

PROVOZ A ÚDRŽBA ELEKTRICKÝCH JEDNOTEK S TRAKČNÍ BATERIÍ

OPERATION AND MAINTENANCE OF THE ELECTRIC MULTIPLE UNITS WITH TRACTION BATTERY

Adam BÍLEK¹, Martin ELSTNER², Vojtěch RITTER³

e-ISBN: 978-80-7560-564-1
DOI: 10.46585/spkv20252672

ISSN: 3029-8342



Abstrakt

Příspěvek popisuje první provozní koncept elektrických jednotek s trakčními bateriemi v ČR po jejich uvedení do zkušebního provozu, stejně jako přípravy k provozu dalších jednotek z již objednané série do Moravskoslezského kraje. Dále uvádí změny a režimová opatření v místě údržby pro zajištění bezpečnosti a spolehlivosti vozidel vybavených bateriemi. V další části se příspěvek věnuje potřebám údržby pojezdů elektrických jednotek, provozovaných nově i na regionálních tratích s velmi malými poloměry oblouků. Pro zmírnění účinku tratě na dvojkolí jsou nebo budou přijata různá opatření jak v údržbě vozidel, tak u správce infrastruktury. Z pohledu nákladů na životní cyklus je zásadní životnost baterií. Pro její prodloužení je nutné dosáhnout optimálního režimu nabíjení a vybíjení vzhledem k požadavkům na optimální provoz vozidel. To je jistou výzvou pro změny v procesu sběru dat o provozu jednotek a aktuální úrovni nabití. Článek popisuje současný stav a navrhuje změny diagnostického systému pro možnou optimalizaci.

Klíčová slova

vozidla vybavená bateriemi, trakční baterie, opotřebení dvojkolí, údržba BEMU

Abstract

The paper describes the initial operational concept of electric multiple units with traction batteries in the Czech Republic following their introduction into trial operation as well as preparations for the deployment of additional units from the already ordered series for the Moravian-Silesian Region. Furthermore, it outlines the changes and operational measures implemented at the maintenance site to ensure the safety and reliability of battery-equipped vehicles. The next part of the paper focuses on the maintenance requirements of the running gear of electric units, which are now also operated on regional lines with very small curve radii. To mitigate the effect of track geometry on the wheelsets, various measures are or will be implemented by vehicle maintenance and by the infrastructure manager.

Keywords

electric multiple units with traction battery, traction batteries, wheelset wear, maintenance of BEMU

¹ Ing. Adam Bílek,  0009-0009-7085-2034. České dráhy a.s., Generální ředitelství – O12. Nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1, Česká republika, tel.: +420 720 847 745, e-mail: adam.bilek@cd.cz

² Ing. Martin Elstner, Ph.D. České dráhy a.s., Oblastní centrum údržby Východ. Kulkova 948/1, 614 00 Brno, Česká republika, tel.: +420 604 464 591, e-mail: martin.elstner@cd.cz

³ Ing. Vojtěch Ritter. České dráhy a.s., Oblastní centrum údržby Východ, Středisko údržby Bohumín. Ad. Mickiewiczze, 735 31 Bohumín, Česká republika, tel.: +420 720 857 346, e-mail: vojtech.ritter@cd.cz

1 PRVNÍ ELEKTRICKÉ JEDNOTKY S TRAKČNÍMI BATERIEMI DOPRAVCE ČD

První elektrické jednotky s trakčními bateriemi (dále jen „BEMU“) v samostatné historii Českých drah, a.s., byly vyrobeny společností Škoda Transportation a.s. jako tovární typ 15Ev3. Drážní úřad BEMU přidělil řadové označení 690 resp. 691. BEMU vychází z koncepce vícesystémových jednotek RegioPanterů typů 7Ev a 15Ev, je však doplněno o trakční baterie. Vozidla jsou objednána primárně pro pokrytí vozby v Moravskoslezském kraji, který požadoval toto řešení jako první z objednavatelů veřejné osobní železniční dopravy v ČR. V tomto příspěvku budou blíže představeny některé provozní, technické i údržbové rozdíly, které významným způsobem mění či upravují přístup k BEMU oproti variantám se zdrojem elektrické energie z trolejového vedení.

Tab. 1 Základní technické parametry BEMU

Parametr	Jednotky	Velikost
rozchod	[mm]	1 435
hmotnost obsazené BEMU	[t]	115,4
délka BEMU	[mm]	52 900
šířka skříně	[mm]	2 820
výška vozu	[mm]	4 260
výška nástupní hrany od TK	[mm]	580
počet sedadel (z toho první třída)	[-]	140 (8)
celkový počet cestujících	[-]	323
počet míst pro ortopedické vozíky	[-]	2
počet míst pro jízdní kola/kočárky	[-]	9/4
typ článku baterie	[-]	Li-ion – LTO
dojezd BEMU	[km]	80
maximální rychlost	[km/h]	160 – trolejový režim 120 – bateriový režim
jmenovité napětí troleje	[kV]	3 kV DC 25 kV 50 Hz

2 PROVOZNÍ KONCEPCE JEDNOTEK S TRAKČNÍMI BATERIEMI

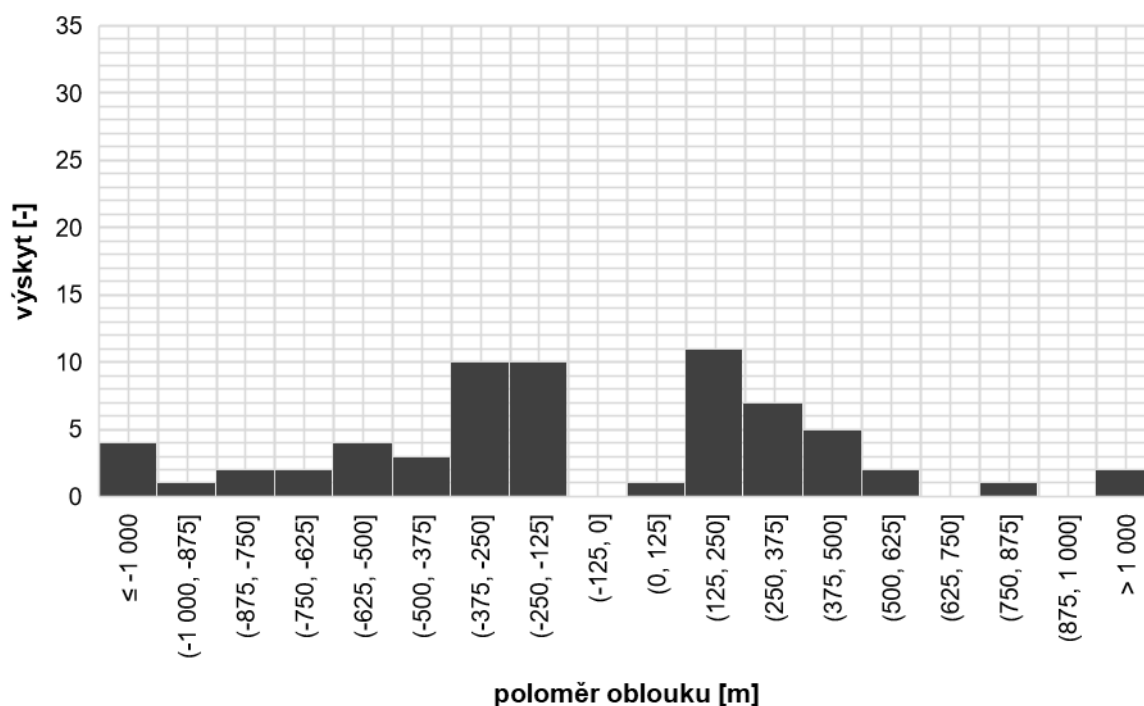
Moravskoslezský kraj zvolil pro BEMU jako první dopravní linku relaci Ostrava – Studénka – Kopřivnice – Štramberk – Veřovice (linka S8). Výběr této relace není náhodný – hlavní motivací pro zahájení provozu BEMU je pozitivní trend v počtu přepravených cestujících i vzhledem k turisticky zajímavé oblasti, úspora přestupu mezi dvěma spoji a ve výsledku i výrazná úspora času v jízdní době mezi podbeskydskými městy a krajským městem Ostrava. Dopravní obslužnost stanice Veřovice ze směru Ostrava totiž v předchozím období byla možná výhradně s přestupem ve stanici Studénka. Cestující se dříve v první části trati přesunuli elektrickou jednotkou po koridorové trati a následně přestoupili na motorový vůz, který je dále přepravil po regionální trati.

2.1 Specifika provozu na regionálních tratích

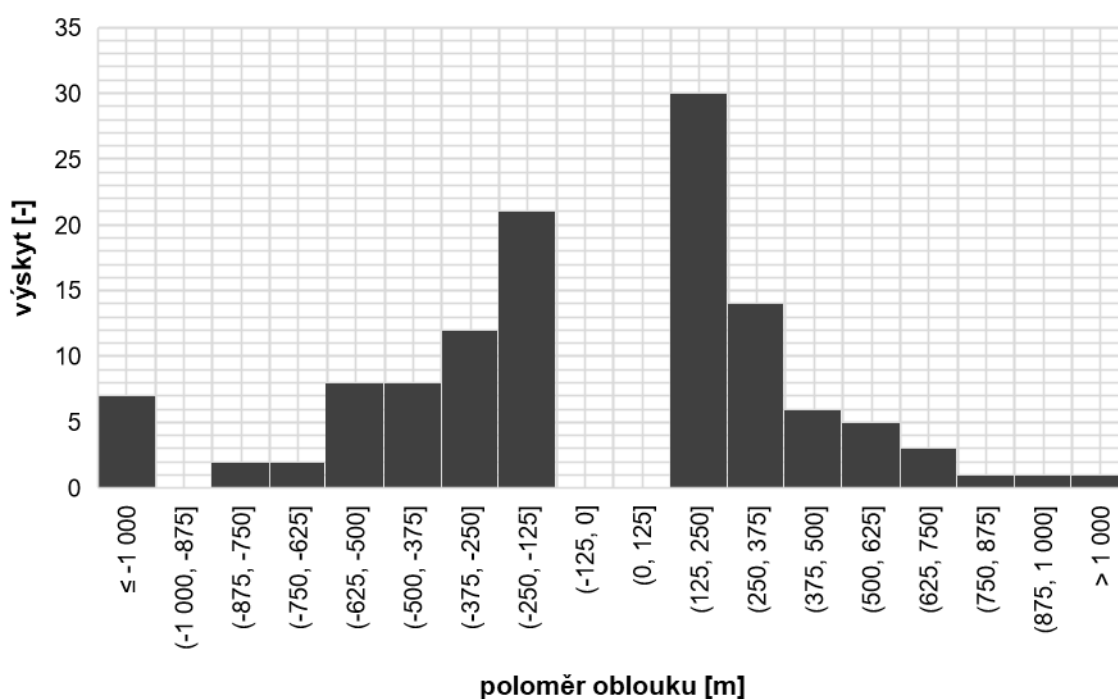
Četnosti spojů osobní i nákladní dopravy, které danou trať obsluhují, obvykle odpovídá i důraz na kvalitu železniční trati. Nejedná se pouze o typ zabezpečení, jenž značně ovlivňuje kapacitu dráhy, ale jde i o parametry železničního svršku včetně jeho udržitelnosti.

Na regionálních tratích se dosud využívala starší vozidla s menším rozvorem středů podvozků. Tyto parametry vozidel jsou přívětivější jak z pohledu opotřebení železniční trati, tak i samotného vozidla, především pak s ohledem na průjezd vozidel oblouky malých poloměrů. U vozidel nových, včetně BEMU, má například parametr odporu proti natočení podvozků a vzdálenost rozvoru otočných středů podvozků značný dopad na interakci kola a kolejnice při průjezdu oblouky.

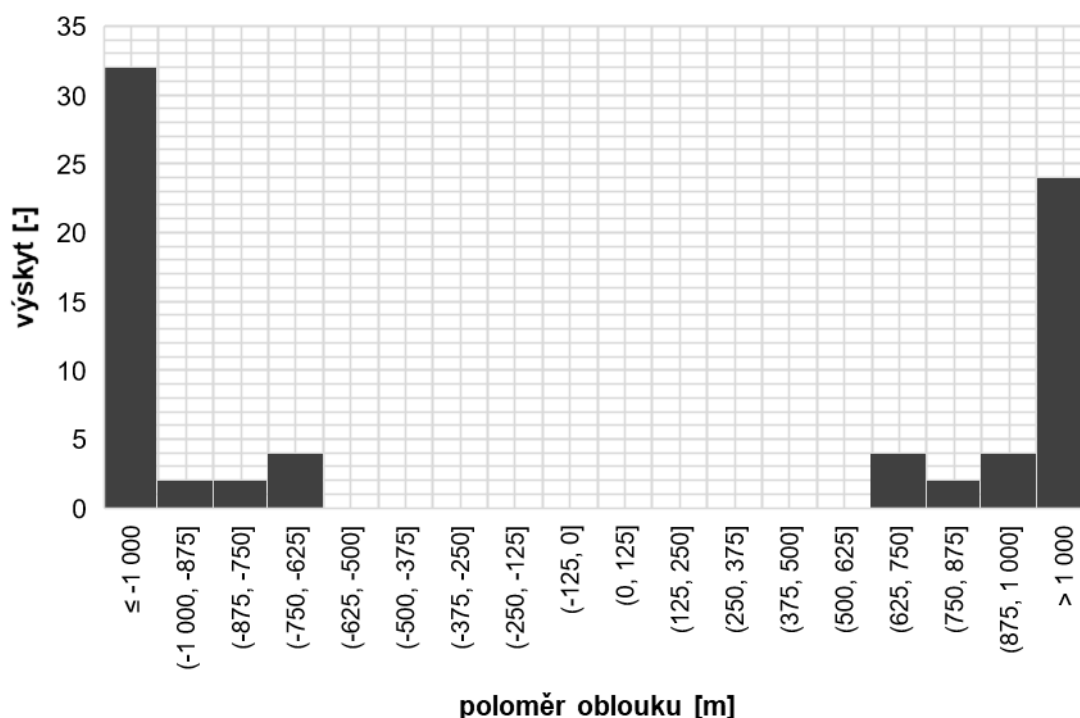
Pro jednoduchou představu o rozložení a četnosti výskytu poloměrů a směru poloměrů oblouku jsou pomocí histogramu v obr. 1 a obr. 2 znázorněny regionální tratě, kde již provoz BEMU probíhá či je plánován. U obou tratí je znatelná převaha oblouků malých a velmi malých poloměrů. U obr. 3 je pro porovnání uveden histogram z koridorového úseku 2. tranzitního koridoru. U zmíněných histogramů je číslem se zápornou hodnotou myšlena velikost poloměru oblouku vlevo, naproti tomu kladným číslem velikost poloměru oblouku vpravo.



Obr. 1 Histogram poloměrů oblouků regionální trati (Studénka – Veřovice) [1]



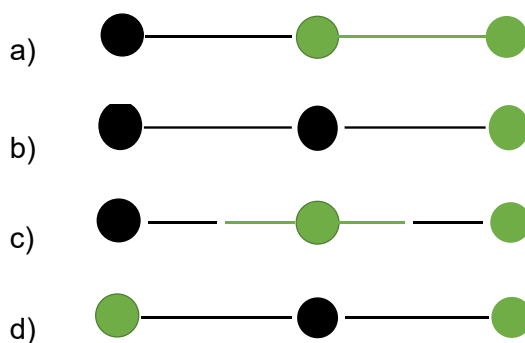
Obr. 2 Histogram poloměrů oblouků regionální trati (Suchdol n. Odrou – Budišov n. Budišovkou) [1]



Obr. 3 Histogram poloměrů oblouků koridorové trati (Bělá – Bohumín) [1]

Jedním ze specifik provozu jednotek zkonstruovaných na vyšší rychlosti s požadavky vyšší stability jízdy je i výrazná změna ve směrových poměrech tratí, po kterých vozidla jezdí. Začátkem provozu BEMU došlo oproti dříve používaným motorovým vozům k nárůstu hmotnosti. Tento nárůst však nepřesahuje stanovené limity, neboť většina regionálních tratí zamýšlená pro provoz BEMU je schopna odolat nejvyšší dovolené traťové třídě zatížení B2 (18 t/náprava a 6,4 t/na metr délky) [2], čemuž jednotky vyhovují. Kritickým parametrem opotřebení je však vzájemná geometrie v kontaktu kola a kolejnice, pro účely tohoto článku se zaměřením výhradně na průjezd vozidla obloukem malých poloměrů.

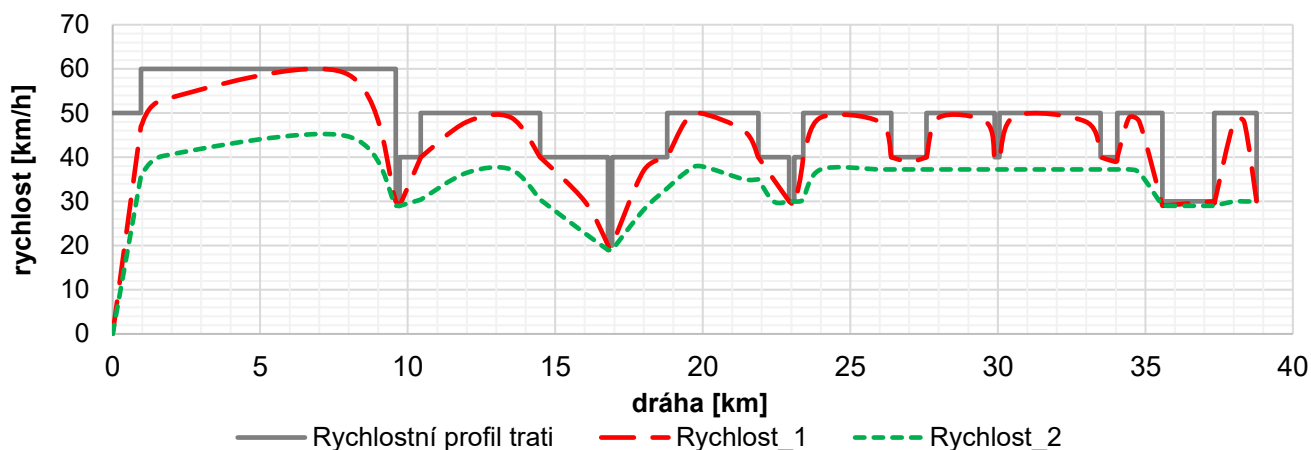
S vědomím fyzikálních úskalí je zásadní i efektivní stanovení provozní koncepce. A jaké možné provozní úskalí tkví v nasazení BEMU? U elektrických jednotek je vlastně jakékoliv zbrojení, či dobíjení nepotřebné, oproti tomu jednotky se spalovacím motorem jsou odkázány na kapacitu nádrže pohonných hmot. BEMU je naopak závislé na době pobytu pod trolejovým vedením. A to kvůli tomu, aby bylo dosaženo požadované kapacity nabití trakční baterie. Míra potřebné kapacity se však může lišit s ohledem na provozní určení. V případech, kdy je provoz realizován úvratí ve stanici bez trolejového vedení a na opačné straně úvratí pod trolejovým vedením, je řešení poměrně efektivní. (vizte obr. 4 a). Dalšími možnostmi, jak znázornit model provozu BEMU, je na obr. 4 b), c) a d). S ohledem na uvedené pak můžeme za zbrojení považovat dobu stání vozidla za účelem nabití.



Obr. 4 Varianty provozních konceptů BEMU (zelená = elektrifikace, černá = bez elektrifikace)

2.2 Plán provozního nasazení a spotřeba elektrické energie

Provozní nasazení vozidel má dopad na okamžitou spotřebu energie, ale i na výslednou životnost trakční baterie. Mluvíme-li o životnosti trakční baterie, je dobré uvědomit si dopad cyklického zatěžování včetně míry velikosti jednotlivých cyklů. Náznornou ukázkou provozu je obr. 5 představující ilustraci možného jízdního řádu a jízdy BEMU v úseku bez trakčního vedení. Ve zvoleném úseku je vykreslen smyšlený rychlostní profil, na němž jsou variantně prezentovány dva režimy jízdy – režim s ohledem na spotřebu trakční energie (Rychlost_2) a režim jízdy při zpoždění (Rychlost_1).



Obr. 5 Ilustrační rychlostní profil trati se dvěma rychlostními záznamy průjezdu BEMU

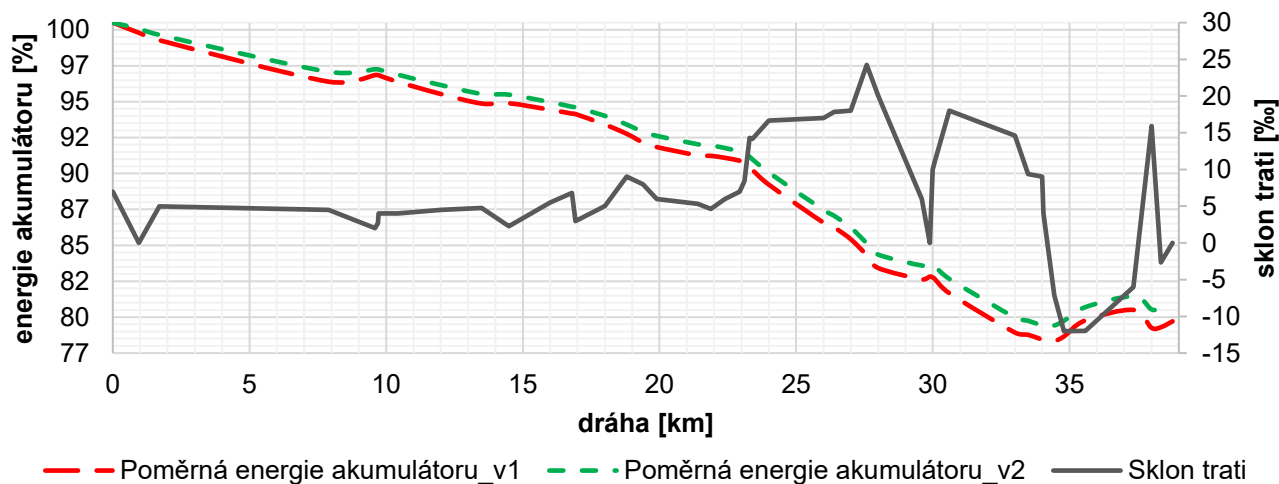
Tab. 2 Virtuální hodnoty pro výpočet energie jízdy BEMU

Parametr	Jednotky	Velikost
měrná hustota vzduchu	[kg/m ³]	1,225
součinitel odporu vzduchu	[-]	0,9
plocha čela BEMU	[m ²]	10

V ilustraci na obr. 5 jsou znázorněny oba průjezdy BEMU. Pro obecné výsledné vyjádření energetické náročnosti E_{celk} každého průjezdu zvlášť využijeme rovnice (1) s využitím parametrů v tab. 1 a 2:

$$E_{\text{celk}} = E_{\text{aku}} - E_{\text{kin}} - E_{\text{pot}} - E_{\text{odp}}, \quad (1)$$

kde E_{celk} je aktuální energie trakčního akumulátoru po odečtení působících složek energie v každém diferencovaném úseku, kde E_{kin} je energie kinetická, E_{pot} energie potenciální a E_{odp} energie zmařená překonáním odporu proti pohybu který vozidlo za jízdy klade.



Obr. 6 Možný vývoj kapacity energie trakční baterie za jízdy vlaku

Výsledná poměrná hodnota energie trakční baterie na obr. 6 po proběhlém provozním cyklu významně souvisí s ukazatelem provozní spolehlivosti BEMU (požadavek na rezervu kapacity) a s životností baterie. Provozní parametry BEMU potom ovlivní i rychlost nabití trakční baterie, typ bateriového článku, požadovaná rezerva kapacity energie či omezení dané doporučením výrobce k maximalizaci životnosti baterie. Jednou z výhod použití vozidla s bateriemi je i možnost ukládání energie z rekuperačního brzdění. Ilustrace možného účinku rekuperace je zřejmá na obr. 6. K efektivnímu provoznímu nasazení je také důležité spotřebu energie sledovat. Jako vhodný způsob při posuzování spotřeby nových vozidel se jeví metodika dle ČSN EN 50591 [3].

U vozidel s elektrickým přenosem výkonu a s rozdílným zdrojem energie (spalovací motor / baterie) se může výsledná účinnost přenosu výkonu lišit až o desítky procent. V kombinaci úspor za nerealizovanou výstavbu a udržování trolejového vedení, spolu s náhradou motorových vozů se tedy skutečně v některých případech provoz BEMU jeví jako dlouhodobě udržitelná a efektivní varianta. V následujících letech dojde, k již zaslíbenému rozšíření počtu BEMU, konkrétně potom ve spolupráci Českých drah, a. s., a Moravskoslezského kraje (nově typ 15Ev5).

2.3 Život a optimální využití trakční baterie

Mezi již diskutované parametry patří životnost trakční baterie. Ta je posuzována jednak podle počtu cyklů, které vydrží, ale zároveň také podle jejich rozsahu. Pro účinné optimální využití trakční baterie je nutné vyhledat odpovídající provozní model, resp. použití baterie podle provozního modelu optimalizovat a najít vhodný typ bateriového článku. Zároveň je také baterii potřeba udržovat v energeticky a klimaticky požadovaném pásmu, a to především v okamžiku, kdy je na bateriové články kladen požadavek, „výdeje“ nebo „příjmu“ energie. V opačném případě je velmi pravděpodobné, že dojde k nemalé degradaci garantovaných vlastností baterie, včetně nárůstu její amortizace.

Vzhledem k faktu, že BEMU jsou v reálném provozu krátkou dobu, bude velmi užitečné sledovat zmíněné parametry baterie jako celku i jednotlivých článků.

3 PÉČE O DVOJKOLÍ V PROVOZU PO HLAVNÍCH I REGIONÁLNÍCH TRATÍCH

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1, opotřebení kol vyžaduje zvýšenou pozornost. Jako prvotní možnost odhadu míry opotřebení je posouzení geometrie kontaktní dvojice kolo-kolejnice. V tomto článku je pozornost zaměřena na opotřebení v oblasti okolku železničního kola. Toto opotřebení je primárně charakterizováno změnou parametrů S_d (šířka okolku) a S_h (výška okolku).

Na trati v úseku Studénka – Veřovice je dnes provozována kombinace jízdního obrysu kola UIC ORE a kolejnice tvaru S49 s úklonem 1:20. Tato kombinace připouští příčný pohyb dvojkolí až do samotného nalehnutí okolku na kolejnici bez jakéhokoliv předchozího silového působení. Nalehnutím okolku na kolejnici pak dochází ke vzniku opotřebení kolejnice i okolku kola.

Možností, jak pečovat o kontakt okolku s kolejnicí, je více. Nákladnější, zato však více smysluplnou úlohou je odstranění příčiny problému, a to změnou geometrie buď jízdního obrysu kola, či úpravou úklonu kolejnic (například přebroušením v kritických obloucích malých poloměrů). Eliminační metodou, podstatně levnější, avšak neřešící příčinu, je aplikace maziv (kapalných i pevných) do místa okolku železničního kola či na místo zakřivení kolejnice stacionárně přímo na železničním svršku.

4 ÚDRŽBA JEDNOTEK S TRAKČNÍMI BATERIEMI

Instalovaná a skladovaná energie v BEMU odpovídá ekvivalentu tepelné energie přibližně 500 litrů nafty. Této ekvivalentní hodnoty, reprezentující srovnatelné množství uvolněné energie, se užívá pro představitelnější vyjádření. Pro exaktnější popis rizika, vč. možných důsledků, je však dnes problematika baterií z pohledu legislativy neúplně řešena. U vozidel je v rámci prevence nutné počítat s rizikem vzniku požáru, podobně jako se touto otázkou zabýváme například u vozidel s nádrží pohonných hmot.

4.1 Požadavky na zázemí k provádění údržby

Z pohledu zajištění údržby může být určitým vodítkem norma ČSN 73 0834 [5] pro posuzování změn staveb. Tato norma uvádí, že změnou užívání objektu, prostoru nebo provozu pouze změna, pro kterou platí:

$$(p_n \cdot a_n \cdot c) < 15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}, \quad (2)$$

kde p_n představuje nahodilé požární zatížení, tedy normové množství dřeva, jehož výhřevnost je ekvivalentní se všemi hořlavými látkami, které se za normálních podmínek vyskytují v požárním úseku ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), a_n koeficient podle ČSN 73 0802 [6] a c součinitel vyjadřující požárně bezpečnostní zařízení nebo opatření.

Současně nesmí při používání objektu dojít ke zvýšení počtu osob na kterékoliv únikové komunikaci o 20 %. Dále nesmí dojít k záměně funkce objektu ve vztahu na příslušné projektové normy, při tom jsou změnami užívání i změny, kterými se upravují stavební objekty, prostory nebo provozy. Nesmí dojít ani ke změně stavby nástavbou, vestavbou nebo k jiným podstatným stavebním změnám.

Z pohledu požárního rizika je zásadní množství elektrického náboje, jež aktuálně jímá baterie elektrických článků. I když není možné baterii před započítáním údržby zcela vybit, lze projevy případného hoření výrazně snížit snížením úrovně jejího nabití.

Jisté riziko představuje požár bateriového článku. Vzhledem k tomu, že požár Li-ion (LTO) elektrických článků se obtížně hasí, je konstrukce kontejneru s trakční baterií konstruována tak, aby po stanovenou dobu požáru odolala. To vytváří časový prostor pro případnou evakuaci cestujících, v případě údržby pro vysunutí jednotky mimo halu do prostoru umožňující přístup hasičské techniky.

4.2 Prvotní úpravy a režimová opatření pro pracoviště údržby

Změny na pracovišti údržby oprav-pantografových jednotek (dále „OPJ“) Bohumín, kde nyní dochází k provádění servisu BEMU, se týkají zejména prostředků a mechanismů rychlé reakce na problémy související s rizikem požáru. Dalším významným faktorem je fakt, že na vozidle je v kontejnerech trakčních baterií trvale přítomný elektrický náboj. Minimální nutné podmínky vedoucí k provádění servisu na BEMU jsou:

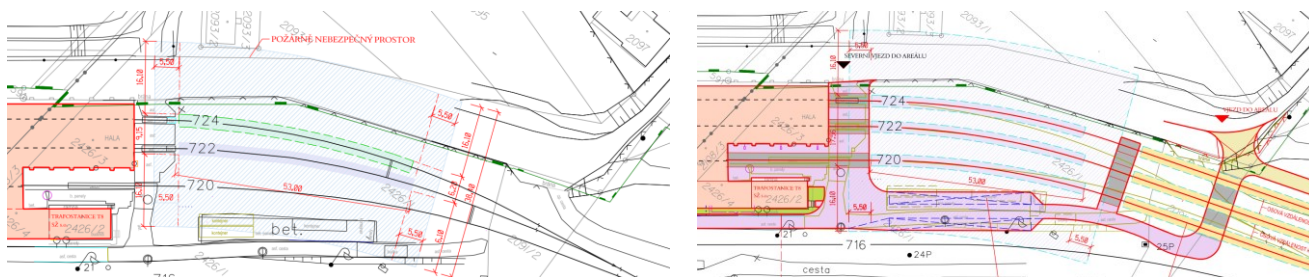
- vyškolení pracovníků údržby pro práci pod napětím a údržba dle ČSN EN 50110-1 [7],
- vjezd do haly údržby výběhem, s uvedením maximální rychlosti,
- výjezd z haly za pomoci posunovadla,
- stanovení maximálního počtu vozidel v hale údržby,
- míra vybití trakční baterie před jejím servisem,
- umístění dobíjecí armatury do trolejového vedení pro rychlé vybití trakční baterie,
- komunikace a spolupráce se složkami záchranného integrovaného systému a drážními hasiči.

4.3 Plánované úpravy pracoviště pro rozšíření kapacit BEMU

Pro zajištění využití 100 % kapacit haly OPJ a dalšího zvýšení bezpečnosti, byla vypracována studie proveditelnosti. Na základě interního posouzení byly navrženy další úpravy OPJ. Ve výčtu jsou některé z nich uvedeny:

- samostatné vjezdy a výjezdy z haly,
- možnosti dobíjení trakčních baterií přímo na hale údržby,
- sofistikovaný systém elektrické požární signalizace (EPS) včetně dálkové komunikace,
- odstranění okolních rizikových faktorů (vedení plynu, trolej s možností lokálního vypnutí apod.).

Na obr. 7 je uveden situační plán zázemí OPJ v Bohumíně s detailem stavu stávajícího a plánovaného izolačního prostoru pro složky integrovaného záchranného systému.



Obr. 7 Situační plán haly OPJ v Bohumíně ve stávajícím provedení, s omezeným izolačním prostorem (vlevo) a v provedení s rozšířeným izolačním prostorem (vpravo)

5 SOUHRNNÉ ZKUŠENOSTI S BEMU

Po prvních měsících provozu BEMU existuje řada nových zkušeností jak na straně provádění údržby, provozního nasazení, tak na straně míry interakce vozidla na regionální trať (primárně dopad opotřebení). Zároveň je s příchodem BEMU i řada nových výzev. Mezi ty hlavní patří zcela nový přístup k požární bezpečnosti (primárně v zázemí servisu), jiný charakter opotřebení vzniklých provozem na rychlých rovných tratích a zároveň na regionálních obloukových tratích. S ohledem na verifikaci zavedených procesů včetně jejich optimalizace, dochází ke vzniku nového standardu a pravidel právě pro všechny činnosti s BEMU související.



Literatura

- [1] SPRÁVA ŽELEZNIC, s. o. *Nákresný přehled železničního svršku železničních tratí Studénka – Veřovice, Suchdol n. Odrou – Budišov n. Budišovkou a Běloutín – Bohumín*. 2025.
- [2] SPRÁVA ŽELEZNIC, s. o. *Dovolené traťové třídy zatížení*. Online. Portál provozování dráhy. 30. 04. 2025. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/>. [citováno 2025-06-13]
- [3] ČSN EN 50591:2019. *Drážní zařízení – Drážní vozidla – Specifikace a verifikace spotřeby energie*.
- [4] BATTERY UNIVERSITY. *BU-205: Types of Lithium-ion*. Online. Dostupné z: <https://batteryuniversity.com/article/bu-205-types-of-lithium-ion>. [citováno 2025-06-13]
- [5] ČSN 73 0834:2011. *Požární bezpečnost staveb – Změny staveb*.
- [6] ČSN 73 0802:2023 ed. 2. *Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty*.
- [7] ČSN EN 50110-1:2025 ed. 3. *Obsluha a práce na elektrických zařízeních – Část 1: Obecné požadavky*.

Zasláno / received: 19. 06. 2025, přijato / accepted: 23. 07. 2025, publikováno / published: 17. 09. 2025.

Příspěvek recenzovali / The paper was reviewed by: Ing. Michal Barták (Die Länderbahn GmbH DLB), Ing. Stanislava Liberová, Ph.D. (Univerzita Pardubice, Doprávní fakulta Jana Pernera).