

Analýza degradace trakčních akumulátorů u ojetých elektrických vozidel v Česku, na Slovensku a v Polsku



Mgr. Robert Zůvala
výzkumný pracovník
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.



Ing. Lukáš Kadula, MBA
výzkumný pracovník
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.



Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy, Ph.D.
výzkumný pracovník
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.



Ing. Jan Dedek, Ph.D.
Group EV technology expert
AURES Holdings a.s.

DOI:10.64720SO.2026.07.RZ01

Rozvoj elektromobility zvyšuje potřebu objektivního hodnocení technického stavu trakčních akumulátorů, které zpravidla představují nejdražší komponentu elektrických vozidel. Zatímco u nových vozidel je stav trakčního akumulátoru obvykle bezproblémový a krytý zárukou výrobce, na trhu ojetých vozidel se informace o jeho degradaci stávají významným faktorem ovlivňujícím hodnotu vozidla i rozhodování kupujících. Cílem článku je analyzovat stav trakčních akumulátorů bateriových elektrických vozidel (BEV) a plug-in hybridních vozidel (PHEV) na trhu ojetých vozidel v Česku, na Slovensku a v Polsku a identifikovat hlavní faktory ovlivňující jejich degradaci.

Analýza vychází z dat společnosti AURES Holdings a.s. a zahrnuje více než tři tisíce vozidel, u nichž byl hodnocen parametr State of Health (SoH) vypočítaný prostřednictvím nezávislé diagnostiky Aviloo. Výsledky ukazují, že nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím stav trakčního akumulátoru je stáří vozidla, následované počtem ujetých kilometrů. Současně byla zjištěna odlišná dynamika degradace u vozidel BEV a PHEV.

Výsledky naznačují, že skutečná degradace trakčních akumulátorů ojetých elektrických vozidel je ve většině případů nižší, než veřejnost obvykle předpokládá. Současně potvrzují význam nezávislé diagnostiky akumulátorů pro zvýšení transparentnosti trhu ojetých vozidel.

Klíčová slova: elektromobilita, trakční akumulátor, State of Health, BEV, PHEV, degradace akumulátorů, ojetá vozidla, Aviloo

The rapid development of electromobility has increased the need for objective assessment of the technical condition of traction batteries, which typically represent the most expensive component of electric vehicles. While the condition of traction batteries in new vehicles is generally unproblematic and covered by the manufacturer's warranty, information on battery degradation has become an important factor influencing both vehicle value and purchasing decisions in the used vehicle market. This study aims to analyse the condition of traction batteries in battery electric vehicles (BEVs) and plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) offered on the used vehicle market in the Czechia, Slovakia, and Poland, and to identify the main factors affecting their degradation.

The analysis is based on data provided by AURES Holdings a.s. and includes more than 3,000 vehicles whose State of Health (SoH) was evaluated using the independent AVILOO battery diagnostics. The results indicate that vehicle age is the most significant factor affecting traction battery condition, followed by vehicle mileage. The analysis also revealed different degradation patterns for BEVs and PHEVs.

The findings suggest that the actual degradation of traction batteries in used electric vehicles is, in most cases, lower than commonly perceived by the public. Furthermore, the results highlight the importance of independent battery diagnostics in improving transparency in the used vehicle market.

Keywords: electromobility, traction battery, State of Health, BEV, PHEV, battery degradation, used vehicles, Aviloo

1 ÚVOD

Elektromobilita představuje jeden z klíčových směrů transformace silniční dopravy. Rostoucí počet bateriových elektrických vozidel (BEV) a plug-in hybridních vozidel (PHEV) postupně vede ke vzniku rozsáhlého sekundárního trhu s ojetými elektrifikovanými vozidly [1]. Vedle tradičních parametrů, jako jsou stáří vozidla, kilometrický proběh a servisní historie, se stav trakčního akumulátoru stává jedním z nejdůležitějších technických ukazatelů při hodnocení ojetého elektrického vozidla s externím dobíjením. Trakční akumulátor zároveň představuje jeden z hlavních faktorů ovlivňujících zůstatkovou hodnotu elektrických vozidel a důvěru spotřebitelů na trhu ojetých vozidel [2].

Přestože výrobci běžně deklarují dlouhou životnost trakčních akumulátorů, kterou podporují i poskytováním dlouhých záruk, mezi spotřebiteli přetrvávají obavy z jejich rychlé degradace a z vysokých nákladů na případnou výměnu. Na trhu ojetých vozidel proto roste význam objektivních metod hodnocení jejich technického stavu. Jedním z nejčastěji používaných ukazatelů je State of Health (SoH), který vyjadřuje podíl aktuálně využitelného množství energie uložené v trakčním akumulátoru vzhledem k jeho původní hodnotě.

Cílem této studie je kvantifikovat vztah mezi stavem trakčních akumulátorů a vybranými provozními charakteristikami vozidel (stářím, kilometrickým proběhem, typem pohonu a množstvím

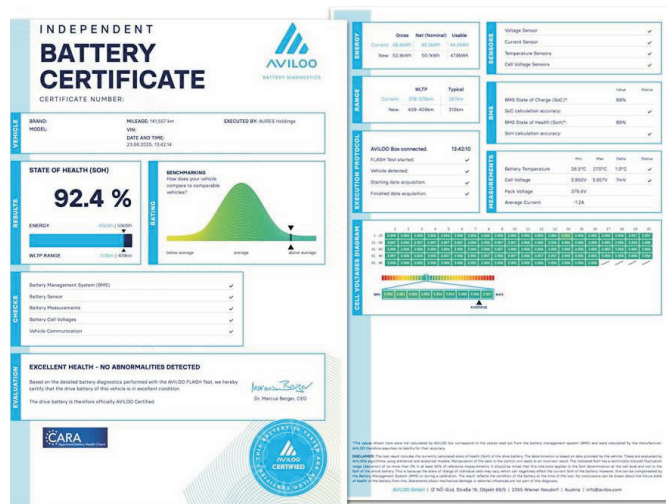
uložené energie v trakčním akumulátoru) na reprezentativním souboru ojetých elektrických vozidel ve střední Evropě.

Metodická poznámka: Pro účely této studie jsou do skupiny PHEV zahrnuta také vozidla s prodlouženým dojezdem (REEV), která představují specifickou podkategorii plug-in hybridních vozidel.

2 DATOVÁ ZÁKLADNA A METODIKA

Analýza vychází z dat poskytnutých společností AURES Holdings a.s., provozující síť prodeje ojetých vozidel. Datový soubor zahrnoval výsledky diagnostiky celkem 3 171 elektrických vozidel získané v období od července 2024 do března 2026. Tento soubor tvoří 2 742 vozidla typu BEV a 429 vozidel typu PHEV.

Pro hodnocení stavu trakčních akumulátorů byl použit parametr State of Health (SoH) získaný prostřednictvím diagnostického systému Aviloo Flash Test. Tento parametr představuje nezávislý odhad stavu trakčního akumulátoru stanovený na základě analýzy provozních a diagnostických dat vozidla zpracovaných proprietární metodikou. Není totožný s hodnotou SoH vypočtenou systémem Battery Management System (BMS) vozidla, který využívá vlastní algoritmy definované výrobcem.



obr. 1 Výstup z diagnostického systému Aviloo [3]

Mezi sledované faktory byly zařazeny:

- stáří vozidla,
- kilometrický proběh,
- množství uložené energie v trakčním akumulátoru.

Kilometrický proběh vozidel byl rozdělen do tří kategorií:

- do 40 tisíc km,
- 40–100 tisíc km,
- nad 100 tisíc km.

Určitým omezením studie je absence údajů o skutečném podílu elektrické jízdy a počtu ekvivalentních nabíjecích cyklů u vozidel PHEV. Tento faktor může přispívat k části nevysvětlené variability pozorované degradace a omezuje možnost přesnější kauzální interpretace výsledků.

3 VÝSLEDKY

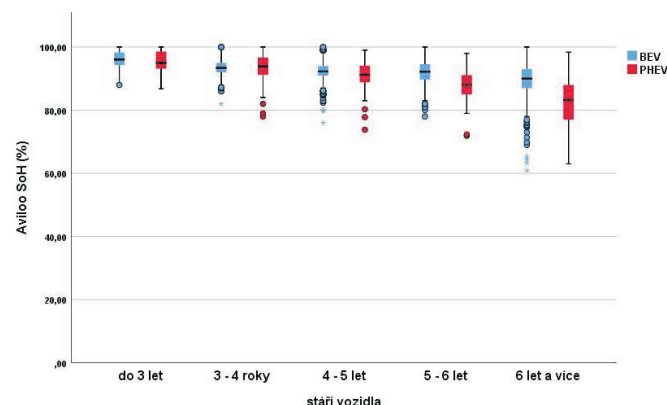
Následující kapitola prezentuje výsledky statistické analýzy vlivu vybraných faktorů na hodnotu SoH trakčních akumulátorů.

Pozornost je věnována zejména stáří vozidla, kilometrickému proběhu a množství uložené energie trakčního akumulátoru.

3.1 Vliv stáří vozidla

Analýza dostupných dat potvrdila negativní vztah mezi stářím vozidla a hodnotou SoH bez ohledu na typ pohonu. Intenzita tohoto poklesu se však mezi vozidly BEV a PHEV lišila. Se zvyšujícím se stářím vozidla docházelo v obou skupinách k postupnému poklesu hodnot SoH, přičemž pokles byl výraznější u vozidel PHEV. U vozidel do tří let dosahoval medián hodnoty SoH 96,1 % u BEV a 95,0 % u PHEV. V nejstarší kategorii (6 let a více) činil medián 90,0 % u BEV a pouze 83,2 % u PHEV. Rozdíl mezi oběma typy pohonu se tak se zvyšujícím se stářím vozidla výrazně prohlubuje, což naznačuje odlišný průběh degradčních procesů v trakčních akumulátorech BEV a PHEV.

Výsledky Mann–Whitneyho U testu ukázaly, že rozdíly mezi vozidly BEV a PHEV nebyly ve všech kategoriích stáří stejně výrazné. U vozidel do tří let nebyl rozdíl těsně statisticky významný ($p = 0,065$), přestože vozidla BEV vykazovala vyšší medián hodnoty SoH. Rovněž ve skupině vozidel starých 3–4 roky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,456$). Od kategorie 4–5 let se však začíná projevovat statisticky významná divergence vývoje SoH mezi oběma typy pohonu. Ve skupině 4–5 let byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,004$), přičemž vozidla BEV vykazovala vyšší hodnoty SoH než vozidla PHEV. Ještě výraznější rozdíly byly zjištěny ve skupinách 5–6 let ($p < 0,001$) a 6 let a více ($p < 0,001$). Výsledky tedy naznačují, že zatímco u mladších vozidel jsou rozdíly mezi BEV a PHEV relativně malé, s rostoucím stářím vozidla se rozdíly v degradaci trakčních akumulátorů postupně zvětšují.



obr. 2 Vývoj stavu akumulátoru (SoH) v závislosti na stáří vozidla podle typu pohonu (BEV a PHEV) [autor]

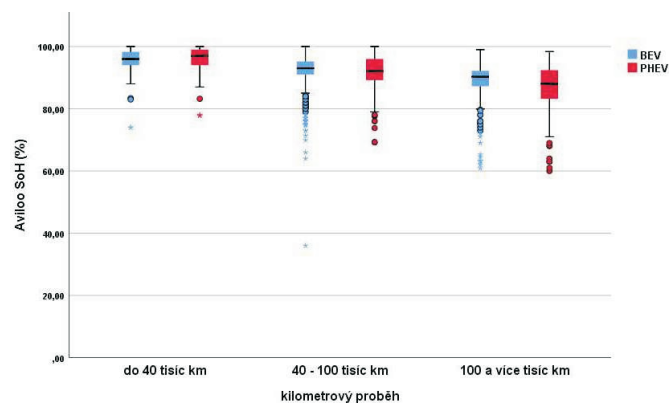
Kruskalův–Wallisův test prokázal statisticky významné rozdíly mezi kategoriemi stáří vozidel BEV ($H = 517,370$; $p < 0,001$). Stáří vozidla tedy významně ovlivňuje hodnotu SoH. Následný Dunnův post hoc test ukázal, že většina kategorií stáří vozidel se od sebe statisticky významně liší (ve všech případech $p < 0,001$), s výjimkou kategorií 4–5 let a 5–6 let, mezi nimiž nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,609$). Výsledky potvrzují postupný pokles hodnot SoH se zvyšujícím se stářím vozidla, přičemž mezi kategoriemi 4–5 let a 5–6 let nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Vývoj degradace je u vozidel BEV velmi konzistentní a jednotlivé věkové kategorie jsou od sebe dobře odlišitelné.

Také u vozidel PHEV byl vliv stáří statisticky významný ($H = 165,413$; $p < 0,001$). Dunnův post hoc test prokázal statisticky významné rozdíly mezi všemi kategoriemi stáří vozidel. Nejmenší rozdíl byl zjištěn mezi kategoriemi 3–4 roky a 4–5 let ($p = 0,015$), avšak i tento rozdíl zůstal po korekci statisticky významný. Ostatní porovnání vykazovala vysokou statistickou významnost ($p \leq 0,006$, ve většině případů $p < 0,001$).

3.2 Vliv kilometrického proběhu

Dostupná data rovněž potvrzují vliv kilometrického proběhu na stav trakčního akumulátoru u obou sledovaných typů pohonu. Obdobně jako v případě stáří vozidla výsledky ukazují, že vztah mezi kilometrickým proběhem a degradací trakčního akumulátoru není u vozidel BEV a PHEV totožný a rozdíly mezi oběma skupinami se s rostoucím provozním zatížením postupně prohlubují.

Ve skupině vozidel s proběhem do 40 tisíc kilometrů dosahoval medián hodnoty SoH 96,0 % u BEV a 97,0 % u PHEV. Ve skupině s proběhem 40–100 tisíc kilometrů poklesl medián na 93,0 % u BEV a 92,1 % u PHEV. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u vozidel s proběhem nad 100 tisíc kilometrů, kde medián činil 90,3 % u BEV a 88,0 % u PHEV.



obr. 3 Rozložení hodnot SoH podle kategorií proběhu a typu pohonu [autor]

Stejně jako v případě stáří vozidel vykazovala skupina PHEV vyšší variabilitu hodnot SoH. U vozidel s proběhem nad 100 tisíc kilometrů dosahovala směrodatná odchylka 7,91 %, zatímco u vozidel BEV činila 4,58 %. Vyšší variabilita u vozidel PHEV naznačuje méně homogenní průběh degradace trakčních akumulátorů.

Výsledky Mann–Whitneyho U testu ukázaly, že statistická významnost rozdílů mezi vozidly BEV a PHEV závisí na velikosti kilometrického proběhu. Ve skupině vozidel s proběhem do 40 tisíc kilometrů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi oběma typy pohonu ($p = 0,341$). Obě skupiny vykazovaly velmi podobné hodnoty SoH a rozdíl mediánů byl zanedbatelný.

Naproti tomu ve skupině vozidel s proběhem 40–100 tisíc kilometrů byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$), přičemž vozidla BEV dosahovala vyšších hodnot SoH než vozidla PHEV. Medián činil 93,0 % u BEV oproti 92,1 % u PHEV.

Ještě výraznější rozdíl byl zjištěn u vozidel s proběhem nad 100 tisíc kilometrů ($p < 0,001$), kde medián hodnoty SoH dosahoval 90,3 % u BEV a 88,0 % u PHEV. Výsledky tak naznačují, že

rozdíly mezi oběma typy pohonu se s rostoucím kilometrickým proběhem postupně zvětšují.

Kruskalův–Wallisův test prokázal statisticky významný vliv kilometrického proběhu na hodnotu SoH u vozidel BEV ($p < 0,001$). Následný Dunnův post hoc test ukázal, že všechny tři kategorie kilometrického proběhu se mezi sebou statisticky významně liší (ve všech případech $p < 0,001$). Výsledky potvrzují postupný a konzistentní pokles hodnot SoH se zvyšujícím se kilometrickým proběhem. Každé zvýšení kategorie kilometrického proběhu je spojeno se statisticky významným snížením hodnoty SoH.

Také u vozidel PHEV byl prokázán statisticky významný vliv kilometrického proběhu na stav trakčního akumulátoru ($p < 0,001$). Dunnův post hoc test potvrdil statisticky významné rozdíly mezi všemi třemi kategoriemi kilometrického proběhu (ve všech případech $p < 0,001$). Medián hodnoty SoH poklesl z 97,0 % u vozidel s proběhem do 40 tisíc kilometrů na 92,1 % ve skupině s proběhem 40–100 tisíc kilometrů a dále na 88,0 % u vozidel s proběhem nad 100 tisíc kilometrů. Pokles hodnoty SoH je u vozidel PHEV výraznější než u vozidel BEV.

Výsledky potvrzují, že kilometrický proběh představuje významný faktor ovlivňující stav trakčních akumulátorů. Rozdíly mezi vozidly BEV a PHEV se projevují zejména při vyšším kilometrickém proběhu, kdy vozidla BEV dosahují statisticky významně vyšších hodnot SoH.

3.3 Vliv množství uložené energie v trakčních akumulátorech

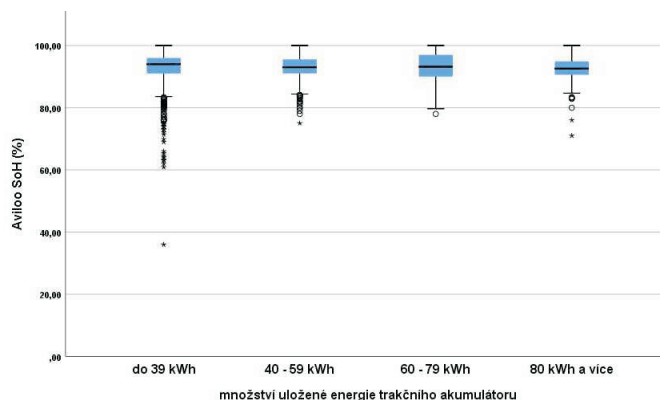
Vzhledem k výrazně odlišným rozsahům množství uložené energie v trakčních akumulátorech byly skupiny vozidel BEV a PHEV analyzovány odděleně. Zatímco u vozidel PHEV se množství uložené energie pohybuje převážně v jednotkách až nižších desítkách kWh, u vozidel BEV jsou typické hodnoty v řádu desítek kWh. Společné zobrazení a vyhodnocení obou skupin by proto mohlo snížit přehlednost výsledků a vést ke zkreslené interpretaci rozdílů mezi jednotlivými kategoriemi množství uložené energie. Samostatná analýza proto umožňuje přesnější posouzení vztahu mezi množstvím uložené energie trakčního akumulátoru a hodnotou SoH v rámci jednotlivých typů pohonu.

U vozidel BEV se mediány hodnot SoH ve všech kategoriích množství uložené energie pohybovaly v úzkém intervalu 93–94 %, což potvrzuje obecně vysoký stav trakčních akumulátorů napříč všemi sledovanými kategoriemi. Také průměrné hodnoty SoH se mezi jednotlivými kategoriemi lišily pouze minimálně. Nejvyšší průměrná hodnota byla zjištěna u akumulátorů s množstvím uložené energie 60–79 kWh (93,23 %), nejnižší u akumulátorů do 39 kWh (92,30 %).

Výraznější rozdíly byly patrné ve variabilitě hodnot SoH. Kategorie do 39 kWh vykazovala nejvyšší směrodatnou odchylku ($SD = 6,40$ %), což naznačuje větší rozptýlení hodnot v této skupině. Ostatní kategorie vykazovaly podstatně nižší variabilitu ($SD = 3,5$ – $4,3$ %) a hodnoty SoH byly soustředěny v užším intervalu.

Kruskalův–Wallisův test prokázal statisticky významné rozdíly mezi kategoriemi vozidel BEV ($p = 0,004$). Následný Dunnův

post hoc test ukázal, že statisticky významné rozdíly byly potvrzeny zejména mezi kategorií do 39 kWh a skupinami 40–59 kWh ($p < 0,001$) a 80 kWh a více ($p < 0,001$). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn také mezi kategoriemi 60–79 kWh a 80 kWh a více ($p = 0,026$). Naproti tomu mezi kategoriemi 40–59 kWh a 60–79 kWh nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,985$). Výsledky naznačují, že nejvýraznější odlišnosti vykazuje skupina akumulátorů s nejnižším množstvím uložené energie, která se vyznačuje vyšší variabilitou a častějším výskytem nízkých hodnot SoH.



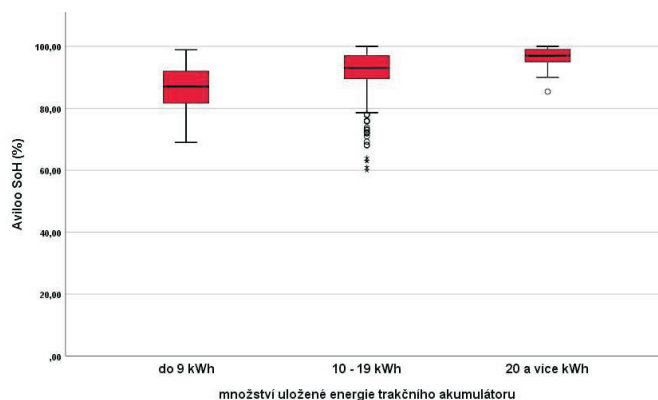
obr. 4 SoH podle množství uložené energie trakčního akumulátoru u BEV [autor]

Přestože byly mezi jednotlivými kategoriemi vozidel BEV zjištěny statisticky významné rozdíly, absolutní rozdíly v průměrných i mediánových hodnotách SoH byly malé. Z praktického hlediska proto množství uložené energie trakčního akumulátoru pravděpodobně nepředstavuje významný faktor ovlivňující stav trakčního akumulátoru u vozidel BEV.

U vozidel PHEV byl vztah mezi množstvím uložené energie trakčního akumulátoru a hodnotou SoH výraznější než u vozidel BEV. Boxploty ukazují postupný nárůst mediánu hodnoty SoH se zvyšujícím se množstvím uložené energie. Nejnížší medián byl zaznamenán u akumulátorů do 9 kWh (87 %), vyšší u skupiny 10–19 kWh (93 %) a nejvyšší u akumulátorů s množstvím uložené energie 20 kWh a více (97 %). Stejný trend potvrzují také průměrné hodnoty. Vozidla s akumulátory do 9 kWh dosahovala průměrné hodnoty SoH 86,33 %, skupina 10–19 kWh 92,07 % a vozidla s akumulátory s množstvím uložené energie 20 kWh a více 95,94 %.

Také variabilita byla nejvyšší u akumulátorů s nejnižším množstvím uložené energie. Kategorie do 9 kWh vykazovala nejvyšší směrodatnou odchylku ($SD = 7,63 \%$), zatímco skupina 10–19 kWh dosahovala směrodatné odchylky 6,37 %. Naproti tomu akumulátory s množstvím uložené energie 20 kWh a více vykazovaly velmi stabilní výsledky charakterizované nízkou směrodatnou odchylkou ($SD = 3,85 \%$) a koncentrací hodnot SoH kolem 96–97 %.

Kruskalův–Wallisův test potvrdil statisticky významné rozdíly mezi kategoriemi vozidel PHEV ($p < 0,001$). Dunnův post hoc test následně ukázal, že statisticky významné rozdíly existují mezi všemi dvojicemi kategorií (ve všech případech $p < 0,001$). To znamená, že každá kategorie množství uložené energie



obr. 5 SoH podle množství uložené energie trakčního akumulátoru u PHEV [autor]

trakčního akumulátoru se statisticky významně liší od ostatních. elkově výsledky naznačují, že u vozidel PHEV souvisí vyšší množství uložené energie trakčního akumulátoru s vyššími hodnotami SoH. Vozidla s větším množstvím uložené energie vykazují nejen vyšší hodnoty SoH, ale také nižší variabilitu a stabilnější výsledky.

3.4 Diskuse

Cílem předložené studie bylo analyzovat soubor dat pocházejících z reálně obchodovaných elektrických vozidel na trhu ojetých vozidel v Česku, na Slovensku a v Polsku. Na rozdíl od většiny dosud publikovaných studií, které vycházejí z experimentálních měření, laboratorních testů nebo flotilových dat, analyzuje tato práce stav trakčních akumulátorů vozidel, která byla provozována v běžných podmínkách a následně vstoupila na sekundární trh. Výsledky tak poskytují unikátní pohled na reálnou degradaci trakčních akumulátorů v běžném provozu.

Z pohledu ekonomiky trhu ojetých vozidel lze nezávislé hodnocení SoH chápat jako mechanismus omezující informační asymetrii mezi prodávajícím a kupujícím, a představuje tak významný nástroj ke zvýšení transparentnosti trhu. Zatímco tradiční parametry, jako jsou stáří vozidla nebo kilometrický proběh, poskytují pouze nepřímou informaci o technickém stavu trakčního akumulátoru, certifikovaný údaj o SoH umožňuje přesnější ocenění vozidla a přispívá ke snížení informační asymetrie mezi prodávajícími a kupujícími. Objektívni informace o stavu trakčního akumulátoru tak mohou přispět ke zvýšení důvěry spotřebitelů a efektivnějšímu fungování trhu s ojetými elektrickými vozidly.

Získaná data potvrzují významný vliv stáří vozidla i kilometrického proběhu na stav trakčních akumulátorů. Souvislost mezi stářím vozidla a degradací trakčních akumulátorů je v souladu se současnými poznatky o elektrochemickém stárnutí lithno-iontových článků, podle nichž je degradace množství uložené energie významně ovlivňována samotným plynutím času, a to i při relativně nízké intenzitě používání [4]. V literatuře je opakovaně popisován nelineární průběh degradace lithno-iontových akumulátorů, kdy po počátečním rychlejším poklesu množství uložené energie následuje delší období pomalejší degradace, přičemž tempo stárnutí se může v různých fázích životního cyklu měnit [4]. Pozorovaný vztah tak podporuje předpoklad, že kalendářní stárnutí představuje vedle cyklického zatížení jeden z hlavních mechanismů ovlivňujících dlouhodobý vývoj stavu trakčních akumulátorů.

Významným zjištěním studie je rozdílná rychlost degradace mezi vozidly BEV a PHEV, která naznačuje odlišnou intenzitu degračních procesů v obou kategoriích vozidel. Rychlejší pokles hodnot SoH u vozidel PHEV může souviset s menším množstvím uložené energie trakčních akumulátorů a jejich vyšším cyklickým zatížením [5]. V analyzovaném souboru převažovala u vozidel PHEV skupina akumulátorů s množstvím uložené energie 10–19 kWh. Menší akumulátorové systémy jsou při srovnatelném způsobu využívání vozidla vystaveny vyššímu počtu ekvivalentních nabíjecích a vybíjecích cyklů, což může vést k rychlejší degradaci. Na rozdíl od vozidel BEV však předložená data neumožňují určit skutečný podíl jízdy na elektřinu ani počet absolvovaných nabíjecích cyklů a tento závěr je proto třeba interpretovat s určitou opatrností.

Získaná data zpochybňují rozšířený předpoklad o rychlé ztrátě množství uložené energie v trakčních akumulátorech během prvních let provozu. Ve většině analyzovaných případů zůstávaly hodnoty SoH na úrovni, která neomezuje běžné užívání vozidla ani jeho ekonomickou hodnotu. I u starších vozidel BEV se většina hodnot SoH pohybovala přibližně v intervalu 85–95 %, což potvrzuje relativně dobrou dlouhodobou stabilitu současných trakčních akumulátorů. Obdobné závěry přinášejí také zahraniční studie založené na provozních datech, které zpravidla uvádějí pozvolný pokles množství uložené energie v trakčních akumulátorech během prvních let provozu [6]. Výsledky této studie tak přispívají k probíhající diskusi o reálné životnosti trakčních akumulátorů a poskytují empirické poznatky založené na datech z běžného provozu. Jejich význam je umocněn tím, že vycházejí z reálné obchodovaných vozidel na českém, slovenském a polském trhu, nikoli z experimentálních nebo flotilových dat.

Významný vliv vykazuje rovněž kilometrický proběh, který představuje nepřímý ukazatel počtu absolvovaných nabíjecích a vybíjecích cyklů. Rychlost cyklické degradace může být ovlivněna hloubkou vybíjení, rychlostí nabíjení, počtem cyklů i provozem za vysokých nebo nízkých teplot [5, 9]. Skutečnost, že se vliv kilometrického proběhu projevil také v analyzovaném souboru, potvrzuje význam provozního zatížení jako jednoho z hlavních faktorů ovlivňujících stav trakčních akumulátorů.

Výsledky této studie je však nutné interpretovat s ohledem na několik omezení. Datový soubor neobsahoval informace o historii nabíjení, využívání DC rychlonabíjení, provozních teplotách ani o skutečném podílu elektrické jízdy u vozidel PHEV. Tyto faktory jsou podle současných poznatků významnými determinanty degradace trakčních akumulátorů [8, 9] a mohou vysvětlovat část variability pozorovaných výsledků. Budoucí výzkum by proto měl zahrnovat podrobnější provozní data, která umožní oddělit vliv kalendářního stárnutí, cyklického zatížení a provozních podmínek na vývoj stavu trakčních akumulátorů.

4 ZÁVĚR

Analýza více než tří tisíc ojetých elektrických vozidel na českém, slovenském a polském trhu ukázala, že stav trakčních akumulátorů je primárně ovlivněn stářím vozidla a kilometrickým proběhem. Současně bylo potvrzeno, že degradace trakčních

akumulátorů v reálném provozu probíhá zpravidla pomaleji, než bývá veřejností předpokládáno a že si většina analyzovaných vozidel i po několika letech provozu zachovává vysoké množství využitelné energie uložené v trakčním akumulátoru.

Hlavní závěry studie lze shrnout následovně:

- Stáří vozidla představuje významný faktor ovlivňující stav trakčního akumulátoru.
- Vyšší kilometrický proběh je spojen s nižšími hodnotami SoH u vozidel BEV i PHEV.
- Vozidla PHEV vykazovala rychlejší pokles hodnot SoH než vozidla BEV, přičemž rozdíly mezi oběma skupinami se se zvyšujícím se stářím vozidla i kilometrickým proběhem dále prohlubovaly.
- Významná variabilita hodnot SoH v rámci jednotlivých kategorií stáří a kilometrického proběhu naznačuje, že samotné stáří ani kilometrický proběh nedokáží plně vysvětlit technický stav trakčního akumulátoru.

Kromě praktických implikací pro trh s ojetými vozidly přináší výsledky studie také příspěvek k diskusi o dlouhodobé technické a ekonomické udržitelnosti elektromobility. Zároveň mají praktický význam pro veřejnou správu, provozovatele vozových parků, obchodníky s ojetými vozidly i koncové spotřebitele.

- **Pro veřejnou správu** představují výsledky reálný pohled na životnost trakčních akumulátorů a mohou sloužit jako podklad pro hodnocení dlouhodobé udržitelnosti elektromobility.
- **Pro provozovatele vozových parků** poskytují informace o očekávaném vývoji technického stavu trakčních akumulátorů během provozního cyklu vozidla a mohou přispět k optimalizaci obnovy vozového parku.
- **Pro obchodníky s ojetými vozidly** studie potvrzuje význam objektivního hodnocení stavu trakčních akumulátorů [7]. Certifikovaný údaj o SoH umožňuje přesnější ocenění vozidla, zvyšuje transparentnost trhu a omezuje informační asymetrii mezi prodávajícími a kupujícími.
- **Pro spotřebitele** představují výsledky důležitý podklad při rozhodování o koupi ojetého elektromobilu. Studie ukazuje, že skutečná degradace trakčních akumulátorů je ve většině případů nižší, než bývá veřejností očekáváno a že jejich technický stav lze objektivně ověřit prostřednictvím nezávislé diagnostiky.

Budoucí výzkum by měl zahrnovat podrobnější informace o způsobu využívání vozidel, skutečném podílu elektrické jízdy u vozidel PHEV, historii nabíjení a provozních podmínkách. Tyto faktory mohou významně přispět k lepšímu pochopení procesů degradace trakčních akumulátorů. Vhodné by bylo rovněž zohlednit chemické složení akumulátorů (např. NMC, LFP nebo NCA), protože jednotlivé typy akumulátorových článků mohou vykazovat odlišné charakteristiky stárnutí a degradace.

Poděkování

Článek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva dopravy v rámci programu dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumných organizací.

ZDROJE

- [1] Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Statistika [online]. [cit. 2026-06-05]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/statistiky/>
- [2] Manghani, R.: Battery degradation and electric vehicle resale value. World Electric Vehicle Journal. 2019, 10(4), 79. DOI: 10.3390/wevj10040079. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/wevj10040079>
- [3] AURES HOLDINGS a.s. Test stavu akumulátor vašeho vozu [online]. [cit. 2026-06-06]. Dostupné z: <https://www.aaaauto.cz/test-akumulator>
- [4] Attia, P. M., bills, A., Planella, F. B. et al.: Knees in lithium-ion battery gong trajectories. Joule. 2022, 6(11), 2452–2479. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1945-7111/ac6d13>
- [5] Smith, K., Earleywine, M., Wood, E., Neubauer, J., Pesaran, A.: Comparison of Plug-In Hybrid Electric Vehicle Battery Life Across Geographies and Drive Cycles. SAE Technical Paper. 2012. DOI: 10.4271/2012-01-0666. Dostupné z: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0666>
- [6] GEOTAB. How long do electric car batteries last? The updated guide to real-world EV battery health [online]. Oakville: Geotab, 2024 [cit. 2026-06-10]. Dostupné z: <https://www.geotab.com/blog/ev-battery-health/>
- [7] Harper, G., Somerville, R., Kendall, E. et al.: Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. Nature. 2019, 575(7781), 75–86. DOI: 10.1038/s41586-019-1682-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>
- [8] Serarslan, B.: A review and case study about the impact of temperature and ageing on electric vehicle batteries. International Journal of Automotive Engineering and Technologies. 2025, 14(4), 229–244.
- [9] Madani, S. S., Shabeer, Y., Allard, F., Fowler, M., Ziebert, C., Wang, Z. et al.: A comprehensive review on lithium-ion battery lifetime prediction and aging mechanism analysis. Batteries. 2025, 11(4), 127. DOI: 10.3390/batteries11040127.

Lektorský komentář

Článek se zaměřuje na aktuální téma spojené s rozvojem elektromobility, konkrétně s tématem degradace akumulátorů v elektrických vozidlech (EV) a plug-in hybridních vozidlech (PHEV). Tento text tak na základě dat ze vzorku vozů ze tří zemí střední Evropy odpovídá na otázku, jak rychle v průměru baterie EV a PHEV degradují, jak z pohledu časového stárnutí, tak rostoucím nájездem. Tato problematika je v současnosti velmi aktuální díky rychlému rozvoji sekundárního trhu s elektrickými vozidly a obavami některých potenciálních uživatelů, že degradace akumulátorů probíhá velmi rychle. Velmi kladně hodnotím analýzu nejen EV, ale zahrnutí i PHEV do této studie. Doufám, že autoři na tento text naváží další prací, ve které by vyhodnotili degradaci baterií na základě typu použitého katodového materiálu v lithno-iontovém článku a také například vliv použitého typu chlazení na degradaci akumulátoru.

Prof. Ing. Tomáš Kazda, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně