ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA DOPRAVNÍ

K612 – ÚSTAV DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ

Projekt:

12X1MT Moderní trendy v železniční dopravě

Analýza technických a provozních možností vozidel s alternativními pohony v železniční dopravě

4. a 5. semestr

akademický rok: 2019/2020

Spracoval: Viliam Haberland a Jakub Čech

MODERNÍ TRENDY V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ

studentský projekt | X1MT/X2MT
Ústav dopravních systémů

1 Úvod

V posledných rokoch sa stretávame s častejším využívaním alternatívnych ekologických pohonov a elektromobility v rôznych druhoch dopravy, medzi nimi nezaostáva ani tá železničná, ktorá má veľký potenciál pre využitie týchto ekologických vozidiel s nízkou spotrebou energie získavanej čo najviac z obnoviteľných zdrojov.

Je všeobecne známe, že práve železničná doprava so závislou elektrickou trakciou je najekologickejším a najúspornejším možným druhom veľkokapacitnej dopravy či už osôb alebo nákladu vzhľadom k nízkym jazdným odporom a využitia hospodárnej spotreby elektrickej energie, ktorá môže byť modernými koľajovými vozidlami do siete aj spätne rekuperovaná. Vzhľadom k vysokým finančným nákladom na výstavbu elektrifikácie na všetkých existujúcich prevádzkovaných tratiach nie je možné využívať celosieťovo závislú elektrickú trakciu, a preto sa stále vo veľkej miere využíva neekologická nezávislá motorová trakcia. Vplyvom spaľovania fosílnych palív neustále rastie koncentrácia oxidu uhličitého v zemskom obale a dochádza k nežiadúcim skleníkovým efektom, ktoré zapričiňujú zvýšenie teploty ovzdušia.

Celospoločenským cieľom je zvýšiť energetickú účinnosť a zvýšiť podiel obnoviteľných zdrojov, a práve v železničnom odvetví je možnosť pomôcť tieto ciele dosiahnuť nahradením neekologických motorových vozidiel s vysokou ekologickou záťažou modernými koľajovými vozidlami využívajúcimi alternatívne pohony tam kde to dostupná technika a stav infraštruktúry dovoľuje. Motiváciou nie je len zastavenie klimatických zmien ale predovšetkým aj úspora nákladov na energie.

Táto analýza poukáže na aktuálne trendy vo výrobe koľajových vozidiel s alternatívnym pohonom, predstaví aktuálnu ponuku takýchto vozidiel na európskom trhu a ich základné parametre pre možnosť ďalšej štúdie ich využitia v konkrétnych oblastiach.

2 Prečo alternatívny pohon ?

Železničné vozidlá tak ako ich poznáme už desaťročia využívajú dva koncepty pohonu resp. energetického napájania, a to závislú alebo nezávislú trakciu. Pod závislou rozumieme elektrickú trakciu, ktorá využíva pevné trakčné zariadenia a samostatné vozidlo bez napätia z trakčného vedenia nie je schopné pohybu. Takéto vozidlo má voči svojmu okoliu lokálne nulové exhaláty a dokáže mať vysokú energetickú účinnosť dosahujúcu približne 80%.

Naopak druhú skupinu reprezentujú vozidlá s nezávislou trakciou využívajúce zväčša spaľovacie motory na fosílne palivá (naftu). Spaľovacie motory majú nízku účinnosť, približne 2/3 energie sa mení na stratové teplo a pri spaľovaní sa dostávajú do ovzdušia škodlivé nechcené exhaláty. K nezávislej trakcii patria aj motory na zemný plyn, no v železničnej prevádzke sa takmer nevyužívajú, pretože ich účinnosť je ešte nižšia.

Ak porovnáme prevádzkové náklady a ekologickosť týchto dvoch trakcií vybrali by sme si určite efektívnu závislú elektrickú dopravu. No vzhľadom na vysoké náklady počiatočnej investície do elektrifikácie všetkých tratí je ekonomická návratnosť nepriaznivá pre trate s nízkou intenzitou železničnej dopravy. Naskytá sa možnosť využiť dostupnosť výkonných akumulátorov, ktoré dokážu uložiť trakčnú energiu, majú slušnú životnosť a dostačujúci výkon. Pre použitie napr. v osobnej železničnej doprave má veľký význam aj rýchlosť nabíjania akumulátoru a možnosť ho niekoľkokrát denne nabíjať a vybíjať. Tieto akumulátory môžu slúžiť ako alternatívny pohon elektrického vozidla, ktoré by bolo polozávislé od napájacej sústavy, dostávame sa teda k tretiemu druhu pohonu tkz. alternatívnemu pohonu, ktorý využíva elektrický pohon a možnosť mať zásobník energie na určitý výkon so sebou bez nutnosti byť neustále pod napájacou sústavou. K prevádzke potrebuje vozidlo možnosť sa nabíjať či už staticky (v staniciach) alebo

dynamicky (na trati z pevného trakčného zariadenia). Takýto druh pohonu nazývame polozávislou elektrickou trakciou.

3 Rozdielnosť účinnosti pohonov

Spaľovací motor (nafta, benzín, metán)	**30 %**	**Výhrevnosť paliva – obvod kolies**
Trakčný elektromotor a palivový článok (vodík)	**60 %**	**Výhrevnosť vodíka – obvod kolies**
Trakčný elektromotor a lithiový akumulátor	**70 %**	**Distribučná sieť 110 kV – obvod kolies**
Trakčný elektromotor a líniové trakčné vedenie	**80%**	**Distribučná sieť 110 kV – obvod kolies**

(Tab 1. [zdroj: Ing. Jiří Pohl, Siemens Mobility, s.r.o.])

Vývoj ďalších vozidiel s alternatívnym pohonom by sa mal sústrediť predovšetkým na využitie elektrickej vozby so zásobníkmi energie (batériami/vodíkovým palivovým článkom) v kombinácií s líniovým napájaním, naopak by sme sa mali úplne odkloniť od ďalšieho vývoja dieselelektrických lokomotív a jednotiek, ktoré využívajú uhlovodíkove palivá.

Poslednou možnosťou, ktorá tu nebola spomenutá je využitie vodíkových palivových článkov. Účinnosť takéhoto pohonu nie je zlá (prenos elektrickej energie z distribučnej siete na obvod kolies) približne 30%, no pri uvažovaní výhrevnosti vodíka na obvod kolies sa účinnosť pohybuje okolo 60%, je ale nutné brať do úvahy možnosť získavania vodíka bez nutnosti jeho transportu na veľké vzdialenosti. V oblastiach s vysokou produkciou odpadového vodíka z výroby je táto možnosť ekologickejšia než dieselový pohon, avšak nie vo všetkých oblastiach máme dostatočnú produkciu pre pokrytie potreby palivových článkov použitých v koľajových vozidlách a ani potrebná infraštruktúra ešte nie je na dostatočne kvalitnej úrovni, nehovoriac o jej potrebnom rozšírení v rámci železničnej siete.

Ďalším mínusom vodíkového pohonu je fakt, že vodík je v zmesi so vzduchom výbušný, a preto sú kladené vysoké nároky na tesnosť a odolnosť tlakových nádrží a na distribučné vedenie v rámci vozidla.

Aj to sú dôvody, prečo sme v ďalšom uvažovaní vodíkové palivové články nebrali do úvahy a sústredili sa výhradne na pohon pomocou priamo využitej elektrickej energie, ktorý je možné využiť v domácich podmienkach Českej republiky.

4 Rozvoj elektrifikácie železníc v Českej republike

Hoci momentálny stav elektrifikácie železničnej siete ČR je hlboko pod priemerom EÚ (34,2% elektrifikovaných tratí) a tempo elektrifikácie sa značne spomalilo, tak na základe zadania Správy železníc sú systematicky pripravované štúdie ďalšieho postupu elektrifikácie tratí primárne na ktorých štát objednáva diaľkovú dopravu, intenzívnu regionálnu dopravu alebo trate s potenciálnym rozvojom nákladnej dopravy. Táto líniová elektrifikácia rozširuje možnosti využitia dvojzdrojových koľajových vozidiel využívajúcich tkz. systém trolej-akumulátor. V konečnom dôsledku každou elektrifikáciou sa zvyšuje možnosť nabíjať akumulátory týchto dvojzdrojových vozidiel či už staticky v elektrifikovaných staniciach alebo dynamicky počas

jazdy na tratiach. Podľa rozhodnutia Centrálnej komisie Ministerstva dopravy bude v nasledujúcich rokoch premena jednosmernej napájacej siete 3 kV DC na jednotnú sústavu AC 25 kV , 50 Hz v celej republike s cieľom dosiahnuť vysoké energetické úspory. Táto premena sa týka prevažne severnej polovice Českej republiky vrátane vyťažených koridorových tratí.

5 Vozidlo TROLEJ/AKUMULÁTOR

Budúcnosťou regionálnych tratí bez štandardnej elektrizácie je obslužnosť pomocou dvojzdrojových alebo batériových vlakov s vysokým kilometrickým dojazdom bez potreby napájania počas jazdy. Tieto jednotky sú technológiami veľmi podobné elektrickým jednotkám (EMU), ktoré sú navyše doplnené o batérie pre uchovanie elektrickej energie. Trendom v súčasnosti je využitie moderných ľahkých elektrických jednotiek, ktoré poskytujú dostatočný komfort sú nízkopodlažné, majú rýchlu akceleráciu, dostatočný výkon a sú obojsmerné. Možnosť pre využitie takýchto BEMU (Elektrická jednotka trolej/akumulátor) je zaistenie prevádzky na takých tratiach kde by plná elektrizácia znamenala neúmerne vysoké investičné alebo prevádzkové náklady.

6 Prehľad súčasných vozidiel BEMU

Nižšie nájdete prehľad aktuálne vyvíjaných či ponúkaných vozidiel BEMU na európskom trhu. U väčšiny týchto vozidiel sa predpokladá uvedenie do prevádzky v horizonte dvoch až piatich rokov. Aktuálne je v testovacej prevádzke s cestujúcimi niekoľko vozidiel (napr. Siemens Desiro ML Cityjet eco). Uvedené parametre pri daných vozidlách sa ešte môžu meniť v závislosti na požiadavky dopravcov a objednávok.

6.1 Siemens Desiro ML ÖBB Cityjet eco

- regionálna elektrická jednotka s prídavnými batériami pre jazdu bez líniového trakčného napájania

Obr. Exteriér jednotky [zdroj: Siemens]

Obr. Interiér jednotky [zdroj: Hirschstetten]

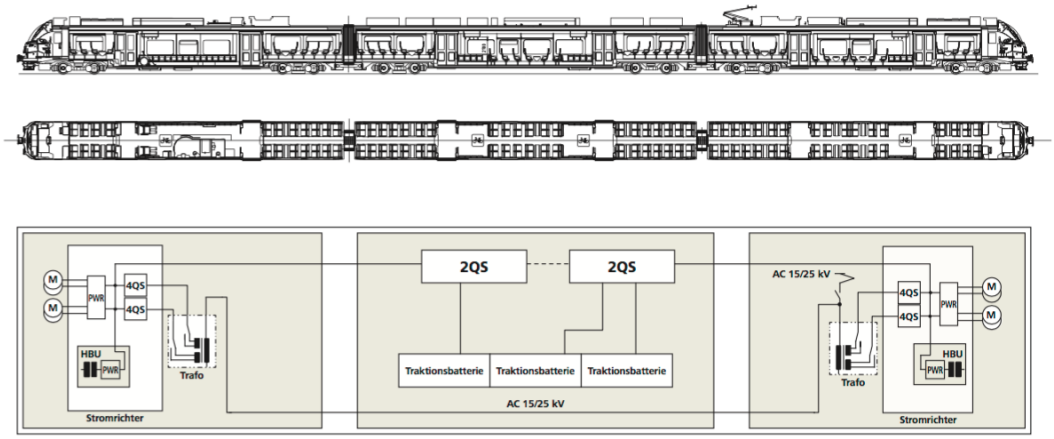
TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Siemens**
Usporiadanie náprav	Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo'
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	140 km/h / 120 km/h
Elektrické napájanie	15 kV AC alebo 25 kV AC

Výkon	do 2600 kW
Kapacita batérií	528 kWh (LTO)
Rozjazdové zrýchlenie	1,0 m/s^2 / 0,77 m/s^2(batérie)
Predpokladaný dojazd na batérie	80 – 120 km
Dĺžka cez nárazníky	75,152 m
Výška nástupnej hrany	600 mm
Kapacita jednotky na sedenie	244 miest
Záťaž na nápravu	< 17 t (vrátane batérií)
Začiatok prevádzky	2019 1ks testovací provoz (Dolní Rakousko)

6.1.1 Akumulátory vo vozidle

Akumulátorový zdroj ve vloženém voze upravené třívozové trakční jednotky zahrnuje tři akumulátorové zásobníky, dva polovodičové DC/DC měniče, chladič akumulátoru a další elektronická zařízení. Ve vozidle jsou aplikovány vysoce odolné **lithium-titanátové akumulátory (LTO)**. V porovnání s konvenčními lithium-iontovými akumulátory umožňují LTO akumulátory použití výrazně vyšších nabíjecích proudů pro rychlé nabíjení. Díky speciální tepelné koncepci akumulátorových zásobníků se očekává, že životnost článků ani stav nabití akumulátoru nebudou ovlivněny vlivem vnějších povětrnostních podmínek. Životnost akumulátorů se očekává okolo 15 let, tj. výměna se předpokládá pouze jednou za celou dobu životnosti vozidla.



Obr. Schéma usporiadania sedadiel a schéma prenosu elekt. energie [zdroj: Siemens]

6.1.2 Prevádzka vozidla

Vozidlo je možné prevádzkovať na regionálnych linkách v osobnej železničnej doprave ideálne na trase prevažne elektrifikovanej klasickým napájaním s kratším úsekom bez elektrifikácie (do 40 km), kde využije vozidlo možnosť spotrebovať naakumulovanú energiu v jeho batériách alebo s možnosťou prejsť krátkym úsekom bez elektrifikácie (do 80 km) a následne sa opäť dostať na elektrifikovanú trať. Je možné uvažovať aj statické nabíjanie v cieľových staniciach, no vozidlo je primárne určené na jazdu po elektrifikovaných tratiach a batériový zdroj využíva ako prídavné napájanie.

6.2 Siemens Mireo Plus B

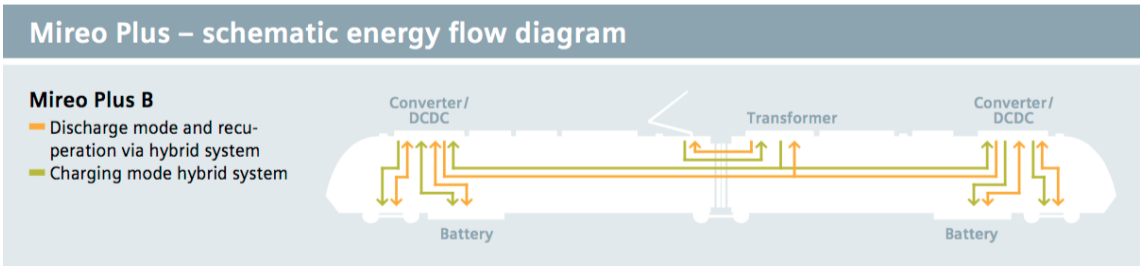
- dvojčlánková nízkopodlažná elektrická jednotka s prídavnými batériami pre jazdu bez líniového trakčného napájania

Obr. Mireo Plus B [zdroj: Siemens Mobility]

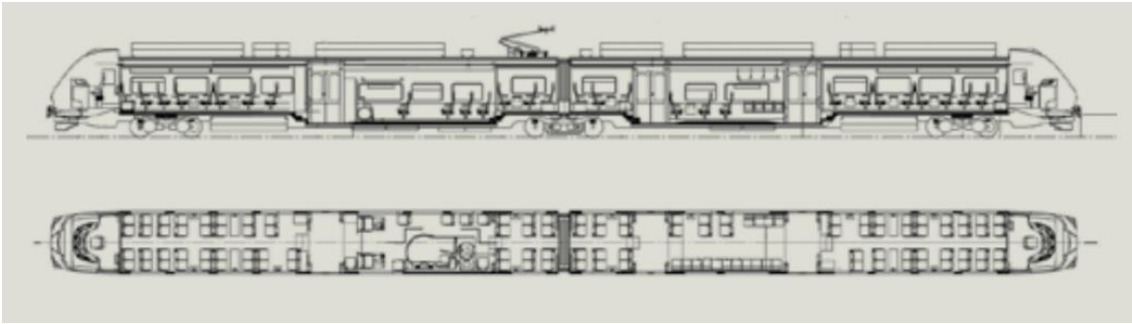
Obr. Ľahký podvozok s vnútorným uložením ložísk

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Siemens**
Usporiadanie náprav	Bo'2'Bo'
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	160 / 140 km/h
Elektrické napájanie	15 kV AC
Výkon	1700 kW
Kapacita batérií	700 kWh (umiestnenie pod podlahou)
Rozjazdové zrýchlenie	do 1,1 m/s^2
Predpokladaný dojazd na batérie	80 až 120 km
Dĺžka cez nárazníky	46,560 m
Výška nástupnej hrany	610 mm
Kapacita jednotky na sedenie	120 miest
Záťaž na nápravu	<20t
Začiatok prevádzky	Landesanstalt Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg (SFBW) objednávka na 20 ks - sprevádzkovanie 12-2023



Obr. Schéma toku elektrickej energie v jednotke [Zdroj: Siemens Mobility]



Obr. Schéma usporiadania interiéru a elek. komponentov (bočný pohľad) [Zdroj: Siemens Mobility]

Obr. Interiér a konfigurácia sedadiel vozidla[Zdroj: Siemens Mobility]

Obr. Vozidlo má umiestnené batérie pod podlahou vozidla [Zdroj: Siemens Mobility]

6.3 Stadler FLIRT AKKU BR 427

- Flirt AKKU je založený na štandardnom modely Flirt EMU upravený na prevádzku ako dvojzdrojové vozidlo s prídavnými batériami pre linky resp. trate, ktoré sú parciálne s napájaním.

Obr. Flirt AKKU [zdroj: Stadler Rail]

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Stadler**
Usporiadanie náprav	Bo'+2'+2'+Bo'
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	160 / 140 km/h
Elektrické napájanie	15 kV 16,7 Hz
Výkon	Do 1700 kW
Kapacita batérií	? (umiestnené na streche vozidla)
Rozjazdové zrýchlenie	?
Predpokladaný dojazd na batérie	80 až 150 km
Dĺžka cez nárazníky	58600 mm
Výška nástupnej hrany	600 mm
Kapacita jednotky na sedenie	154 miest
Záťaž na nápravu	?
Začiatok prevádzky	2022 (objednaných 55 ks Šlevicko-Holštýnsko, DE)

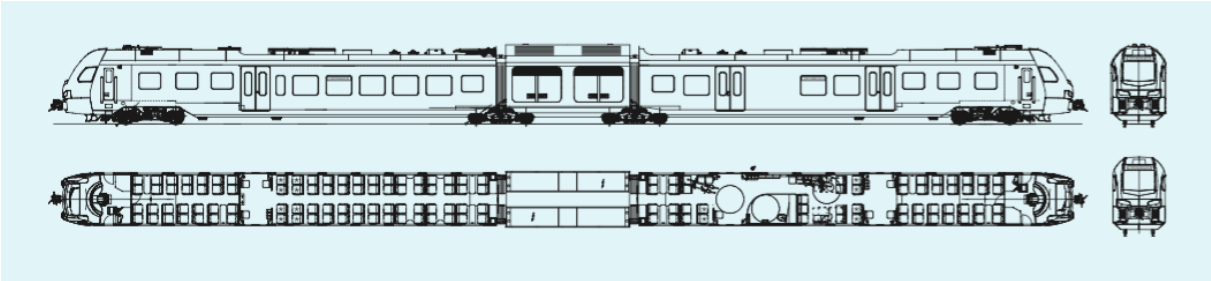
6.4 Stadler WINK BMU

Dvojzdrojové vozidlo vyrobené pre potreby spoločnosti Arriva s napájaním 1500 V jednosmerného prúdu.

Obr. BEMU- Stadler WINK [zdroj: Stadler]

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	Stadler
Usporiadanie náprav	2'+Bo´ +Bo´ +2
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	140 km/h
Elektrické napájanie	1,5 kV DC
Výkon	1000 kW / 748 kW (batérie)
Kapacita batérií	2x 90 kWh
Predpokladaný dojazd na batérie	80 až 150 km
Dĺžka cez nárazníky	55500 mm
Výška nástupnej hrany	780 mm
Kapacita jednotky na sedenie	135 miest
Záťaž na nápravu	17 t
Začiatok prevádzky	2025 (Arriva) objednaných 18 ks



Obr. Usporiadanie sedadiel vo vozidle [zdroj: Stadler]

6.5 Alstom Coradia Continental BEMU

Coradia Continental predstavuje regionálnu ucelenú elektrickú jednotku pre nemecký a európsky trh využívajúcu batérie umiestnené na streche vozidla.

Obr. Coradia Continental (zdroj: Alstom)

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Alstom**
Usporiadanie náprav	?
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	160 km/h / 160 km/h
Elektrické napájanie	15 kV 16,7 Hz
Výkon	?
Kapacita batérií	? kWh
Rozjazdové zrýchlenie	? m/s^2
Predpokladaný dojazd na batérie	120 km
Dĺžka cez nárazníky	56 m
Výška nástupnej hrany	?
Kapacita jednotky na sedenie	150 miest
Záťaž na nápravu	?
Začiatok prevádzky	2023 (objednaných 11 ks (Sasko, DE)

6.6 Bombardier Talent 3 BEMU

Kanadský výrobca Bombardier vyvíja BEMU typu Talent 3. Aktuálne je vyrobený jeden prototyp, ktorý je v testovacej prevádzke v Nemecku- Bádensko-Wurttembersko.

Obr. Bombardier Talent 3 BEMU (zdroj: Bombardier.com)

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Bombardier**
Usporiadanie náprav	?
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	140 km/h
Elektrické napájanie	15 kV 16,7 Hz
Výkon	?
Kapacita batérií	440 kWh (NMC)
Rozjazdové zrýchlenie	? m/s^2
Predpokladaný dojazd na batérie	40-100 km
Dĺžka cez nárazníky	?
Výška nástupnej hrany	?
Kapacita jednotky na sedenie	169 miest
Záťaž na nápravu	?
Začiatok prevádzky	2019 testovacia prevádzka (1 ks)

6.7 Škoda Regiopanter – BEMU prototyp

Český domáci výrobca Škoda Transportation aktuálne vyvíja prototyp vozidla BEMU na platforme vozidla EMU rada 650 ´ Regiopanter´ doplneného o batériové články.

Obr. Škoda EMU 650 ´ Regiopanter´ (zdroj Škoda)

TECHNICKÉ DÁTA:

Výrobca	**Škoda Transportation**
Usporiadanie náprav	Bo'2'+2'Bo'
Rozchod	1435 mm
Max. rýchlosť (trolej/baterie)	? km/h
Elektrické napájanie	DC 3 kV / AC 25 kV
Výkon	?
Kapacita batérií	?
Rozjazdové zrýchlenie	? m/s^2
Predpokladaný dojazd na batérie	80-100 km (batérie umiestnené na streche vozidla)
Dĺžka cez nárazníky	52,9 m
Výška nástupnej hrany	550 mm
Kapacita jednotky na sedenie	140 miest
Záťaž na nápravu	?
Začiatok prevádzky	2020 – predstavenie prototypu

7 Záver a technické parametre vozidiel

Za najväčší technický rozdiel oproti bežným motorovým alebo elektrickým jednotkám **sú tieto BEMU jednotky oveľa ťažšie** a vyznačujú sa vysokou záťažou na nápravy a to približne o 10% vyššou, dôvodom sú ťažké batérie, ktorými vozidlo disponuje a ďalej sú to elektrické súčasti ako transformátor a trakčný menič. Odľahčené verzie BEMU majú potom nižšiu kapacitu batérií, a tým pádom aj menší dojazd.

Maximálna rýchlosť je takmer porovnateľná s V max u klasických jednotiek DMU/EMU, prípadne niektoré vozidla majú **pri využití batérií zníženú rýchlosť na (100-140 km/h)** oproti bežnej V max pri jazde na elektrickú energiu dodávanú z troleja na elektrifikovaných úsekoch (140-160 km/h). Akcelerácia je taktiež rozdielna v dvoch režimoch napájania a to celkom značne. V čisto elektrickom režime dosahujú tieto jednotky zrýchlenia približne 1,0 až 1,5 m/s^2 zatiaľ čo **v režime na batérie je to o približne 20 až 30% nižšie zrýchlenie.**

V porovnaní s DMU majú všetky tieto jednotky k dispozícií **účinnú a efektívnu rekuperáciu** kedy pri brzdení vedia uložiť späť do batérií veľkú časť energie, čo pri vlakoch v regionálnej doprave s častým zastavovaním dokáže znížiť celkovú spotrebu energie.

Čo sa týka komfortu pre cestujúcich sa príliš takéto BEMU neodlišujú od štandardných vozidiel, možno ale povedať, že oproti dieslovým jednotkám majú kvôli absencií hlučného spaľovacieho motora **oveľa tichší chod.**

Kapacita týchto jednotiek sa pohybuje medzi 120 až 240 miestami na sedenie. Nižší počet miest na sedenie by pravdepodobne nebol efektívny z pohľadu váhy batérií a hmotnosti vozidla.

Životnosť batérií resp. batériových článkov sa pohybuje pre využitie v BEMU zhruba na 8-15 rokov, a taktiež je potrebné rátať počas životnosti s poklesom účinnosti skladovania energie v batériách, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 80-90%.

Dojazd vozidiel BEMU na jedno nabitie je závislý na kapacite použitých batérií, ktorá sa líši podľa požiadaviek zákazníkov. **Aktuálny dostupný dojazd na jedno nabitie sa pohybuje od cca 60 do 150 km** (pri ideálnych podmienkach). Do spotreby elektrickej energie vstupuje veľa faktorov, ako výškové a smerové vedenie trati, poveternostné podmienky, či sa jedná o vlak s častým zastavovaním alebo o vlaky vyššej kategórie s menej nácestnými zastávkami. Dojazd vozidiel taktiež môže ovplyvniť zapnutá klimatizácia/kúrenie a osvetlenie priestoru pre cestujúcich.

Pri určitých mimoriadnostiach majú tieto BEMU jednu nevýhodu, a to možnosť pri napájaní z batérií sa úplne vybiť na izolovanom úseku bez elektrizácie, a v takom prípade nie sú BEMU schopné ďalšej prevádzky. Museli by byť stiahnuté z trati pomocou ďalšieho vozidla.

Zdroje

(1) Jiří Pohl, Siemens Mobility, s.r.o. – Dekarbonizace osobní železniční dopravy koordinovanou kombinací liniového, akumulátorového a vodíkového napájení elektrických vozidel – Praha 2019 (prednáška-prezentácia)

(2) SIEMENS MIREO PLUS B Dostupné z: https://zdopravy.cz/siemens-ziskal-prvni-objednavku-na-bateriove-vlaky-maji-i-ceskou-stopu-44901/

(3) České dráhy představily krajům bateriové vlaky Dostupné z: https://zdopravy.cz/ceske-drahy-predstavily-krajum-bateriove-vlaky-obb-premysli-o-nich-v-pardubicich-55419/

(4) Ing. Jan Plomer a Mgr. Jan Ilík - Alternativní bezemisní České dráhy, prednáška-prezentácia z 15.10.2019

(5) Ing. Jan Křemen – Elektromobilita elektrizace tratí na síti ŠŽDC , prezentace z 10.10.2019

(6) MIREO PLUS B ORTENAU, Siemens Mobility s.r.o. – Dostupné z https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:636c61e0-bd2d-4f97-a2c7-78e690792a44/mors-b10022-00dbmireoplusortenauenus-72__original.pdf

(7) DESIRO ML – CITYJET ECO, Siemens Mobility s.r.o. – dostupné z https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:b26911b1-2b0e-48b4-b593-81adbf032d75/db-desiro-ml-oebb-cityjet-eco-e.pdf

(8) CITYJET ECO PASSENGER TRAIN – Dostupné z: https://www.railway-technology.com/projects/desiro-ml-cityjet-eco-passenger-train/

(9) Spalovací motory, přenosy výkonu. Atlas lokomotiv .Dostupné z: http://www.atlaslokomotiv.net/page-prenosy.html

(10) Alstom Régiolis Regional Trains. Railway Technology .Dostupné z: https://www.railway-technology.com/projects/alstom-rgiolis-regional-trains/

(11) Alstom signs first contract for battery-electric regional trains in Germany. Alstom [online]. 2020. Dostupné z:https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/2/alstom-signs-first-contractbattery-electric-regional-trains-germany

(12) České dráhy vyjedou s prvním hybridním vlakem, půjde o RegioPanter sbaterií. Zdopravy.cz Dostupné z: https://zdopravy.cz/ceske-drahy-vyjedou-s-prvnim-hybridnim-vlakem-pujde-oregiopanter-s-baterii-20301/

(13) Bombardier's TALENT 3 battery electric multiple unit wins Berlin Brandenburg innovation award. Bombardier . Dostupné z:https://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.bt-20181203-bombardierstalent3-battery-electric-multiple-unit-wins-berlin-brandenburg-innovationaward.bombardiercom.html

(14) Batteries included. RailEngineer - Dostupné z :https://www.railengineer.co.uk/2015/02/25/batteries-included/

(15) Stadler FLIRT BMUs for Valle d'Aosta enter service. Railcolornews.com . Dostupné z: https://railcolornews.com/2019/10/30/it-stadler-flirtbemus-for-valle-daosta-enters-service-but-not-without-problems/