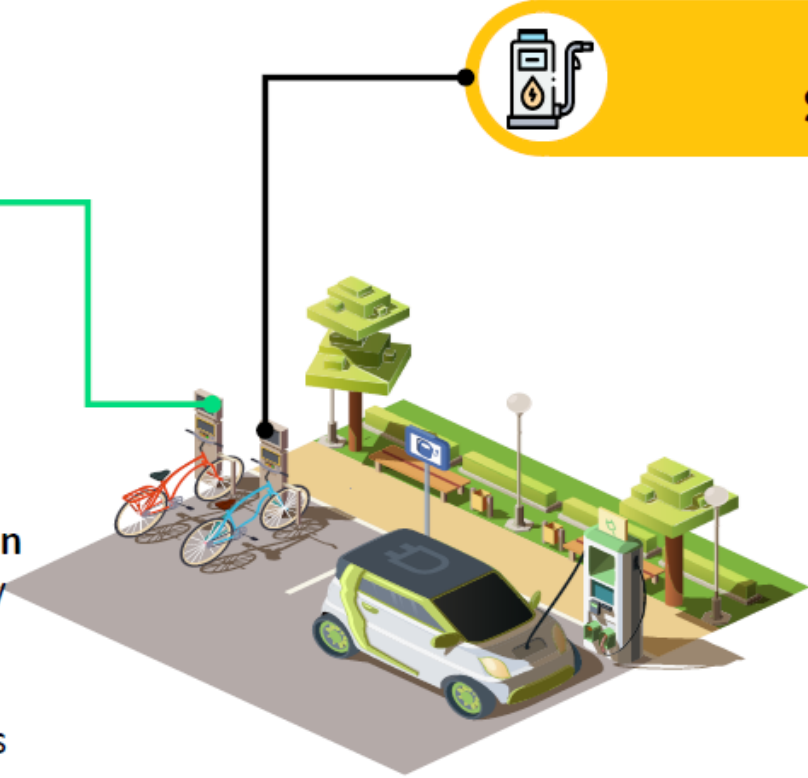
MEMR REGULATION 1/2023 ON PROVISION OF EV CHARGING STATION (EVCS) INFRASTRUCTURE

STANDARD & SAFETY

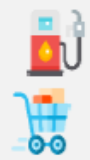


- EVCS must comply to Electricity Safety Standards;
- EVCS' Certificate of Operation Worthiness (SLO) is issued by Technical Inspection Agency;
- EVCS' standards conformity is issued by Product Certification Agency (BSN and MEMR).

- EV Charging Station;
- Battery Swap Station.



ELECTRICITY STIPULATION



Gas Stations



Office Complex



Dept. Store



Parking Area

- Public Use Electricity Provision Business License (IUPTLU) and Business Area;
- State Owned Energy Company or Private Company;
- First assignment is assigned to PLN;
- PLN can cooperate with another State-Owned Company or Private Sector.



Tariff¹⁾

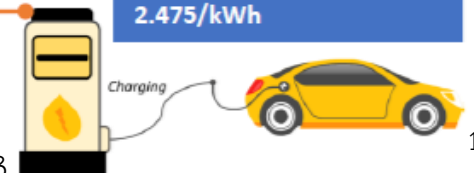
Tariff: Bulk Tariff x Q, where
 $Q = 1,01^{2)}$
 Bulk Tariff:
 Rp707/kWh x 1,01 = Rp
 714,07/kWh

Battery Lease Cost: Charging Cost + Swap Station Investment



Tariff:
 Special Purpose Tariff x N,
 Where $N = 1,5^{2)}$
 Special Purpose Tariff:
 Rp 1.650/kWh x 1,5 = Rp
 2.475/kWh

1) MEMR Regulation Number 28 Year 2016
 2) Q and N values are set by PLN



Battery-Based EVs (KBLBB) Programs

DEVELOPMENT ROADMAP (2030)

Energy savings up to **29.79 MBOE**
 Total GHG emission reductions up to **7,23 Million ton CO₂e**

Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral

Uji Jalan Motor Listrik (Hasil Modifikasi Motor Bensin)

- Kecepatan rata-rata = 30km/jam
- Lama uji jalan = ±15 menit
- Kondisi jalan = naik-turun-rata
- Beban motor = 1 pengendara (65kg)
- Baterai 100% = 84V
- Baterai Cut-off A Battery = 69V
- = 15V

TWO-WHEELERS
13 million unit
67.000 SPBKLU*
 SPBKLU: General Electric Vehicle Battery Exchange Station



FOUR-WHEELERS/More
2 Million unit
32.000 SPKLU*
 SPKLU: General Electric Vehicle Charging Station



KBLBB will be used as a delegation vehicle at the G20 summit

TOTAL SPKLU & SPBKLU

As of March 2022, 307 units of SPKLU have been built in 264 locations and 364 units of SPBKLU in >100 locations.



ELECTRICITY RATES

Rates:
 Bulk Electricity Rates x Q,
 where
 $0,8 \leq Q \leq 2$
 Bulk Electricity Rates:
 Rp707/kWh

Battery rental fee:
 Refill fee + SPBKLU investment



Rates:
 Special service Electricity Rates x N, where $N \leq 1,5$
 Special service Electricity Services: Rp1.650/kWh



(Ministry Decree of MEMR No. 28 year of 2016 regarding Electricity rates provided by PT PLN (Persero))

e2w Conversion Program

MEMR Minister, on October 7th, 2021:

“MEMR is the catalyst for creating a Supply-Demand ecosystem that supports converted electric motorcycles, especially for small and medium scaled workshops in achieving national targets”



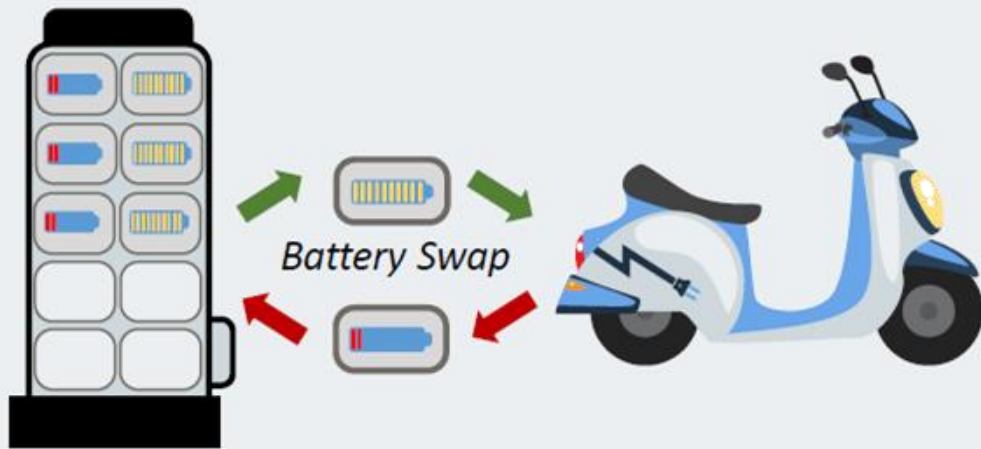
Benefits:

- Fuel savings = 1 litre/day/unit x 6 mil. = 12.8 mil. barrel/yr
- CO₂ reduction = 1.9 kg/day/unit x 6 mil. = 3.87 mil. tons/yr
- Electricity cons. = 1.2 kWh/day/unit x 6 mil. = 2.4 TWh/yr

Multiplier effect for the economy IDR 12-15 mil./unit.

For 6 millions unit, the effect will reach IDR 72 - 90 trillion (in 5 years)

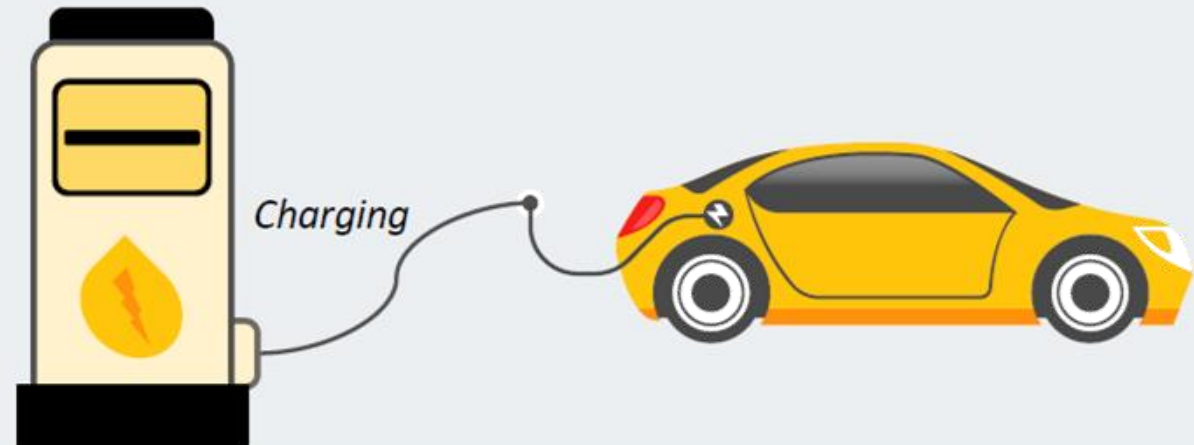
BATTERY SWAP STATION (SPBKLU)



Battery Swap Station Business License:

- ✓ Business Registration Number (NIB); dan
- ✓ Ratification of the Establishment of a Business Entity

EV CHARGING STATION (SPKLU)



EVCS Business License:

- ✓ Integrated Electricity Provision Business License for Public Use (IUPTLU); or
- ✓ Electricity Provision Business License for Public Use (IUPTLU)-Sales.

- 1 For the first time, the provision of EVCS for Battery EV is carried out through **an assignment to PT PLN (Persero)**
- 2 In carrying out assignments, PT PLN (Persero) may cooperate with State-Owned Company and / or other business entities.

EV UNITS AND ITS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

1. Number of EV (Unit)

(status December 2022)

Passenger Car	3 Wheel Vehicle	Motorcycle	Bus	Box Car	Total
9.636	288	28.808	74	6	38.812

2. Motorcycle Conversion Program Data (unit)

(status September 8th 2022)

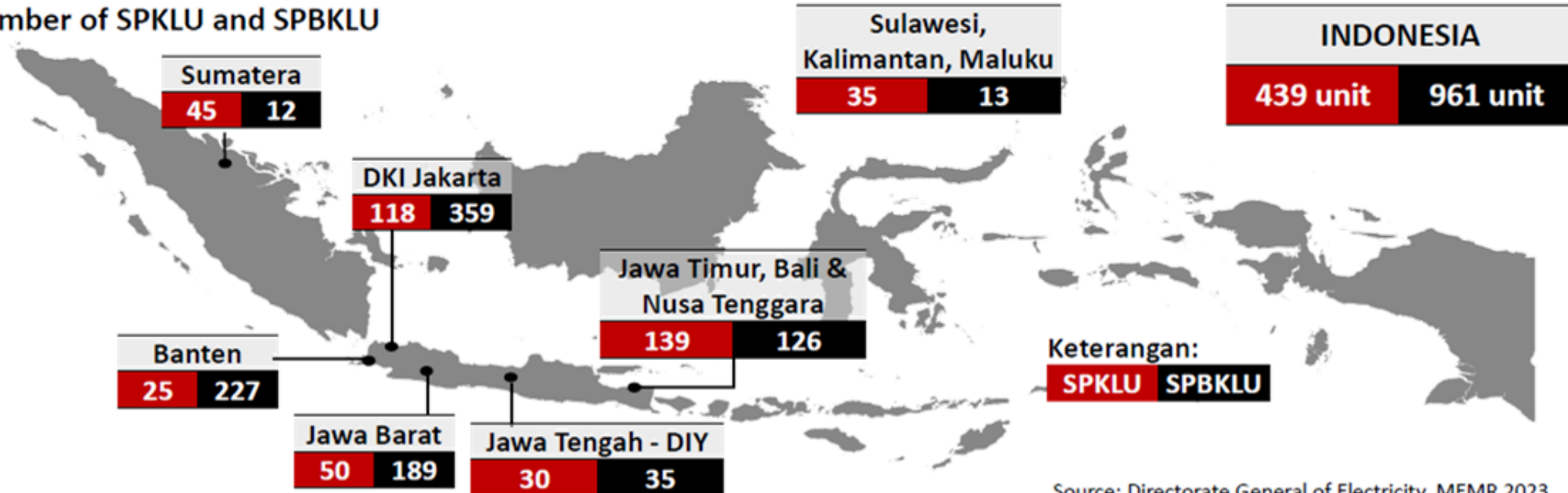
NUMBER of SPU	TEST RESUME	DRAFT PROCESS	APPROVED	SUT	SRUT
123	109	0	1	108	108

Information:

- KBLBB = Electric Vehicle
- SUT = Type Test Certificate
- SRUT = Type Test Registration Certificate
- SPKLU = EVCS
- SPBKLU = BSS

Source: Ministry of Transportation

3. Number of SPKLU and SPBKLU

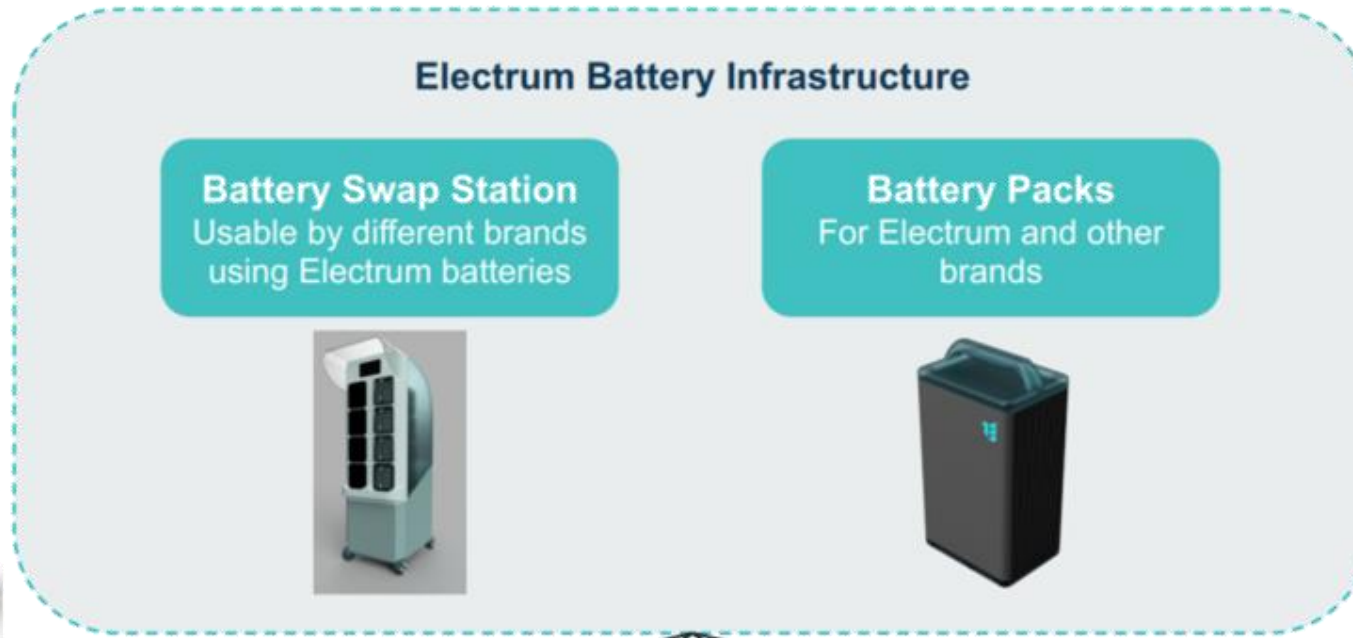


Source: Directorate General of Electricity, MEMR 2023

Battery Swapping Platform



electrum



- Global drive for electric mobility esp. 2&3w for emerging countries
- Rationale for battery swapping standard
- Development in Thailand
 - Policy & Target
 - National standard drafting & updating
- Development in Indonesia
 - Policy & Target
 - Related projects
- Concluding remarks & Take-away messages

- Despite obvious benefits from battery swapping harmonization, mandatory national or regional **standard does NOT exist** (only large market-shared industrial standard)
- For countries with existing large number of e2w, hard to propose national standard due to current dominating player. However, there might be room for **emerging countries** with small fraction of e2w
- What can be realistically achieved with **battery swapping standard** and how to overcome **challenges**?
- ASEAN, e.g. Thailand and Indonesia, can provide best practice and lesson learned for other **emerging countries**

Take-away Messages

- First, **identify merit** for national or regional battery swapping standard
- If yes, can follow Thailand process of formulating national standard
 - **Survey on 2w usage** in terms of required performance (power, speed, distance per swap) under constraints (battery cost, weight) with related stakeholders (consortium established if needed)
 - **Design technical specs**: voltage, battery (chemistry/capacity/size/weight/charging cycles/location in e2w), connector (type/location on battery)
 - Prototype testing to get **consensus from related stakeholders/consortium** (including industrial standard governmental organization) over time
- **Points to consider** for battery swapping standard
 - Industrial acceptance, competition
 - How to justify “right” choice? Impact of fixed standard on e2w tech development & design?
 - Sensitivity analysis on battery price (still make sense to swap?)