



Technicko-ekonomická rozhoda

**Stavby prosté elektrizace pro dálkovou osobní
dopravu a nákladní železniční dopravu**

Obsah

Seznam zkratk	4
1 Základní informace k řešenému projektu	5
1.1 Úvod	5
1.2 Cíle zpracování dokumentace	5
1.3 Podklady pro zpracování dokumentace	6
1.4 Řešené části železniční sítě Správy železnic, státní organizace	6
1.5 Struktura dokumentace	6
2 Koncepční východiska a koordinace s ostatními železničními stavbami.....	8
2.1 Koncepce dálkové železniční dopravy.....	8
2.2 Koncepce regionální a nákladní železniční dopravy	8
2.3 Koncepce konverze stejnosměrné napájecí soustavy	9
2.4 Plnění podmínek TSI a vyvolaná opatření na dopravní cestě	9
2.5 Koordinace se souvisejícími stavbami Správy železnic, státní organizace.....	10
3 Rozbor základních parametrů bateriových jednotek a podmínek pro jejich provoz	11
3.1 Přehled příkladů bateriových jednotek	11
3.2 Podmínky pro provoz BEMU jednotek.....	18
4 Základní metodika výpočtu spotřeby elektrické energie a průběhu čerpání kapacity baterií	22
4.1 Základní dopravně technologické parametry.....	22
4.2 Základní parametry baterií	22
4.3 Výpočet trakční spotřeby	22
4.4 Výpočet netrakční spotřeby	23
4.5 Závěry z výpočtů a doporučení	23
5 Základní principy a podmínky pro návrh trakčního vedení a elektrického napájení.....	25
5.1 Trakční vedení.....	25
5.2 Trakční napájecí stanice pro trakční vedení AC 25 kV.....	26
5.3 Nabíjecí stanice pro dobíjení baterií při pobytu souprav v železničních stanicích	28
5.4 Základní procesní a jiné požadavky na projektovou přípravu základních objektů staveb prostých elektrizací.....	30
6 Předpokládané dopady střídavé elektrické trakce na železniční dopravní cestu.....	32
6.1 Obecně.....	32
6.2 Železniční svršek	32
6.3 Železniční spodek.....	33
6.4 Železniční mosty a propustky	33
6.5 Tunely	34
6.6 Zabezpečovací a sdělovací zařízení.....	34
6.7 Prostorové překážky.....	34
6.8 Ostatní dopady	34
7 Ekonomické souvislosti staveb prostých elektrizací.....	35

7.1	Odhad celkových investičních nákladů staveb prostých elektrizací	35
7.2	Socioekonomické přínosy staveb prosté elektrizace	36
8	Závěry a doporučení	38
8.1	Podmínky do dalších projektových stupňů	38
8.2	Souhrn potenciálních zásadních rizik.....	38
8.3	Celkové závěry a doporučení	39

Seznam zkratek

AC	Alternating Current = střídavý proud
BEMU	Battery electric multiple unit = bateriová elektrická jednotka
CBA	Costbenefit anylysis = analýza nákladů a přínosů
CK	Centrální komise
ČR	Česká Republika
ČSN	Česká technická norma
DB	Deutsche Bahn = Německá dráha, akciová společnost
DC	Direct Current = stejnosměrný proud
EIA	Environmental Impact Assessment = vyhodnocení vlivů na životní prostředí
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EN	Evropská norma
ES	Předpis Evropského společenství
ETCS	European Train Control System = evropský vlakový zabezpečovací systém
EU	Evropská unie
FKZ	Filtračně-kompenzační zařízení
GPK	Geometrická poloha koleje
ISO	International Organization for Standardization = Mezinárodní organizace pro normalizaci
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
NN	Nízké napětí
NS	Napájecí stanice
OM	Odběrné místo
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen = Rakouské spolkové dráhy, akciová společnost
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
SFC	Static frequency converters = měničová napájecí stanice
SOBS	Smlouva o budoucí smlouvě
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic, státní organizace
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (do r. 2019)
TK	Temeno kolejnice
TNS	Trakční napájecí stanice
TSI	Technical Specification for Interoperability = technické specifikace pro interoperabilitu
TSI ENE	Nařízení Komise (EU) č. 1301/2014 ze dne 18. 11. 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v Evropské unii
TTZ	Traťová třída zatížení
TV	Trakční vedení
TZZ	Traťové zabezpečovací zařízení
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí

1 Základní informace k řešenému projektu

1.1 Úvod

Technicko-ekonomická rozvaha „Projekty prosté elektrizace pro dálkovou osobní a nákladní železniční dopravu“ se zabývá možností umožnění elektrického provozu na železniční síti formou investičně omezených opatření, a to u vybraných linek dálkové železniční dopravy a vybraných provozů v nákladní železniční dopravě. V případě dálkové osobní železniční dopravy se pak jedná o uvažovanou elektrickou vozbu formou standardních elektrických jednotek a souprav klasické vozby s elektrickým hnacím vozidlem, anebo formou elektrických jednotek s bateriemi pro možnost jízdy v elektrické trakci i v úsecích bez trakčního vedení. Předpokládaný horizont pro zahájení elektrického provozu těchto vlaků se očekává v roce 2028.

Pro uvedený princip provozování železniční dopravy byly v podkladovém dokumentu Ministerstva dopravy „Projekty prosté elektrizace pro dálkovou a nákladní dopravu“ definovány konkrétní linky dálkové osobní dopravy a vybrané provozy nákladní železniční dopravy. Na straně železniční dopravní cesty pak byl v uvedeném dokumentu navržen konkrétní rozsah elektrizace tratí a nových TNS. Pro návrh trakčního vedení a napájení byl uvažován výhradně systém střídavého napětí AC 25 kV, 50 Hz. U ostatních subsystémů infrastruktury mimo trakční vedení a napájení se předpokládají pouze taková opatření, která jsou přímo vyvolána nebo ovlivněna realizací nového trakčního vedení a následného provozu v elektrické trakci.

Tento dokument se nevěnuje jiným provozům v dieselové trakci, kde již pobíhá samostatná projektová příprava staveb zahrnující elektrizaci železniční sítě. Jedná se o ty části železniční sítě, kde již byla dokončena studie proveditelnosti nebo záměr projektu, které byly schváleny Centrální komisí MD ve variantě obsahující elektrizaci trati. Zároveň není v tomto dokumentu řešena i regionální železniční doprava, která bude do řešení předmětných částí železniční sítě zahrnuta v dalších fázích.

Tento dokument je zpracován v podobě technicko-ekonomické rozvahy, v němž jsou řešena konkrétní provozní a technická témata přímo související s možnostmi realizace staveb tzv. prostých elektrizací a se zavedením provozu BEMU na vybraných linkách dálkové osobní dopravy. Pro zpracování byly využity základní technické informace o železničním provozu a železniční infrastruktuře a bylo provedeno základní posouzení podmínek pro elektrizaci. Nebyla zpracována například podrobná dopravní technologie, technické řešení umístění trakčního vedení v železničních stanicích a v traťových úsecích, měření, energetické výpočty apod. Dokumentace byla zpracována interními kapacitami Správy železnic, státní organizace, bez projednání se samosprávami, objednateli dopravy, dopravci a dalšími. Předpokládá se, že na základě tohoto dokumentu bude na úrovni MD a SŽ stanoven konkrétní další postup pro jednotlivé části železniční sítě a v dalších fázích tak budou zpracovány standardní dokumentace dle směrnic MD a stavební legislativy, včetně standardního projednání s externími subjekty.

1.2 Cíle zpracování dokumentace

Cíle zpracování dokumentace jsou následující:

- stanovení základních parametrů bateriových elektrických jednotek,
- stanovit základní dopravně technologické potřeby dotčených linek dálkové dopravy,
- ověřit rozsah navrhované elektrizace modelovými výpočty spotřeby elektrické energie,
- navrhnout potřebná zařízení pro napájení bateriových jednotek dle prověřovaného rozsahu elektrizace,
- definovat základní podmínky plynoucí z elektrizace střídavou trakcí AC 25 kV, 50 Hz na ostatní subsystémy infrastruktury,
- stanovit odhad investičních nákladů na realizaci trakčního vedení, napájecích zařízení a případně další objektivně známé opatření u ostatních subsystémů infrastruktury,
- stanovit základní podmínky pro navazující procesy projektové přípravy, realizace a provozu, včetně vyhodnocení základních potenciálních rizik,

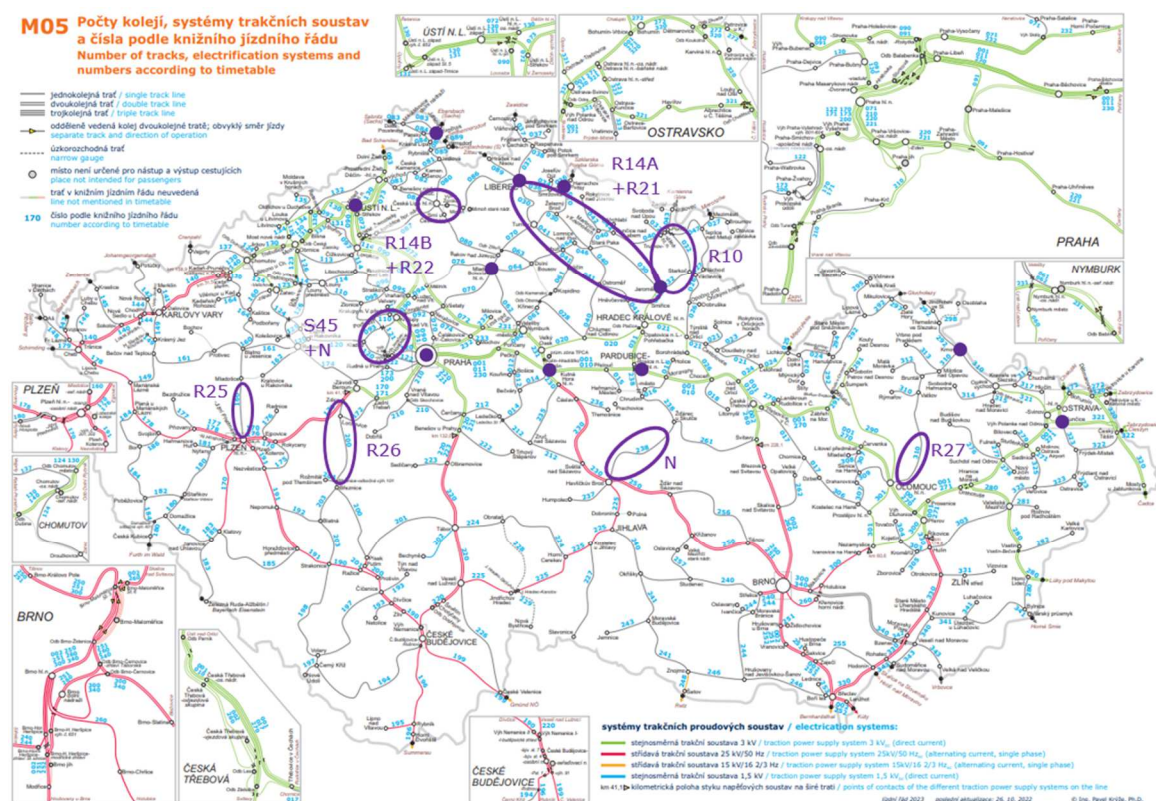
- vyhodnotit závěry a stanovit doporučení pro jednotlivé části železniční sítě.

1.3 Podklady pro zpracování dokumentace

- Projekty prosté elektrizace pro osobní dálkovou a nákladní dopravu (MD 8/2022).
- Plán dopravní obsluhy území vlaky celostátní dopravy. Zásady objednávky dálkové dopravy pro období 2022 – 2026.
- Veřejně dostupné technické informace k bateriovým jednotkám.
- Pasporty řešených částí železniční sítě SŽ.

1.4 Řešené části železniční sítě Správy železnic, státní organizace

Jednotlivé části železniční sítě SŽ určené pro realizace staveb prosté elektrizace byly definovány v dokumentu „Projekty prosté elektrizace pro dálkovou a nákladní dopravu“. Rozsah částí železniční sítě určené k prověření staveb prosté elektrizace je zobrazen na následujícím obrázku. Podrobně jsou jednotlivé úseky popsány v samostatných přílohách.



Tabulka 1 - Mapa částí železniční sítě k prověření staveb prosté elektrizace

1.5 Struktura dokumentace

Dokumentace je členěna následujícím způsobem:

- Souhrnná zpráva
- Přílohy č. 1 – 10 - Rozbor jednotlivých částí železniční sítě v rozsahu textové zprávy, traťových schémat a tabulky odhadu celkových investičních nákladů:
 1. R27: Olomouc – Krnov – Ostrava
 2. R10: Praha – Hradec Králové – Trutnov
 3. R14: Pardubice – Liberec
 4. R22: Kolín – Česká Lípa – Rumburk
 5. R21: Praha – Turnov – Tanvald

6. R14: Ústí nad Labem – Česká Lípa – Liberec
 7. R26: Praha – Příbram – České Budějovice
 8. R25: Plzeň – Žatec – Most
 9. Nákladní doprava: Havlíčkův Brod – Hlinsko
 10. Nákladní doprava: Kralupy nad Vltavou – Kladno, odb. Jeneček – Středokluky
- Příloha č. 11 - Případová studie posouzení ekonomické efektivity

2 Koncepční východiska a koordinace s ostatními železničními stavbami

2.1 Koncepce dálkové železniční dopravy

Primární zaměření této technicko-ekonomické rozvahy je z hlediska železniční dopravy v oblasti dálkové železniční osobní dopravy. Konkrétně vybraných rychlíkových linek. Jedná se o linky, které jsou aktuálně provozovány i o linky, jejichž provoz se uvažuje ve výhledu. Jedná se o následující linky.

1. R10: Praha – Hradec Králové – Trutnov
2. R14a: Pardubice – Stará Paka – Liberec
3. R14b: Ústí nad Labem – Česká Lípa – Liberec
4. R21a: Praha – Turnov – Tanvald
5. R21b: Praha – Mladá Boleslav – Česká Lípa
6. R22a: Kolín – Česká Lípa – Rumburk
7. R22b: Kolín – Mladá Boleslav – Liberec
8. R25: Plzeň – Žatec – Most
9. R26: Praha – Příbram – České Budějovice
10. R27: Olomouc – Krnov – Ostrava

Základním východiskem pro zpracování této problematiky byl dokument „Zásady objednávky dálkové dopravy pro období 2022 – 2026“. Tento dokument obsahuje plán dopravní obslužnosti území, zpracovaný Ministerstvem dopravy jako objednatelem dálkové dopravy pro období pěti let od roku 2022 do roku 2026. Jeho součástí je i stanovení základních přepravních potřeb a konstrukčních podmínek pro jednotlivé řešení linky dálkové dopravy.

Ve spolupráci s věcně příslušným odborem veřejné dopravy Ministerstva dopravy, jakožto gestorem této problematiky, byly pro zpracování předmětné technicko-ekonomické rozvahy podrobněji rozpracovány základní dopravně technologické parametry jednotlivých linek. Jednalo se zejména o problematiku parametrů vlakových souprav, dob obrátů v koncových stanicích, posilování kapacity u vybraných spojů a další. Ideově byl řešen i dlouhodobý horizont a možné změny, které mohou v budoucnu nastat v souvislosti s realizací vybraných železničních staveb. Podrobné informace k jednotlivým linkám dálkové dopravy jsou uvedeny v jednotlivých technických zprávách.

2.2 Koncepce regionální a nákladní železniční dopravy

Problematika regionální osobní železniční dopravy není v této dokumentaci zohledněna. Řešení této dopravy bude zahrnuto v navazujících projektových dokumentacích, případně bude řešena samostatnými koncepčními dokumenty. Řešení nákladní dopravy bylo omezeno na vybrané tratě, kde lze uvažovat se stavbou prosté elektrizace a tato elektrizace bude nákladní dopravou využitelná. Jedná se o úseky:

- Jaroměř – Trutnov, který se posuzuje i pro dálkovou osobní železniční dopravu,
- Kralupy nad Vltavou – Kladno-Ostrovec spolu s úsekem Jeneček – Středokluky,
- Havlíčkův Brod – Hlinsko v Čechách.

Nákladní doprava je v těchto případech řešena základním rozbohem stávajících přeprav a normativních parametrů.

2.3 Koncepce konverze stejnosměrné napájecí soustavy

Postup konverze stávající stejnosměrné trakční soustavy 3 kV na střídavou trakční soustavu 25 kV, 50 Hz je vrcholově ukotven v dokumentu Ministerstva dopravy „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014–2020 a naplnění požadavků TSI ENE“. Tento dokument stanovil výhledový stav, kdy postupně dojde k realizaci konverze do cílového stavu v podobě jednotné střídavé napájecí soustavy.

Stanovení konkrétní technické koncepce konverze a návrhu jejího postupu je řešen v jednotlivých studiích proveditelnosti zahrnujících vybrané oblasti v rámci železniční sítě ČR. Jedná se o oblasti:

- Ostravsko a Přerovsko,
- Olomoucko a Českořebevsko,
- Nymbursko, Královehradecko a Pardubicko,
- Ústecko a Mělnicko a
- Praha a Střední Čechy.

Na základě těchto studií proveditelnosti budou definovány konkrétní stavby v rámci nichž proběhne dílčí konverze určité části železniční sítě. Na základě aktuálních informací z příslušných studií proveditelnosti nelze ve sledovaném horizontu roku 2028 předpokládat realizaci konverze napájecí soustavy v žádné ze sledované oblasti. Proto při zpracování výpočtů elektrické spotřeby a průběhu stavu kapacity baterií železničních jednotek bude uvažován rozsah železniční sítě se stejnosměrnou trakční soustavou totožně, jako v současném stavu. Postupná konverze napájecí soustavy v těchto částech železniční sítě povede k pozitivním dopadům na provozování bateriových jednotek.

2.4 Plnění podmínek TSI a vyvolaná opatření na dopravní cestě

Technická náplň staveb prostých elektrizací se předpokládá v redukováném rozsahu oproti běžným elektrizacím zahrnujícím i modernizaci železničních tratí a stanic. Hlavní náplní těchto staveb se konkrétně uvažují realizace nového trakčního vedení a dle potřeb i nových trakčních napájecích stanic a souvisejících technologických objektů, elektrických přírodních vedení a podobně. Mimo uvedené budou v odůvodněných případech součástí i zásahy do ostatních subsystémů, kde si to konkrétní technické nebo prostorové podmínky vyžadují pro splnění normových a zákonných požadavků spojených s výstavbou a provozování střídavé trakční soustavy. Tímto však nebude prováděna zároveň změna výkonnosti konkrétních dotčených subsystémů infrastruktury, a tedy nebude u těchto subsystémů prováděno posouzení souladu s plněním TSI. Jedná se například o výměnu nevyhovujících kabelů, přeložky a lokální úpravy systému odvodnění, přeložky osvětlovacích stožárů apod.

V kapitole „Vliv elektrizace na stávající dopravní cestu“ jsou popsány základní podmínky pro realizaci střídavé trakční soustavy ve vztahu k jednotlivým objektům a prostorovým podmínkám. Konkrétní rozsah vyvolaných opatření na infrastrukturu nebylo možné u jednotlivých částí železniční sítě objektivně, věcně a finančně stanovit, jelikož toto bude možné až na základě provedených místních šetření, průzkumů a měření v rámci zpracování navazujících projektových stupňů. V jednotlivých technických zprávách jsou uvedeny pouze základní charakteristické vlastnosti a parametry jednotlivých částí železniční sítě bez konkrétního rozsahu nutných opatření a bez odhadu investičních nákladů. Celkově je rozsah těchto opatření jedním z hlavních rizik, které může mít negativní dopad na technickou náročnost staveb a výši celkových investičních nákladů.

Zkušenost nelze v tomto případě brát ani na základě dříve realizovaných staveb, jelikož stavby svým rozsahem se blíží definici stavby prosté elektrizace, byly realizovány před patnácti a více lety. V některých případech lze očekávat nutnost realizace i tzv. předelektrizačních úprav trati, což může být součástí samotných staveb prostých elektrizací anebo jako náplň samostatných souvisejících staveb.

2.5 Koordinace se souvisejícími stavbami Správy železnic, státní organizace

2.5.1 Investiční akce

Předmětné dálkové linky osobní železniční dopravy a vybrané provozy v nákladní dopravě využívají významnou část železniční sítě ČR zahrnující velké železniční uzly, desítky železničních stanic a traťových úseků a rovněž i infrastrukturu pro odstavení vlakových souprav a jejich údržbu. Na řadě míst aktuálně probíhá projektová příprava železničních staveb, ať už v úsecích neuvažovaných pro prostou elektrizaci, nebo i přímo v těchto úsecích. Tyto stavby mají svými parametry vliv na provozní podmínky železničního provozu, tak i na podmínky pro realizace prostých elektrizací. Dle charakteru staveb se jedná o stavby s lokálním dopadem, jako jsou například rekonstrukce traťových úseků nebo železničních stanic, ale zároveň i stavby se zásadním dopadem, jako je například soubor staveb nového železničního spojení Praha – Mladá Boleslav – Liberec.

V jednotlivých technických zprávách jsou u příslušných částí železniční sítě uvedeny související železniční stavby. Stavby prosté elektrizace bude v dalších stupních projektové přípravy nutné koordinovat s těmito stavbami. Koordinace bude muset být zajištěna zejména technicky, aby nedocházelo ke zmařeným investicím nebo v krajním případě znemožnění jejich realizace. V této souvislosti je nutné respektovat i pravidla udržitelnosti realizovaných staveb, kdy během určité doby nebude přípustný zásah do nově budovaných objektů. Rovněž je pak nutné zajistit koordinace staveb časově a výlukově pro snížení množství a náročnosti provizorních stavů a snížení negativních dopadů výluk na železniční provoz během jejich realizace.

2.5.2 Opravné práce

Jednotlivé železniční tratě a stanice vyžadují v krátkodobém a střednědobém horizontu i realizaci opravných prací vzhledem k technickému stavu a stáří konkrétních částí železniční dopravní cesty. Lze obecně předpokládat, že provozování bateriových jednotek bude vyžadovat vyšší nároky na spolehlivost dopravní infrastruktury a zároveň bude vyžadovat minimalizaci výlukových opatření. Tento požadavek lze očekávat z důvodu omezené kapacity baterií a z důvodu omezených možností nasazení záložních jednotek dle potřeby.

U jednotlivých tratí je proto potřebné realizovat zásadní opravné práce nejpozději do roku realizace prosté elektrizace (2028) a eliminovat tak počet staveb a s nimi spojených výluk v období alespoň pěti let od uvedení bateriových jednotek do provozu. Jedná se o taková opatření, která by byla nezbytná realizovat v daném období. Typicky se jedná o výměny kolejových roštů, rekonstrukce a sanace železničních mostů a propustků, rekonstrukce zabezpečovacích zařízení apod. Žádná z těchto opatření nejsou součástí určení orientačních nákladů jednotlivých staveb prostých elektrizací a jejich realizace by byla podmíněna vytvořením zvláštního finančního programu mimo prostředky určené pro zajišťování základní provozuschopnosti.

Pro jednotlivé části železniční sítě s uvažovanými stavbami prostých elektrizací byl ve spolupráci s příslušnými Oblastními ředitelstvími SŽ vyhodnocen stávající stav dopravní cesty z hlediska technického stavu i z hlediska compatibility se střídavou trakční soustavou. Obecně jsou jednotlivé traťové úseky a železniční stanice v různém technickém stavu a parametrech. Základní popis je pro jednotlivé části železniční sítě uveden v samostatných technických zprávách.

Pro konkrétní definování nezbytných opravných prací je nutné zpracování podrobného vyhodnocení stávajícího technického stavu infrastruktury a stanovit konkrétní rozsah staveb a plán jejich realizace. Toto je pak nutné činit v koordinaci s projektovou přípravou staveb prosté elektrizace a jiných souvisejících staveb předelektrizačních úprav, aby bylo zamezeno duplicitním opatřením nebo opatřením, jež budou vzájemně v rozporu.

3 Rozbor základních parametrů bateriových jednotek a podmínek pro jejich provoz

3.1 Přehled příkladů bateriových jednotek

3.1.1 Siemens Desiro ML ÖBB Cityjet eco



Obrázek 1 Siemens Desiro ML ÖBB Cityjet eco

Tabulka 2 Parametry Siemens Desiro ML ÖBB Cityjet eco

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost	140 km/h	120 km/h
Počáteční zrychlení	1 m/s ²	0,77 m/s ²
Zdroj napájení	15 kV AC / 25 kV AC	–
Trakční výkon	2 600 kW	?
Instalovaná kapacita baterie	–	528 kWh
Životnost baterie	–	průměrně 15 let
Předpokládaná ujetá vzdálenost na baterie	–	80–100 km
Doba dobíjení baterie	–	několik minut
Délka (přes nárazníky)	75,152 m	
Kapacita	244 sedadel	

Informace o vozidle:

- V případě potřeby může vlak urazit i delší vzdálenosti s podporou kompaktních rychlonabíjecích stanic.
- Společnost ÖBB objednala 189 ks těchto vlaků.

Informační zdroje:

- <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:b26911b1-2b0e-48b4-b593-81adbf032d75/db-desiro-ml-oebb-cityjet-eco-e.pdf>
- <https://www.mobility.siemens.com/at/de/unternehmen/newsroom/pressemitteilungen/siemens-mobility-batteriezug-desiro-ml-cityjet-eco-sparte-140-tonnen-co2-ein-.html>
- <https://www.railway-technology.com/projects/desiro-ml-cityjet-eco-passenger-train/>
- <https://www.urban-transport-magazine.com/en/siemens-obb-cityjet-eco-achieves-approval-for-passenger-operation/>
- <https://www.railvolution.net/news/four-car-desiro-ml-emus-for-obb>
- <https://press.siemens.com/global/en/feature/desiro-ml-multiple-units-austrian-state-railways-obb>

3.1.2 Bombardier Talent 3 BEMU



Obrázek 2 Bombardier Talent 3 BEMU

Tabulka 3 Parametry Bombardier Talent 3 BEMU

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost	140 km/h	140 km/h
Počáteční zrychlení	1,1 m/s ²	1,1 m/s ²
Zdroj napájení	15 kV AC	–
Trakční výkon	2 020 kW	1 000 kW
Instalovaná kapacita baterie	–	440 kWh
Životnost baterie	–	?
Předpokládaná ujetá vzdálenost na baterie	–	100 km
Doba dobíjení baterie	–	7–10 minut
Délka (přes nárazníky)	56,4 m	
Kapacita	169 sedadel	

Informace o vozidle:

- V roce 2018 společnost Bombardier Transportation tvrdila, že jednotka je schopna ujet až 40 km v režimu bateriového provozu bez dobíjení. Do roku 2019 chtěl výrobce vytvořit novou generaci jednotek Talent 3 BEMU s pracovním dosahem až 100 km. Nyní společnost Alstom, jakožto právní nástupce Bombardier Transportation, uvádí, že jednotka má za dobrých podmínek dojezd na baterie přibližně 150 km.

Informační zdroje:

- <https://www.railway-technology.com/projects/bombardier-talent-3-battery-train/>
- <https://www.railvolution.net/news/talent-3-bemu-in-passenger-service>
- <https://www.railtech.com/rolling-stock/2022/03/18/german-operator-vlexx-gets-rid-of-last-diesel-trains-by-battery-conversion/>
- https://www.railjournal.com/in_depth/battery-train-energises-race-to-replace-diesel/

3.1.3 Stadler Flirt Akku 3



Obrázek 3 Stadler Flirt Akku 3

Tabulka 4 Parametry Stadler Flirt Akku 3

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost	160 km/h	140 km/h
Počáteční zrychlení	?	?
Zdroj napájení	15 kV AC	–
Trakční výkon	1 000 kW	?
Instalovaná kapacita baterie	–	?
Životnost baterie	–	?
Předpokládaná ujetá vzdálenost na baterie	–	150 km
Doba dobíjení baterie	–	15 minut
Délka (přes nárazníky)	58,6 m	
Kapacita	154 sedadel	

Informace o vozidle:

- Společnost DB Regio objednala 113 ks vozidel, která budou provozována na severu Německa.

Informační zdroje:

- <https://www.stadlerrail.com/de/flirt-akku/details/>
- https://www.stadlerrail.com/media/pdf/datenblatt%20flirt%20akku_testtr%C3%A4ger.pdf
- <https://www.railtech.com/rolling-stock/2022/02/22/db-regio-orders-more-flirt-akku-battery-trains-from-stadler/>

3.1.4 Siemens Mireo Plus B (3-dílná jednotka)



Obrázek 4 Siemens Mireo Plus B

Tabulka 5 Parametry Siemens Mireo Plus B

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost	160 km/h	140 km/h
Počáteční zrychlení	?	1,1 m/s ²
Zdroj napájení	15 kV AC / 25 kV AC	–
Trakční výkon	1 700 kW	?
Instalovaná kapacita baterie	–	700 kWh (dvoudílná jednotka)
Životnost baterie	–	?
Přibližná ujetá vzdálenost na baterie	–	120 km
Doba dobíjení baterie	–	několik minut
Délka (přes nárazníky)	46,56 m	
Kapacita	160 sedadel	

Informace o vozidle:

- Spolková země Baden-Württemberg objednala 27 ks těchto vozidel.
- Společnost Niederbarnimer Eisenbahn objednala 31 ks těchto vlaků.
- Další 7 ks vozidel bylo objednáno dánskou společností Midtjyske Jernbaner.

Informační zdroje:

- <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:0a451202-2be4-485d-a736-974d74263e63/siemens-mobility-mireo-plus-b-mireo-plus-h-en.pdf>
- <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/stories/totally-fit-for-the-future-mireo-plus-b.html>
- <https://press.siemens.com/global/de/feature/der-batteriezug-mireo-plus-b-fuer-den-emissionsfreien-regionalverkehr-europa>

3.1.5 Alstom Coradia Continental BEMU



Obrázek 5 Alstom Coradia Continental BEMU

Tabulka 6 Parametry Alstom Coradia Continental BEMU

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost	160 km/h	160 km/h
Počáteční zrychlení	?	?
Zdroj napájení	15 kV 16,7 Hz	–
Trakční výkon	1 450 kW	?
Instalovaná kapacita baterie	–	min. 500 kWh
Životnost baterie	–	?
Přibližná ujetá vzdálenost na baterie	–	120 km
Doba dobíjení baterie	–	?
Délka (přes nárazníky)	56,4 m	
Kapacita	150 sedadel	

Informace o vozidle:

- Společnost Zweckverband für den Nahverkehrsraum Leipzig si objednala 11 ks těchto vlaků pro provoz mezi městy Leipzig a Chemnitz.

Informační zdroje:

- <https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/2/alstom-signs-first-contract-battery-electric-regional-trains-germany>

- <https://www.railvolution.net/news/coradia-continental-bemus-on-re-6-from-2023>
- <https://insideevs.com/news/397585/alstom-first-battery-electric-trains/>

3.1.6 Stadler WINK 2-car



Obrázek 6. Stadler WINK 2-car

Tabulka 7. Technické parametry – Stadler WINK 2-car

Technické parametry	DC mode	Battery mode
Maximální rychlost	140 km/h	140 km/h
Počáteční zrychlení	?	?
Zdroj napájení	1,5 kV DC	–
Trakční výkon	1 000 kW	748 kW
Instalovaná kapacita baterie	–	180 kWh
Životnost baterie	–	?
Přibližná ujetá vzdálenost na baterie	–	18-25 km
Doba dobíjení baterie	–	?
Délka (přes nárazníky)	55,5 m	
Kapacita	153 sedadel	

Informace o vozidle:

- Na začátku roku 2022 začala společnost Arriva Nederland uvádět do provozu tyto bateriové jednotky.

Informační zdroje:

- <https://www.stadlerrail.com/media/pdf/warr0420e.pdf>
- <https://www.railtech.com/rolling-stock/2022/03/03/dutch-trial-runs-with-modified-stadler-wink-train-set-successful/>
- <https://www.railvolution.net/news/the-first-winks-in-the-netherlands>

3.1.7 Škoda Regiopanter – BEMU



Obrázek 7 ŠKODA Regiopanter BEMU

Tabulka 8 Parametry ŠKODA Regiopanter BEMU

Technické parametry	AC mode	Battery mode
Maximální rychlost		120 km/h
Počáteční zrychlení	?	?
Zdroj napájení	3 kV DC / 25 kV AC	–
Trakční výkon	–	?
Instalovaná kapacita baterie	–	min. 400 kWh
Životnost baterie	–	8–15 let
Přibližná ujetá vzdálenost na baterie	–	60–80 km
Doba dobíjení baterie	–	?
Délka (přes nárazníky)	?	
Kapacita	?	

Informace o vozidle:

- Prozatím se jedná o připravovaný prototyp, z tohoto důvodu doposud nejsou uveřejněny detailnější technické parametry.

Informační zdroje:

- <https://www.railway.supply/en/skoda-completes-development-of-the-first-czech-battery-train/>
- https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/77988/BP_Lokvenc_Michal.pdf?sequence=1
- <https://www.hitachirail.com/products-and-solutions/rolling-stock/battery/>
- <https://ceetransport.com/cd-announces-first-tender-for-battery-operated-trains-2378/>

3.2 Podmínky pro provoz BEMU jednotek

3.2.1 Obecně

Aktuálně jsou bateriové jednotky provozovány na několika železničních tratích v rámci EU v režimu ověřovacího provozu a testovacích jízd. Zpravidla se jedná konstrukčně o běžně provozované elektrické jednotky, do nichž jsou dodatečně instalovány baterie s příslušným technologickým a technickým vybavením. Konkrétní provozní a technické parametry jsou od výrobců těchto vozidel dostupné pouze v omezené míře, stejně tak poznatky z reálného provozu. Tato skutečnost má negativní dopad na posouzení podmínek reálného provozu těchto jednotek, zejména z hlediska dostatečné kapacity baterií pro spolehlivý a bezpečný provoz.

Z výše uvedeného důvodu bude nutné průběžně sledovat výsledky ověřovacích provozů bateriových jednotek v testovacím režimu a následně i v běžném provozu v zahraničí. Zároveň lze očekávat další technologický vývoj ve výrobě baterií, který by měl vést ke zvyšování jejich kapacity a spolehlivosti. Dle získaných poznatků z veřejně dostupných zdrojů k jednotlivým bateriovým jednotkám jsou v dalších částech této kapitoly sestaveny základní provozní a technické parametry, které byly následně použity pro výpočty spotřeby elektrické energie a pro ověření rozsahu elektrizovaných tratí ve vztahu ke kapacitě baterií.

3.2.2 Traťová třída zatížení

Bateriové jednotky, které budou uvažovány pro provoz v rámci sítě SŽ, budou muset být zaříděny do příslušné traťové třídy zatížení z hlediska jejich konkrétních hmotností na nápravu a geometrii podvozku dle „ČSN EN 15528 Železniční aplikace – Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidla“. Aktuálně není u žádné bateriové jednotky toto zařídění provedeno, proto nelze stanovit konkrétní podmínky na infrastrukturu z hlediska dosahované minimální traťové třídy zatížení. V této technicko-ekonomické rozvaze se předpokládá, že vyhovujícím pro tyto typy vlakových jednotek by měla být traťová třída zatížení na úrovni minimálně C3, což předpokládá maximální hmotnost 20 tun na nápravu a maximální hmotnost 7,2 tun na metr délky vozidla.

Dle výše uvedeného se u tratí určených pro provoz bateriových jednotek předpokládá traťová třída zatížení C3 a u jednotlivých tratí se posuzuje, zda je tento minimálně požadovaný parametr traťové třídy zatížení dodržen.

3.2.3 Systémy trakčního napájení

Pro dobíjení baterií v elektrických jednotkách lze primárně využívat systém trakčního vedení na straně dopravní infrastruktury a sběrače na straně železničního vozidla. Technicky možné je i dobíjení baterií pomocí kabelového připojení ze silnoproudého zařízení, které se používá například pro předtápění souprav, provádění úklidu apod. Využití trakčního vedení umožňuje dobíjení baterií za jízdy vozidla pod trakčním vedením a při pobytech ve stanicích. Výhodou je vysoký dostupný výkon a žádné dodatečné personální a organizační nároky na obsluhu. Dobíjení pomocí kabelového připojení je vhodné v případě nočního odstavení, kdy se zpravidla provádí servisní úkony na vozidlech a není nutný takový elektrický výkon (delší čas pobytu BEMU), jako v případě denního dobíjení, kdy je nutná určitá rychlost dobíjení (krátký čas pobytu BEMU).

Na síti SŽ lze dle stávajícího rozsahu elektrizace využít trakční vedení střídavé napájecí soustavy 25 kV, 50 Hz nebo stejnosměrné napájecí soustavy 3 kV. Aktuálně testované bateriové jednotky vycházejí z běžně provozovaných jednotek mimo železniční síť SŽ, převážně na tratích ÖBB a DB. Jedná se proto zpravidla o jednotky využívající trakční napájení střídavé trakce AC 15 kV, 16,7 Hz. Výjimkou z popisovaných jednotek je jednotka Stadler Wink, která je provozována v síti Nizozemských železnic a využívá stejnosměrné trakční napájení DC 1,5 kV. Vícesystémové BEMU, které by umožňovaly napájení střídavou trakcí AC 25 kV i stejnosměrnou trakcí DC 3 kV, nejsou aktuálně nikde testovány, jsou pouze vyvíjeny do výroby (Škoda Group, CAF).

S ohledem na tento zjištěný stav nelze pouze převzít konkrétní testované vozidlo z výše uvedených a aplikovat jeho parametry na provoz ve vybraných úsecích železniční sítě SŽ. Technicky nejjednodušší cestou je úprava bateriových jednotek pro provoz pod střídavou napájecí soustavou AC 15 kV, 16,7 Hz na systém střídavého napětí používaný v síti SŽ AC 25 kV, 50 Hz. Nasazení těchto vozidel je zároveň v souladu s postupnou konverzí stávajících úseků se stejnosměrnou trakční soustavou na střídavou.

Další z možností je nasazení vícesystémových bateriových jednotek, které budou moci využívat kromě střídavé napájecí soustavy i stejnosměrnou. V určitých případech může být nasazení tohoto typu soupravy nezbytné, a to zejména tam, kde je daná linka dálkové dopravy provozována ve větším rozsahu právě ve stejnosměrných úsecích s vysokými nároky na kapacitu baterií. Takovéto vozidlo by bylo bez dodatečného technického zásahu využitelné i v případě budoucí konverze dotčených stejnosměrných úseků. Nevýhodou u dobíjení baterií s využitím stejnosměrného napájení je výrazně nižší možný elektrický výkon a tím pádem i delší doba nutná pro dobíjení baterií.

Poslední možností je nasazení bateriové jednotky využívající výhradně stejnosměrnou napájecí soustavu. V tomto případě je zásadní nevýhodou budoucí nutná přestavba jednotek po provedení konverze napájecí soustavy na střídavou. Zároveň je i v tomto případě nutné upozornit na výrazně nižší možný elektrický výkon pro dobíjení baterií a tím i nutnou delší dobu pro jejich dobíjení.

Vzhledem k výše uvedenému bylo modelově uvažováno s nasazením bateriových jednotek využívajících výhradně střídavou napájecí soustavu AC 25 kV, 50 Hz. Na základě provedených výpočtů spotřeby elektrické energie a limitních stavů kapacity baterií pro dané linky dálkové dopravy bylo pak individuálně posouzeno, zda je nutné přistoupit k vícesystémovému provedení jednotek.

3.2.4 Kapacita baterií

Kapacita elektrické energie v bateriích je ovlivněna konstrukčními možnostmi železničních vozidel a dostupnými technologiemi pro výrobu samotných bateriových článků. Údaje o maximální kapacitě se u zjištěných příkladů bateriových vozidel liší. V reálném provozu je pak nutné kapacitu baterií přizpůsobovat konkrétním podmínkám na dané lince a dle potřeby případně snižovat kapacitní nároky a tím i pořizovací a provozní náklady. Důležitým aspektem pak je i rozsah elektrizace na straně dopravní infrastruktury, kdy vhodnou optimalizací tohoto rozsahu lze snižovat nároky na kapacitu baterií.

Vzhledem k tomu, že se údaje o kapacitě baterií liší u jednotlivých jednotek popsaných v kapitole 3.1, bylo pro tuto dokumentaci nutné zvolit konkrétní modelovou hodnotu. To jsou hodnoty, které jsou přibližně uvažovány u aktuálně testovaných bateriových jednotek popsaných v kapitole 3.1. Tyto hodnoty nelze brát jako limitní, ani pevně stanovené pro konkrétní linku. Úroveň kapacity se pak může lišit dle konkrétních konstrukčních změn na vozidlech nebo při dalším očekávaném technologickém vývoji ve výrobě bateriových článků.

Pro prvotní posouzení potřebné kapacity baterií na předpokládaný rozsah elektrizace byla pro výpočty spotřeby elektrické energie jednotlivých souprav modelově použita maximální efektivně využitelná kapacita 500 kWh pro třívozovou jednotku a 300 kWh pro dvouvozovou jednotku.

3.2.5 Spolehlivost baterií a efektivní využití jejich kapacity

Z praktického užívání baterií v různých oblastech, zejména v dopravních prostředcích, vyplývají určitá omezení využití jejich maximální kapacity. Prvním omezením je efektivní využití horních i dolních limitů kapacity. Pro bateriové železniční jednotky lze dle současných poznatků očekávat praktické hodnoty využitelnosti kapacity bateriových bloků pro nabíjení a vybíjení v rozsahu od 20 % do 80 %, tj. z celkové kapacity bateriových bloků lze využívat 60 % kapacity pro dosažení nezbytné provozní spolehlivosti. Tento rozptyl mezi oběma

limitními hodnotami může být odlišný pro různá vozidla a různé typy baterií. Konkrétní hodnoty proto závisí i na konstrukci a způsobu řízení systému nabíjení na vozidle a garanci počtu nabíjecích cyklů výrobcem baterií. Z tohoto důvodu musí být dosahována vyšší teoretická maximální hodnota kapacity baterií. Ve výpočtech spotřeby elektrické energie v této dokumentaci je uvažováno s hodnotami efektivně využitelné maximální kapacity, tj 60 % z celkové kapacity baterie a nikoliv technické maximální kapacity.

V rámci zpracování této dokumentace bylo snahou získat dosavadních zkušeností s reálným provozem bateriových jednotek. Bohužel však nebylo možné získat dostatečně relevantní vzorek testovacích cyklů s ověřením v běžném provozu, z čehož by šla vyvodit dosahovaná spolehlivost bateriových článků, četnosti výpadků apod. Proto se tato dokumentace věnuje spolehlivosti baterií pouze v obecné rovině. Opět na základě obecných zkušeností s provozem baterií v jiných oblastech lze předpokládat, že může docházet k výpadkům baterií, ke snižování jejich kapacity v závislosti na počtu dobíjecích a vybíjecích cyklů, ke snižování rychlosti dobíjení, a podobně. Dalším faktorem, který má vliv na využití kapacity baterií, jsou odchylky v běžném provozu oproti konkrétnímu uvažovanému jízdnímu řádu daných linek dálkové dopravy. Jednak může docházet ke změnám jízdního řádu, které mohou vést například ke zkrácení obratu a doby dobíjení baterií během pobytu ve stanici, nebo může docházet vlivem různých mimořádných událostí k prodloužení jízdních dob vlaků v úseku jízdy s aktivním využitím baterií. Jedná se například o výluková opatření při stavbách na tratích, překážky na trati, výpady zabezpečovacího zařízení, dočasná snížení rychlosti apod.

V reálném provozu je proto nutné stanovovat konkrétní kapacitu baterií včetně odpovídajících rezerv, které by zamezily mimořádnému zastavení bateriových jednotek z důvodu nedostatku elektrické energie v bateriích. Konkrétní návrh rezerv kapacity je nutné řešit samostatně pro konkrétní provozní ramena a předpokládané typy bateriových jednotek.

3.2.6 Rychlost dobíjení baterií

Rychlost dobíjení baterií je závislá na straně železničního vozidla na konkrétních konstrukčních a technologických možnostech baterií a souvisejícího elektrického vybavení a na straně dopravní infrastruktury na dostupném výkonu v trakčním vedení nebo kabelovém připojení. Rychlost dobíjení pak má vliv i na životnost baterií a úbytek jejich kapacity v čase, proto může praktickou rychlost dobíjení baterií ovlivňovat i tento faktor. Pro bateriové jednotky popsané v kapitole 3.1 uvádí jednotliví výrobci parametr času, za který lze dobít baterie z vybitého do plně nabitého stavu. Uvádí se zpravidla doby od 10 minut do 30 minut pro napájení z trakčního vedení střídavé trakce. V podmínkách železniční sítě SŽ, lze zjednodušeně uvažovat při použití střídavého trakčního napětí 25 kV, 50 Hz s maximálním elektrickým proudem na jeden sběrač 80 A při stání vozidla, s dosažením maximálního elektrického výkonu 2 MW. Tento výkon je podmíněn dostatečně kapacitními vedeními a přípojkami i s ohledem na jiné trakční odběry, které příslušné TNS zajišťují. V případě uvažování napájení ze stejnosměrného trakčního vedení DC 3 kV nebo kabelových připojení nelze uváděného elektrického výkonu prakticky dosáhnout a reálně by tak byl elektrický výkon výrazně nižší a tím i nutně delší potřebná doba pro dobíjení baterií. Zároveň v případě kabelového připojení je nutné brát v potaz i nutné manipulace, školený personál a dostatečně potřebný vymezený prostor.

Pro odběr BEMU při jízdě se uplatní hodnoty proudu dle ČSN EN 50388 pro jeden vlak, tj. u sběrače EHV (pro jeden vlak - příloha F) pro AC 25 kV 800 A; DC 3 kV 3000 A. Hodnoty elektrických proudů se odvíjejí od nastavení proudových ochran, které jsou závislé na délce napájeného úseku atd. Současně platí dle ČSN EN 50163 pro hodnoty napětí následující tabulka.

Tabulka 9 – Jmenovitá napětí a jejich přípustné mezní hodnoty a doby trvání

Elektrizační soustava	Nejnižší krátkodobé napětí U_{min2} V	Nejnižší trvalé napětí U_{min1} V	Jmenovité napětí U_n V	Nejvyšší trvalé napětí U_{max1} V	Nejvyšší krátkodobé napětí U_{max2} V
DC (střední hodnoty)	400	400	600 ^a	720	800
	500 ^c	500	750	900 ^c	1 000
	1 000	1 000	1 500	1 800 ^c	1 950
	2 000	2 000	3 000	3 600	3 900 ^b
AC (efektivní hodnoty)	11 000	12 000	15 000	17 250	18 000
	17 500 ^c	19 000 ^c	25 000	27 500 ^c	29 000
Zvláštní národní podmínky pro Francii - viz přílohu B.					
^a Nově plánované DC trakční soustavy pro tramvaje a místní dráhy mají odpovídat jmenovitému napětí soustavy 750 V, 1 500 V nebo 3 000 V. ^{“)}					
^b Zvláštní národní podmínky pro Belgie - viz přílohu B. ^{“)}					
^c Zvláštní národní podmínky pro Spojené království - viz přílohu B. ^{“)}					

Rychlost dobíjení baterií je nutné posuzovat v každém konkrétním případě individuálně. Při dimenzování kapacit přípojek a stanovování času pro dobíjení baterií je nutné respektovat dané technické možnosti při zohlednění provozní i nákladové efektivity. Uváděných 15 minut pro dobíjení baterií lze brát jako přibližné technické maximum.

3.2.7 Dojezdová vzdálenost v režimu aktivního využití baterií

U analyzovaných bateriových jednotek v kapitole 3.1 uvádí zpravidla jejich výrobci i tzv. parametr dojezdové vzdálenosti s využitím uložené elektrické energie v bateriích. Uvádí se hodnoty přibližně mezi 60 a 80 km. Při provádění výpočtů elektrické spotřeby v rámci zpracování této dokumentace byla vypočtena trakční spotřeba pro všechny jednotlivé tratě v obou směrech jízdy vlaků. Zároveň byla vypočtena odhadovaná netrakční spotřeba vztažená na počet vozů v jednotce, tj. 40 kWh/vůz a konkrétní jízdní doby. Z provedených výpočtů vyplývá, že parametr dojezdové vzdálenosti pro typové bateriové jednotky lze brát jen velmi orientačně s omezenou vypovídací schopností pro konkrétní traťové úseky. Zásadními faktory, které mají vliv na praktickou dojezdovou vzdálenost s využitím baterií, jsou sklonové poměry na trati, maximální traťová rychlost, počet zastavení na trati, rozsah rychlostních propadů, možnosti rekuperace elektrické energie a celková jízdní doba od začátku takového úseku po jeho konec.

Uváděnou teoretickou dojezdovou vzdálenost je nutné brát pouze orientačně. Dojezdovou vzdálenost v režimu aktivního využití baterií je vždy nutné vypočítat samostatně pro konkrétní trať a směr jízdy se zohledněním daného jízdního řádu.

4 Základní metodika výpočtu spotřeby elektrické energie a průběhu čerpání kapacity baterií

4.1 Základní dopravně technologické parametry

Pro jednotlivé linky dálkové dopravy s uvažovaným provozem bateriových jednotek byly provedeny konkrétní modelové výpočty spotřeby elektrické energie a průběhu čerpání kapacity baterií. Jedním ze vstupních parametrů do výpočtů byly dopravně technologické parametry jednotlivých linek. Jedná se o:

- parametry kmenových jednotek,
- případně posilové jednotky,
- jízdní doby,
- doby pobytů v železničních stanicích,
- doby obratu v koncových železničních stanicích.

Vzhledem k horizontu prověřování staveb prostých elektrizací (rok 2028) byly do výpočtů zahrnuty stávající parametry infrastruktury. U jednotlivých linek se předpokládá obvykle postupné zkracování jízdních dob, které bude spojeno zejména se zvyšováním traťových rychlostí nebo s odstraňováním rychlostních propadů po realizaci příslušných železničních staveb. Tyto budoucí změny mají určitou citlivost na dosahované výsledky. Pozitivním vlivem může být například zkrácení jízdních dob v úsecích s aktivním využitím baterií (snížení netrakční spotřeby, která je závislá na čase nebo snížení trakční spotřeby z odstranění propadů rychlosti a nutnosti opakovaných zrychlení). Naopak negativním vlivem může být zkrácení pobytů v železničních stanicích s nutným dobíjením baterií na velmi krátký čas (potřeba vyšší rychlosti pro dobíjení nebo snížení praktické maximálně dodané energie do baterie za limitně stanovený čas) nebo vyšší míra využití jízdy traťovou rychlostí s menším podílem jízdy výběhem (vyšší energetická náročnost jízdy).

4.2 Základní parametry baterií

Pro výpočet průběhu čerpání kapacity baterií byly pro jednotlivé linky dálkové dopravy uvažovány jednotně následující modelové parametry baterií:

- využitelné napájení pro dobíjení baterií: Ve výpočtech uvažováno výhradně s využitím trakčního vedení AC 25 kV, 50 HZ při odběru proudu max. 80 A na jeden sběrač,
- maximální využitelná kapacita baterií třívozové jednotky: 500 kWh,
- maximální využitelná kapacita baterií dvouvozové jednotky: 300 kWh,
- minimální využitelná kapacita baterií: Technicky lze uvažovat 20% maximální kapacity baterií. Pro posouzení dostatečnosti rozsahu elektrizace však nebylo toto omezení uplatněno a výpočty byly prováděny dle stanoveného rozsahu elektrizace,
- doba dobíjení baterií: U dvou i třívozových jednotek modelově uvažováno s dobou 15 minut z teoretického nulového stavu kapacity baterií do maximálně využitelné kapacity.

4.3 Výpočet trakční spotřeby

Spotřeba elektrické energie pro trakční výkon byla vypočtena pro třívozovou jednotku typu Cityelefant (jednotka 471 Českých drah) dle stávajícího jízdního řádu a za stávajících parametrů infrastruktury. Spotřeba byla vypočtena pro scénář s využitím rekuperace elektrické energie a pro scénář bez tohoto využití. Pro dvouvozovou jednotku byla vypočtena spotřeba na trati Plzeň – Most, kde výsledky ukázaly, že dvouvozová jednotka bude mít o cca 30 % menší spotřebu v úsecích s nutným odběrem elektrické energie a o cca 30 % nižší rekuperaci v úsecích, kde je jízda vlaku bez trakčního výkonu. Pro výpočet této spotřeby nebyla

uvažována regulace výkonu trakčních pohonů, zejména s omezením velikosti zrychlení pro možné snížení spotřeby. S touto regulací bývá v některých případech uvažováno při využití vyšších rychlostí nad 100 km/h. Z dvoupodlažní řady 471 nelze předpokládat odvození spotřeby soupravy BEMU, ale hodnoty spotřeby u jednopodlažní elektrické jednotky se stejným počtem vozů by se neměly výrazně lišit vzhledem k podobné hmotnosti soupravy (471: 155 t, 640: 160 t, 4746 ÖBB 145 t).

4.4 Výpočet netrakční spotřeby

Do celkové spotřeby elektrické energie je nutné započítat i tzv. netrakční spotřebu, kdy se jedná o energii pro vytápění, klimatizace, osvětlení, pomocné pohony apod. Dle předběžných zjištění je očekávaný příkon netrakčních odběrů pro jednu dvouvozovou jednotku v rozmezí 80–100 kW. Do výpočtů byla uvažována spotřeba 40 kWh/vůz příslušné vlakové jednotky. Tuto hodnotu lze považovat za minimální. Konkrétní netrakční spotřeba bude v praktickém provozu velmi variabilní vzhledem k výkyvům počasí a bude v praxi nutné podrobněji posoudit spotřebu pro jednotlivé linky. Do provedených počtů trakční i netrakční spotřeby nejsou zohledněny ztráty, které zpravidla vznikají u dobíjení baterií. Ke ztrátám energie, především ve formě tepla, dochází na každém kroku cesty od elektrické sítě k baterii. Konkrétní hodnoty těchto ztrát nebylo možné ověřit, a tedy ani zahrnout do výpočtů.

4.5 Závěry z výpočtů a doporučení

Pro každou jednotlivou linku a typovou vlakovou soupravu bylo snahou provést maximálně objektivní výpočet spotřeby elektrické energie s prokazatelnými vstupními parametry a jejich hodnotami, na jehož základě by bylo možné posoudit průběh čerpání kapacity baterií a ověřit, zda uvažovaný rozsah elektrizace příslušných úseků železniční sítě SŽ je dostačující nebo nikoliv. Toto posouzení bylo u jednotlivých linek provedeno jak pro kmenové soupravy, tak i pro případné posilové spoje. Vyhodnocení výpočtů pro jednotlivé linky je obsaženo v konkrétních technických zprávách. V této souhrnné zprávě lze dosahované výsledky zobecnit následovně:

1. Z provozování bateriových jednotek jsou v současné době dostupné pouze velmi obecné zkušenosti, na základě nichž by se dalo ověřit praktické chování baterií v reálném provozu. Tyto zkušenosti jsou však velmi užitečné až nezbytné. Proto kromě podrobnějších výpočtů, které bude nutné provádět v dalších fázích projektové přípravy pro konkrétní linky/tratě, je vhodné provádět i testovací jízdy na vybraných traťových úsecích.
2. Do výpočtů bylo nutné uvažovat několik modelových parametrů bateriových jednotek, které byly stanoveny na základě odborného odhadu s využitím dostupných informací od výrobců bateriových jednotek a technické parametry střídavé napájecí soustavy AC 25 kV, 50, Hz. Pro zpracování podrobnějších výpočtů v dalších projektových stupních je nutné tyto vstupní parametry ověřit, doložit a zpřesnit jejich reálnost v podmínkách železniční sítě ČR.
3. Pro správné stanovení podmínek pro technickou koncepci staveb prosté elektrizace a konkrétních parametrů bateriových jednotek je kromě podrobných výpočtů průběhu kapacity baterií nutné stanovit reálné faktory, které mohou mít vliv na spolehlivost provozu. Jedná se zejména o vliv mimořádností v železničním provozu, výluková opatření, výpadky elektrického napájení nebo snížení elektrického výkonu, úbytek kapacity baterií v čase apod. Pro každý případ je proto nutné stanovit zejména potřebnou maximální využitelnou kapacitu baterií a minimální přípustný stav kapacity baterií v běžném provozu zahrnující i rezervu pro případ mimořádně vyšší spotřeby elektrické energie při výše uvedených provozních odchylkách.
4. I přes nedostatečně relevantní vstupní podmínky do výpočtů, které jsou způsobeny aktuálním stavem dané problematiky, lze zjednodušeně pro jednotlivé linky vyvodit prvotní závěry, zda je navržený rozsah elektrizace potenciálně dostatečný nebo nikoliv za uvažovaných podmínek. Řada traťových úseků se ukázala jako kritická, kdy se modelově stav kapacity baterií dostal až pod provozně minimální technickou hranici 20 %, v některých případech i dokonce do záporných hodnot. V některých případech

pak bylo dosaženo vyšších hodnot, než uvedených 20 % kapacity baterie, avšak s žádnými nebo velmi malými rezervami. Jedná se o ty úseky, kde dosahuje baterie hodnot v rozmezí 20–50 %. Úseky s dosahovanou minimální hodnotou kapacity baterie nad 50 % lze velmi pravděpodobně považovat za vyhovující, což by měly doložit výpočty v dalších fázích projektové přípravy nebo testovací jízdy.

5. U úseků, kde je dosahováno méně než 50 % kapacity baterie, je nutné hledat takové úpravy, které povedou k lepším výsledkům a reálným možnostem zavedení bateriových jednotek na příslušné linky dálkové dopravy. Zpravidla se jedná o tato opatření a jejich kombinace:
 - a. **Uvažování vícesystémových jednotek i se stejnosměrným systémem DC 3 kV.** Toto opatření bude mít výrazný efekt u těch linek, které jsou ve značné délce vedeny v úsecích se stejnosměrnou trakční napájecí soustavou. Je však nutné předpokládat s omezeními na DC soustavě, viz kapitola 3.2.6.
 - b. **Navýšení kapacity baterií.** V případě, že to konstrukční možnosti železničních vozidel dovolí, je možným opatřením zvýšení maximální kapacity baterií v příslušných bateriových jednotkách.
 - c. **Rozšíření úseků prosté elektrizace.** V některých případech může být výhodným řešením rozšířit uvažovaný rozsah elektrizované sítě o dalších traťových úseků a stanice.
 - d. **Termínový posun nasazení bateriových jednotek.** V návaznosti na konverzi vybraných částí železniční sítě se stejnosměrnou napájecí soustavou, je možné zkoordinovat nasazení bateriových jednotek na dobu, kdy proběhne konverze napájecí soustavy nebo realizace jiných elektrizačních staveb.

V dalších fázích projektové přípravy jednotlivých staveb prostých elektrizací a vytváření podmínek pro zadávací řízení na provozovatele příslušných linek dálkové dopravy je nutné hledat optimální řešení jak na straně železničních vozidel, tak i na straně železniční infrastruktury. U jednotlivých případů se jedná i o více možných variant, které musí být posouzeny a teprve po té může být rozhodnuto o konkrétním provozně-technickém řešení konkrétních staveb prostých elektrizací.

5 Základní principy a podmínky pro návrh trakčního vedení a elektrického napájení

5.1 Trakční vedení

Konstrukce a provedení (montáž) trakčního vedení musí zabezpečit kvalitní a spolehlivou dodávku elektrické energie pro elektrická hnací vozidla nebo jednotky. Jako „Prvek interoperability evropského železničního systému“ musí trolejové vedení zajišťovat dokonalou slučitelnost s technickými charakteristikami použitých kolejových vozidel, zejména jejich sběračů podle vyhlášky č. 352/2004 Sb., o provozní a technické propojenosti evropského železničního systému, ve znění pozdějších předpisů. Podle nařízení vlády č. 133/2005 Sb., o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému, ve znění pozdějších předpisů, musí výrobce prvku interoperability (trakčního vedení) na základě Certifikátu o přezkoumání typu vydaného notifikovanou osobou prokázat shodu s přezkoumaným typem „ES prohlášením o shodě“. Tento základní požadavek musí být splněn při realizaci nově elektrizovaných úseků trati.

V rámci staveb prostých elektrizací musí být dodržena výše uvedená východiska. Pro liniově elektrizované železniční tratě a stanice je uvažována elektrizace výhradně střídavou napájecí soustavou AC 25 kV, 50 Hz za použití standardní sestavy „S“. U traťových úseků se jedná o jednokolejné tratě. Železniční stanice jsou různě uspořádané s různým počtem staničních kolejí, různým počtem nástupišť a podobně. Nové trakční vedení se předpokládá podle vzorové dokumentace typu S. U traťových úseků bude trakční vedení osazeno pomocí sloupů ve vzájemných vzdálenostech a konkrétním umístěním napravo nebo nalevo od trati dle směrových a územních podmínek vedení trati. V železničních stanicích se zpravidla předpokládá osazení trakčních bran s podpěrami na okrajových stranách kolejiště a trakční vedení bude rozvedeno nad konkrétně elektrizovanými kolejemi a výhybkovými rozvětveními. Modelově se v této práci předpokládá elektrizace všech dopravních kolejí dotčených dopraven.

Předpokládá se, že v traťových úsecích musí být vzdálenosti líců podpěr TV dle normy ČSN 34 1500 ed. 2 minimálně 3 metry, zvětšená v obloucích poloměru menšího než 4000 m nebo při převýšení vzdálenějšího kolejnicového pasu; doporučená hodnota je 3,1–3,4 m. Ostatní vzdálenosti líců podpěr TV ve stanicích jsou uvedeny v tabulce č. 3 normy ČSN 34 1530 ed. 2; protože od hlavní koleje je minimální vzdálenost líce podpěry TV stanovena na 3,0 m, nelze při osově vzdálenosti pod 5,5 m umísťovat vedle hlavní koleje podpěry TV a je tak třeba navrhovat brány. Musí být dodržena minimální přípustná výška trolejového drátu dle normy ČSN 34 1530 při napěťové hladině 25 kV AC nad TK 5,10 m. Současně také musí být dodržena vzdušná vzdálenost živých částí této napěťové hladiny včetně sběračů od neživých částí dle ČSN EN 50 119 a to 0,270 m. Musí být zachovány vzdušné vzdálenosti dle tabulky 2 normy ČSN 34 1530 ed. 2. Nesmí dojít k navržení přerušovaného trakčního vedení okolo umělých staveb jako jsou silniční mosty a lávky. U tunelů, které nevyhoví svým stavem a zejména rozměry pro umístění trakčního vedení, je uvažováno s obchodím vedením.

Součástí realizace nového trakčního vedení musí být i dálkové ovládání úsekových odpojovačů. V rámci řešení trakčního vedení u jednotlivých staveb je nutné řešit vhodnost využití elektrické energie v trakčním vedení i pro napájení silnoproudých zařízení, jako jsou elektrické ohřevy výhybek, zabezpečovací zařízení apod.

Trakční vedení navrhované výhradně pro dobíjení baterií při pobytu vlakových souprav v železničních stanicích je popsáno v kapitole 5.3.

5.2 Trakční napájecí stanice pro trakční vedení AC 25 kV

5.2.1 Základní principy

Principy řešení trakčních napájecích stanic (TNS) je v obecné rovině nutné uvažovat v souladu se studií koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu (SUDOP Praha a SUDOP BRNO pro MD ČR, 2016 – schválenou CK MD ČR dne 20. 12. 2016), tudíž při uvažované elektrizaci tratí počítá s napájením trakčního vedení napětím 25 kV AC.

Součástí zpracování této technicko-ekonomické rozvahy nebyl návrh konkrétních lokací pro realizaci nových TNS, ani řešení jejich připojení na elektrickou rozvodnou síť a řešení vnitřních technologií. Zpracování takového návrhu bude možné až v podrobnějším projektovém stupni při zohlednění investičních nákladů a místních podmínek. Pro tento návrh bude nutné zejména:

- a. zpracovat energetické výpočty pro požadovanou a výhledovou dopravu s odpovídajícími výkony vlaků a popisem infrastruktury,
- b. s ohledem na zjištěné parametry místa připojení stanovit koncepci návrhu klasické x SFC technologie pro daný projekt,
- c. na základě výsledků energetických výpočtů definovat parametry žádosti o rezervovaný příkon z distribuční sítě 110 kV resp. 22 kV,
- d. zpracovat a odeslat žádost o připojení k distribuční síti,
- e. dle nastavených podmínek návrhu SOBS o připojení OM od provozovatele distribuční sítě navrhnout technické řešení vč. zpracování studie připojitelnosti, která je standardně požadována.

Výše uvedené je nutné také řešit s ohledem na postup přípravy konverze v oblastech stávající trakční stejnosměrné soustavy DC 3 kV, umožnit budoucí oboustranné (zálohovatelné) napájení TV projektu prosté elektrizace v rámci předpokladu propojení s trakčním vedením ostatních tratí. Toto může znamenat např. určitou stavební připravenost. Následně např. řešit výměnu klasické technologie na TNS (trať prosté elektrizace) za technologii SFC pro splnění podmínek od distributorů elektrické energie.

5.2.2 Základní možné technologie TNS

1. Trakční transformovna 110/25 kV - jednofázové transformátory v zapojení T i V, případně doplněná aktivním balancerem nebo kompenzační zařízení

Princip: Trakční transformovna slouží k napájení jednofázové trakční soustavy 25 kV, 50 Hz s použitím jednoduché transformace napětí z energetické třífázové sítě VVN 3x110 kV, 50 Hz. K transformaci se využívají jednofázové trakční transformátory, u kterých se svorky primárního vinutí připojují mezi dvě fáze třífázové, tj. sdružené napěťové energetické soustavy VVN 110 kV, 50 Hz. Výstup ze sekundárního vinutí trakčního transformátoru je následně připojen jedním vodičem na trakční vedení a druhým vodičem spojen s kolejiemi, které vytváří zemní vedení, které tvoří kolejnice a zem.

Výhody a nevýhody: Daní za jednoduchost a nižší investiční náklady je nesymetrické zatížení veřejné distribuční sítě, nutnost rozdělit jednostranně napájené úseky s rozdílnými fázemi neutrálními poli a v neposlední řadě nutnost dimenzovat napájecí stanice na velké okamžité výkony, resp. vysoké poměry mezi maximálními a středními výkony, protože není možné rozdělit dodávaný výkon mezi sousední napájecí stanice. Nevýhody nesymetrického odběru řeší standardně aplikace kompenzačního zařízení, případně aktivního balanceru, které v podmínkách SŽ zatím nebyla aplikována pro aktuálně vysoké náklady.

5.3 Nabíjecí stanice pro dobíjení baterií při pobytu souprav v železničních stanicích

Na základě zjištěných dostupných zařízení pro dobíjení bateriových jednotek během pobytu souprav v železničních stanicích byla jako potenciální příklad technického zařízení posouzena napájecí stanice společnosti Rail power systems GmbH a F&S PROZESSAUTOMATION GbmH, která se aktuálně testuje v síti DB Netz. Jedná se o zařízení, které zahrnuje:

1. technologický objekt v podobě běžného kontejneru, včetně technologického vybavení,
2. přívodní vedení VN o napětí 22 kV s výkonem odpovídajícím konkrétním potřebám,
3. vedení VN z technologického objektu s výstupním napětím AC 25 kV, 50 Hz,
4. trakční vedení v podobě trakční podpěry a zesíleného trakčního vedení.

NS vychází ze standardních modulů a prvků, které jsou již využívány v trakčních aplikacích s obdobnou konstrukcí a parametry. Lze tedy usuzovat, že se jedná o již pověřené technologické celky a jejich spolehlivost je možné predikovat s vyšší úrovní pravděpodobnosti, kterou lze dokladovat.

NS je zakomponována do kontejnerového provedení. Kontejner má rozměry obdobné jako standardní ISO/euro kontejner, tj. 12,30 m × 3,73 m × 3,40 m. Lze tento kontejner přepravit na nákladním návěsu v silniční dopravě. Kontejner obsahuje pro trakční nabíjecí systém AC 25 kV, 50 Hz základní moduly: transformátorový modul, měničový modul, modul filtrů. Dále kontejner obsahuje řídicí, monitorovací a diagnostické systémy, další provozní a podpůrné moduly.

Z hlediska provozních nákladů se jedná o náklady spojené s provozem výše uvedených modulů a systémů. Lze tedy předpokládat náklady na provoz v běžných hodnotách u již provozovaných zařízení, kromě nákladů na případné selhání měniče, pro které dostatečné zkušenosti v tomto okamžiku u SŽ nejsou. Systém využívá pro chlazení standardní chladicí médium, a tudíž opadají vyšší náklady na speciální médium.

Výkonové omezení nabíjení při stání bateriové jednotky pro tento systém vychází z ČSN-EN-50367, $I_{maxAC} = 80 \text{ A}$, tj. $S = 2 \text{ MVA}$ (napájení jedním sběračem). Pro vlastní návrh NS 25 kV, 50 Hz, 2 MVA je nutné vytvořit specifikaci dle požadavků provozovatele, tj. SŽ, a to včetně parametrů na možnosti řízení (např. P/Q), spolehlivosti (např. 99 %), dobu provozu (např. 30 let) atd. Uvedená specifikace musí obsahovat i požadavky na EMC pro návrh filtrů.

Trakční vedení je v případě využití pouze jednou vlakovou jednotkou uvažováno v podobě jedné podpěry trakčního vedení osazeného závěsným systémem. Pro napájení je použita pevná trolej v podobě napájecí kolejnice. Pro využití tohoto trakčního vedení pro napájení železničních vozidel se předpokládá přesné zastavení vlaku do současné polohy sběrače s trakčním vedením. V případě uvažování více vlakových jednotek je vzhledem k variabilitě provozu nutné uvažovat dílčí liniovou elektrizaci vybraných staničních kolejí na potřebnou využitelnou délku.

Předpokládaná doba dodání tohoto zařízení dle aktuálních podmínek po podepsání smlouvy a odsouhlasení specifikace napájecího zařízení je min. 1 rok. Příklad řešení tohoto zařízení je znázorněn na následujících obrázcích.



Obrázek 10 Příklad napájecího zařízení pro dobíjení železniční souprav při pobytu v železničních stanicích



Obrázek 11 Příklad napájecího zařízení pro dobíjení železniční souprav při pobytu v železničních stanicích

5.4 Základní procesní a jiné požadavky na projektovou přípravu základních objektů staveb prostých elektrizací

Předpokládá se, že hlavní náplní staveb prostých elektrizací bude realizace trakčního vedení, ať už standardního liniového nebo lokálního ve vybraných železničních stanicích. Projektová příprava daných staveb bude muset probíhat dle konkrétních pravidel stavební legislativy, včetně jiné související. Vláda ČR na svém jednání 27. 10. 2022 schválila novelu zákona č. 183/2006 Sb. – stavební zákon a související předpisy. Pro dokončení legislativního procesu je nutné projednání této novely v orgánech Parlamentu ČR a definitivně pak podpis výsledného znění novely prezidentem ČR. Aktuálně není možné predikovat míru změn v této novele oproti aktuálně platnému znění zákona.

U těchto staveb na celostátních železničních tratích je možné postupovat v projektové přípravě i podle zákona č. 416/2009 Sb, Zákon o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací (liniový zákon). Tento zákon prošel od doby svého vzniku několika novelizacemi. V současné době neprobíhá proces přípravy jeho další novelizace, nicméně s ohledem na dosavadní zkušenosti, lze v budoucnu určité změny opět předpokládat. Na základě aktuální znalosti obou výše uvedených zákonů, **lze jako optimální postup předpokládat zpracování dokumentace pro vydání společného povolení (DUSL) a vedení příslušných povolovacích procesů dle zákona č. 416/2009, Sb.**

Poslední, z významně relevantních zákonů, je zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů. Tento zákon ukládá povinnosti zpracování posouzení vlivu konkrétních typů staveb na životní prostředí. Z přílohy č. 1 tohoto zákona vyplývá pro stavby prosté elektrizace v principu následující:

- Celostátní železniční dráhy – kategorie I, podléhá posuzování vlivu na životní prostředí vždy (celý proces) – ve vztahu k tomuto bodu se bude posuzovat, jestli se jedná o změnu záměru.
- Železniční a intermodální zařízení, překladiště a železniční dráhy s délkou od stanoveného limitu 2 km – kategorie II, podléhá minimálně zjišťovacímu řízení.

Dle uvedeného bude nutné vést v případě liniových elektrizací minimálně zjišťovací řízení EIA a dle jeho závěrů a podmínek postupovat následně v projektové přípravě. V případě lokální elektrizace vybraných železničních stanic se tato povinnost neuplatňuje. Umístění objektů trakčního vedení se předpokládá převážně v rámci drážních pozemků v obvodu dráhy. V určitých případech však bude z prostorových důvodů nebo v místech zúžených drážních pozemků nutné umístění na pozemky cizích vlastníků, což bude spojené s příslušnými majetkoprávními postupy v rámci projektové přípravy staveb. Ovlivnění cizích objektů bude i v případech křížení tratí s nadjezdy a lávkami, kde bude nutné instalovat protidotykové zábrany na tyto objekty nebo v odůvodněných případech i větší zásahy do těchto objektů či jejich přestavby v případě nedodržení nezbytné výšky pod mostem (výška trolejového drátu, výška sestavy, izolační vzdálenost). V určitých úsecích je nutné uvažovat dále s úpravami porostu v okolí trati a s nezbytným kácením. Posledními potenciálně ovlivněnými objekty jsou křížení se sítěmi cizích vlastníků, které bude nutné ve vybraných případech ochránit, vyměnit nebo přeložit. Posledním možným dopadem elektrizací na okolí, který je vhodné na tomto místě zmínit, je hluk z ventilátorů elektrických jednotek při pobytech v železničních stanicích. Ze zkušeností z nedávno realizovaných elektrizací tratí vyplývá dodatečná potřeba řešit příslušná protihluková opatření v železničních stanicích s blízkou zástavbou.

Součástí vybraných staveb prostých elektrizací budou i objekty pro napájení trakčního vedení. Tyto nové objekty budou nutné realizovat vždy v případě lokální elektrizace v konkrétních železničních stanicích a v případě liniové elektrizace v případech, kdy není k dispozici žádná využitelná stávající trakční napájecí stanice a nebo jsou stávající TNS nedostatečné. V případě lokálního napájecího zařízení lze předpokládat umístění technologického objektu v obvodu dráhy na drážních pozemcích. Zpravidla stávající přípojky 22 kV nejsou dostatečně kapacitní na pokrytí požadovaného elektrického výkonu v řádech jednotek MW. Proto nebude možné

využít stávající přípojky a bude nutné zajistit nové přípojky ze stávajících rozvodů do napájecích zařízení. Konkrétní délka vedení přípojek a způsob jejich uložení bude záležet na místních podmínkách. Z hlediska EIA nepodléhá umístění tohoto vedení nutnosti zpracování posouzení vlivu stavby na životní prostředí, ani na úrovni zjišťovacího řízení. Nicméně toto nové vedení bude nutné projednat se správcí elektrické distribuční sítě a zajistit majetkoprávní postupy v rámci zpracování projektových dokumentací.

V případě nových TNS pro napájení liniových elektrizací bude nutné umístit nové objekty na vhodné pozemky a zajistit k nim přístupové komunikace. Toto se předpokládá zpravidla na cizích pozemcích mimo obvod dráhy. K těmto objektům bude nutné zajistit přívodní vedení 22 kV, nebo 110 kV. Podmínky pro realizaci přívodního vedení 22 kV jsou popsány v předchozím odstavci. Dle již uvedené přílohy č. 1 zákona č. 100/2001 Sb., platí povinnost provedení minimálně zjišťovacího řízení pro stavby nadzemních vedení elektrické energie o napětí od 110 kV s délkou od stanoveného limitu 2 km – kategorie II. Délka tohoto vedení závisí na místních podmínkách a vzájemných vzdálenostech mezi příslušnou rozvodnou 110 kV a příslušnou TNS. I zde však platí předpoklad nutných majetkoprávních postupů v rámci zpracování projektových dokumentací.

U zpracování návrhu připojení elektrického vedení o napětích 110 kV i 22 kV je kromě technického návrhu s konkrétním umístěním v území nutné řešit i otázku dostupnosti požadovaného elektrického výkonu. Dle zkušeností s touto problematikou u jiných staveb elektrizací tratí nebo posilování elektrického výkonu stávajících trakčních napájecích stanic nebo ostatních trafostanic lze očekávat v řadě případů omezení v dostupnosti potřebného elektrického výkonu v řádech jednotek MW, které jsou zpravidla u nově elektrizovaných úseků nutné pro zajištění příslušných potřeb provozování elektrických a bateriových vlaků.

Při definování konkrétní technické náplně jednotlivých staveb prostých elektrizací je v prvním kroku nutné dostatečně podrobně zmapovat stávající podmínky infrastruktury a souvisejícího území. V rámci této práce nebylo s ohledem na dostupné podklady a časovou náročnost toto projednání učiněno. Na základě zpracování energetických výpočtů a projednání se správcí distribuční elektrické soustavy je nutné stanovit takové řešení elektrického napájení, které bude investičně, územně a technicky optimální pro realizaci a následný provoz. Poté je možné zajistit zpracování podrobných projektových dokumentací a zajištění procesů dle pravidel daných stavební legislativou.

6 Předpokládané dopady střídavé elektrické trakce na železniční dopravní cestu

6.1 Obecně

Jednotlivé dotčené části železniční sítě nebyly zpravidla v minulosti přizpůsobovány podmínkám vyhovujícím následné realizaci trakčního vedení střídavé napájecí soustavy 25 kV, 50 Hz. Z tohoto důvodu je stávající technický stav železniční dopravní cesty a prostorové podmínky ve stavu, kdy bez realizace příslušných opatření nelze realizovat a provozovat nové trakční vedení. Míra dosahované kompatibility stávajících parametrů jednotlivých tratí je u jednotlivých tematických oblastí různá a liší se rovněž dle jednotlivých tratí. V dalších kapitolách jsou popsány konkrétní typické zásadní podmínky, které je nutné splnit před zahájením realizace staveb prosté elektrizace nebo je plnit jako součást těchto elektrizací.

6.2 Železniční svršek

Pro elektrický provoz musí železniční svršek, resp. kolejnice zajistit vedení zpětného trakčního proudu. Podmínky jsou stanoveny v předpise SŽDC S3 Železniční svršek, díl XIV, Propojky, lanová propojení, ukolejnění a izolované styky kolejnic.

V kolejích elektrizovaných tratí musí být:

- kolejnice a kolejnicové části výhybek (včetně srdcovek, opornic a jazyků) svařeny nebo vodivě propojeny stykovými, jazykovými a srdcovkovými propojkami a lanovými propojeními,
- ve výhybkách použity izolované přestavné, spojovací a kontrolní tyče,
- kolejnice v místech určených dokumentací odizolovány izolovanými styky,
- zpětné kabely napájecí stanice vodivě připojeny ke kolejnicím pro vedení zpětných proudů,
- podpěry trakčního vedení a vodivé konstrukce v prostoru ohrožení trolejovým vedením ukolejněny, nebo musí mít jinou ochranu před úrazem elektrickým proudem.

Kolejové lože musí být čisté konsolidované a odvodněné. V kolejích elektrizovaných trakčním proudovou soustavou AC 25 kV, 50 Hz, ve kterých nejsou kolejové obvody železničního zabezpečovacího zařízení, a v kolejích bez provozu souprav s ústředním zásobováním vozů elektrickou energií z motorových lokomotiv, nebo v kolejích bez pobytu souprav při elektrickém předtápění, se nepožaduje dodržení hodnot měrné svodové admitance podle předpisu SŽDC S3 Díl XIV, čl. 14–16 ani snížení povrchu kolejového lože pod kolejnicovými pásy podle předpisu SŽDC S3 Díl X, čl. 47, neboť se při této trakční soustavě, mimo jiné, neřeší bludné proudy v takovém rozsahu jako u trakční soustavy stejnosměrné. Trakční soustavu 25 kV AC lze provozovat na pražcích betonových, dřevěných i ocelových Y.

S ohledem na potřebu zajištění dlouhodobě stabilní geometrické polohy koleje a minimalizaci nákladů na údržbu se požaduje před realizací elektrizace zřídit bezstykovou kolej.

Pro zajištění spolehlivosti provozování bateriových vozidel na předmětných úsecích bude potřeba, vzhledem ke stáří a technickému stavu kolejového roštu, provést dílčí souvislé opravy, a to nejpozději do dokončení elektrizace jednotlivých úseků, aby byl následný provoz co nejméně omezován výlukovou činností pro potřeby oprav. Tyto akce lze též v souvislých úsecích využít ke zvýšení rychlostí zavedením rychlostního profilu V_{130} , který budou moderní akumulárová vozidla schopna využít.

6.3 Železniční spodek

Těleso železničního spodku bude elektrizací ovlivněno v rovině dosažení požadované traťové třídy zatížení pro provoz elektrických vozidel a v rovině umístění podpěr trakčního vedení. Zvláštní pozornost bude potřeba věnovat umístění základů v zářezích a odřezech, kdy poloha základu nesmí narušit stávající odvodnění (často v nenormové poloze).

Poloha základu trakční podpěry musí také svou polohou zajistit splnění požadavku na šířku stezky (400/550 mm). To je většinou splněno při dosažení šířky pláň tělesa železničního spodku 3200 mm. Problematické mohou být ty úseky, kde je železniční spodek v takových parametrech a technickém stavu, že bude pro možnost umístění trakčních podpěr nutné učinit rozsáhlejší opatření na železničním spodku – typicky lokální rozšíření zářezu, lokální odtěžení skalního svahu, zásah do odvodnění, zajištění stability zemního tělesa v místě trakční podpěry apod. Základy trakčního vedení nesmí výhledově znemožnit dosažení normových požadavků na šířku pláň tělesa železničního spodku, které se v mnoha případech provádí pomocí rozšíření zemního tělesa. Poloha základů trakčních stožárů by neměla rovněž do budoucna znemožnit nebo omezit úpravu GPK pro dosažení vyšších rychlostí (např. dle směrodatných rychlostních profilů). V rámci posuzované železniční sítě jsou vyhodnoceny ty úseky, které mohou být pro umístění trakčních podpěr problematické, včetně stanovení rozsahu těchto úseků. Zvláštní pozornost je třeba věnovat situování kabelů v oblasti železničního spodku (komplikované územní podmínky, obcházení vedení a jiné).

Ve vybraných případech bude nutné zvyšovat TTZ. V těchto případech proto bude potřeba posoudit stav železničního spodku ve smyslu předpisu SŽ S4 a navrhnout příslušná technická řešení na železničním spodku. V této souvislosti je nutné předpokládat i možné překlasifikování konkrétních železničních hnacích vozidel a jednotek v rámci příslušnosti ke konkrétní traťové třídě zatížení ve vazbě na implementaci ČSN EN 15528. V tomto smyslu bude potenciálně nutné splňovat vyšší TTZ, než nyní uvažovanou v této technicko-ekonomické rozvaze.

6.4 Železniční mosty a propustky

Železniční mosty a propustky budou elektrizací ovlivněny v rovině dosažení požadované traťové třídy zatížení a v rovině umístění podpěr trakčního vedení. U všech mostů a propustků bude nutné provést statický přepočít mostních objektů, který prokáže, že trvale vyhovují traťové třídě zatížení s přidruženou traťovou rychlostí dané účinností na příslušné trati perspektivně provozovaných elektrických a bateriových vozidel. Dalšími stavebními úpravami bude zajištění ochrany mostní konstrukce před účinky bludných proudů, pokud je to dle předpisu SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů nezbytné. U mostů, do jejichž konstrukce bude nutné osadit trakční podpěry, budou muset být provedena příslušná konstrukční opatření.

Tyto objekty na železniční dopravní cestě představují řádově stovky objektů o různých parametrech a v různém technickém stavu. Po podrobném vyhodnocení stávajícího stavu bude nutné definovat nezbytné stavební úpravy, které budou řešeny samostatnými stavbami a takové stavební úpravy, které budou součástí staveb prosté elektrizace. Po stanovení tohoto vymezení, bude pak vhodné časově koordinovat jednotlivé stavby pro eliminaci vzájemně vyvolaných úprav a výlukových opatření.

K problematice mostů je dále třeba upozornit, že na definovaných trasách se vyskytují mosty hodnocené podle předpisu SŽDC S5 Správa mostních objektů stupněm '3'. Jedná se v součtu o cca dvě desítky mostů. S ohledem na zmíněné hodnocení mohou být tyto objekty (kdykoliv, neboť další rozvoj poruch již nelze vyloučit) příčinou omezení provozuschopnosti, a proto se stavební řešení takových objektů stává akutním a prioritním v krátkodobém horizontu (a to i v případě, že by k prosté elektrizaci v daném úseku nedošlo).

6.5 Tunely

U železničních tunelů bylo hodnoceno, zda svými parametry umožňují umístění trakčního vedení bez potřeby jejich zásadnější rekonstrukce. Veškeré tunely ležící na řešených železničních tratích byly zjištěny jako nevyhovující pro elektrickou trakci. To je dáno zejména z hlediska jejich nevyhovujícího průjezdného průřezu. Z tohoto důvodu je v těchto částech železniční sítě, kde je to provozně možné, navrhováno obchodí vedení mimo objekty tunelů. Tam, kde je nutné uvažovat s trakčním vedením v tunelech, je pak nutné navrhnout konkrétní technické řešení.

6.6 Zabezpečovací a sdělovací zařízení

Problematiku vlivu elektrizace na činnost zabezpečovacích a sdělovacích zařízení je nutno posuzovat v dalších stupních komplexně v závislosti na použité trakční soustavě a současném zabezpečovacím zařízení řešené tratě, ale i navazujících traťových úseků. Posouzení dopadu elektrizace na zabezpečovací zařízení je nutno u jednotlivých tratí realizovat adresně ve vazbě na v současnosti použitou technologii staničních, traťových a přejezdových zabezpečovacích zařízení, použitý systém pro detekci vlaků (například kolejové obvody s pracovním kmitočtem 50 Hz jsou neslučitelné s provozem AC trakční soustavy), aplikovaný systém napájení trakčního vedení atd. Přitom pro střídavou trakční soustavu je nutné se řídit zejména technickou normou ČSN 34 2040 ed. 2. V rámci předelektrizačních úprav musí být provedeny revize všech SZZ, PZS a TZZ.

V obecné rovině se jako problematická jeví realizace střídavé napájecí soustavy v železničních stanicích se staničním zabezpečovacím zařízením nižším, než 3. kategorie. Výraznou systémovou skutečností u značné většiny dotčených tratí je nekompatibilita stávajících sdělovacích a zabezpečovacích kabelů se střídavou trakční napájecí soustavou. Nezbytnou součástí staveb prosté elektrizace tak nutně bude muset být i výměna těchto kabelů za nové již kompatibilní. S výměnou kabelů bude nutně spojena i otázka vytváření nových rezerv v kabelových trasách, kdy tento požadavek vyplývá z požadavků uplatňovaných ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu a ze strany Ministerstva dopravy.

6.7 Prostorové překážky

Umístění trakčních podpěr bude muset být navrženo v souladu s normovými požadavky na zajištění statické únosnosti samotných podpěr, s požadavky na pevnost v tahu nosného lana, s požadavky na minimální vzdálenosti od ostatních objektů a dalších. Zejména v železničních stanicích lze obecně očekávat stísněné podmínky a kolize se stávajícími objekty v místech, kam bude nutné umístit trakční podpěry. To bude vyvolávat nutné přeložky nebo jiná opatření. Jako příklady lze uvést kolize se systémem odvodnění, kolize s kabelovými trasami, kolize se sloupky osvětlení, kolize s návěstidly apod. Tyto přeložky nebo jiná technická opatření budou muset nutně být součástí staveb prostých elektrizací. V případě realizace související stavby před stavbou prosté elektrizace bude nutné přizpůsobit technické řešení předstihové stavby tak, aby následně bylo možné realizovat objekty trakčního vedení bez větších dodatečně vyvolaných zásahů do jednotlivých drážních objektů. Tento princip byl použit například u již realizované stavby „Rekonstrukce SZZ Veselí nad Moravou“.

Mimo potenciální kolize s drážními objekty bude v různé míře docházet i ke kolizím s mimodrážními objekty. Jedná se zpravidla o silniční nadjezdy a pěší lávky, křížení, nebo souběh s elektrickým vedením VVN, VN a NN. Křížení nebo souběh s ostatními inženýrskými sítěmi apod. Podmínky pro vzájemnou kompatibilitu se střídavou napájecí soustavou definují konkrétní normy, stanovená ochranná pásma a další. Při zjištění vzájemné nekompatibility bude nutné realizovat příslušná opatření v podobě stavebních úprav objektů, přeložky sítí, výměny sítí apod. Tato opatření budou muset být pak součástí staveb prosté elektrizace.

6.8 Ostatní dopady

Mezi další možné dopady spojené s realizací a provozem střídavé napájecí soustavy patří například nezbytné kácení pro zajištění bezpečnosti železniční dopravy nebo realizace nezbytných protihlukových opatření na základě výsledků akustických studií.

7 Ekonomické souvislosti staveb prostých elektrizací

7.1 Odhad celkových investičních nákladů staveb prostých elektrizací

Celkové investiční náklady jednotlivých staveb prostých elektrizací lze odhadnout jen s omezenou přesností s ohledem na absenci dostatečně podrobných podkladů pro zpracování tohoto odhadu. Pro jednotlivé části železniční sítě určené k elektrizaci byly odhadnuty alespoň základní náklady na objekty zahrnující trakční vedení, trakční napájecí stanice a výměnu stávajících sdělovacích a zabezpečovacích kabelů. Konkrétně bylo k jednotlivým odhadnutým položkám v třídíku SPOŽES přístupováno takto:

- 1) **Trakční vedení v železničních stanicích.** Byla uvažována jednotková cena za km délky elektrizovaných staničních kolejí. Finanční výše pro tuto jednotku byla převzata z třídíku SPOŽES. Pro jednotlivé železniční stanice byl použit předpoklad elektrizace všech dopravních kolejí a žádné manipulační koleje. Po zpracování dopravní technologie v dalších stupních bude případně dle potřeby nutné uvažovat v určitých případech s redukcí rozsahu elektrizace, a v některých pak s případným navýšením.
- 2) **Trakční vedení v traťových úsecích.** Byla uvažována jednotková cena za km délky jednokolejných traťových úseků. Finanční výše pro tuto jednotku byla převzata z třídíku SPOŽES.
- 3) **Trakční napájecí stanice.** Byla uvažována jednotková cena za jednu TNS. Ke každé TNS byly připočteny i náklady na vybudování příjezdové komunikace, technologických objektů a oplocení. Finanční výše pro tyto jednotky byly převzaty z třídíku SPOŽES.
- 4) **Napájecí zařízení pro lokální dobíjení.** Pro zařízení popsané v kapitole 5.3 byly investiční náklady převzaty z informací výrobce o aktuální ceně kompletní výroby a dodávky tohoto zařízení.
- 5) **Elektrické přívodní vedení.** Pro nově budované trakční napájecí stanice a lokální dobíjecí zařízení byly uvažovány modelové náklady na realizaci elektrických přípojek. Délka těchto přípojek byla odhadnuta dle místních podmínek a finanční odhad jednotkové ceny za km přívodního vedení byl stanoven dle SPOŽES.
- 6) **Výměna sdělovacích a zabezpečovacích kabelů.** U výrazné většiny dotčených částí železniční sítě bude nutné zajistit výměnu zabezpečovacích a sdělovacích kabelů. To se týká úseků přímo dotčených elektrizací, tak i navazujících úseků o modelově uvažované délce do 5 km. Pro odhad nákladů bylo expertním odhadem uvažováno s jednotkovou cenou 1 mil. Kč na 1 km trati a 2,5 mil. Kč na 1 km délky železniční stanice.
- 7) **Přeložky inženýrských sítí.** U výrazné většiny dotčených částí železniční sítě bude nutné zajistit i přeložky nebo ochranu ostatních inženýrských sítí. Pro odhad nákladů byla použita měrná jednotka v třídíku SPOŽES na přeložky inženýrských sítí v řídce zastavěných oblastech pro traťové úseky a v hustě zastavěných oblastech pro železniční stanice, avšak s ponížením individuálním koeficientem na 50 %.

Měrné jednotky zahrnuté do výpočtu dle výše uvedeného bylo možné stanovit pouze zjednodušeným odhadem a jejich zpřesnění bude možné učinit v rámci zpracování navazujících projektových dokumentací. Náklady na další vyvolané úpravy u ostatních objektů železniční dopravní cesty pro dosažení jejich kompatibility se střídavou trakční napájecí soustavou, popsaných obecně v kapitole 6, nebylo možné relevantně odhadnout ani zjednodušenou formou. Míra výše těchto nákladů se bude v jednotlivých stavbách lišit dle stávajících územně-technických podmínek. Část těchto opatření lze předpokládat jako součást staveb prostých elektrizací a část jako součást jiných souvisejících staveb. Tomu bude odpovídat i konkrétní začlenění jednotlivých stavebních nákladů.

Při vyvozování závěrů z odhadovaných celkových investičních nákladů je proto nutné brát v potaz výše uvedené faktory. Dá se s vysokou mírou pravděpodobnosti vyvodit, že po rozpracování základních navazujících projektových dokumentací budou celkové

investiční náklady vyšší například o výkupy pozemků, přeložky a ochranu vybraných objektů, osazení protidotykových zábran apod.

7.2 Socioekonomické přínosy staveb prosté elektrizace

Hlavním cílem zavádění bateriových vlaků je snížit podíl motorové trakce na železnici, dále zvýšit provozní i energetické úspory a tím snížit emise CO₂.

Vzhledem k životnosti dieselových vozidel, která se blíží ke konci svého období, požadavku unijního práva (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1370/2007), novému zabezpečení drah (ETCS) a počtu výrobců nových dieselových vozidel, je prověřováno, zda je tato cesta nejefektivnější.

Investiční náklady na zavedení jízdy vlaků na baterie souvisí především s umístěním trakční napájecí stanice (TNS) a s tím související přívodní a napájecí vedení a kabelizace, případně spínací stanice. Stěmito náklady jsou spojeny i provozní náklady této infrastruktury a to jak cyklické, tak i průběžné pravidelné údržby a opravy. Výhodou dieselových vlaků je, že není potřeba trakční vedení, TNS ani elektrizační vyvolané stavby a s tím související náklady.

Dalším rozdílným faktorem jsou provozní náklady vozidel, kde výpočet sazby vychází z „Metodiky stanovení nákladů na provoz vlaků vstupujících do CBA železničních projektů“ přílohy č. 6 „Rezortní metodiky pro hodnocení ekonomické efektivity projektů dopravních staveb“. Je počítáno se zavedením vlakové jednotky v provedení pro napájení z troleje (BEMU) a s dojezdem nejméně 80 kilometrů v bateriovém režimu. Při napájení z troleje budou mít maximální rychlost 160 kilometrů v hodině; pokud pojedou v režimu na baterii, bude maximální rychlost 120 kilometrů v hodině. Energetickou náročnost nových vlaků dále sníží systém rekuperace, který umožní elektřinu vyrobenou při brzdění jednotky vracet zpět do trakční sítě nebo do baterií. Naopak ke zvýšené spotřebě v elektrické trakci dochází ztrátou při nabíjení a vybíjení baterie. Dle citované metody pak vychází poměr spotřeby elektrické energie v kWh diesel × baterie několikanásobně vyšší.

Rozdílnost je i v oblasti některých externalit. V případě nehod a hluku jsou v souladu s „Rezortní metodikou pro hodnocení ekonomické efektivity projektů dopravních staveb“ uvažovány shodné hodnoty. K rozdílnosti ale dochází, pokud se zaměříme na znečištění ovzduší (NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀), kdy dieselové motory vyprodukují násobně více plynů než elektrické motory. To samé nastává i u hlavních emisních faktorů skleníkových plynů (především CO₂) a to hlavně u nákladní a dálkové dopravy, což má za následek klimatické změny a zásadní vliv na životní prostředí.

V níže uvedené tabulce jsou hodnoty jednotlivých emisních faktorů stanovených v „Rezortní metodice pro hodnocení ekonomické efektivity projektů dopravních staveb“.

Tabulka 10 Emisní faktory v Rezortní metodice

EMISNÍ FAKTORY sledovaných polutantů železniční dopravy						
emisní faktor - OSOBNÍ DOPRAVA						
dopravní mód, jednotka	polutant	CO ₂	NO _x	SO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀
ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA [g/vkm]	DIESEL regionální	1 848,0000	0,2060	0,0020	0,3370	1,9870
	DIESEL dálková	9 765,0000	1,0890	0,0090	1,7810	10,5000
	ELEKTRICKÁ regionální	2 766,0000	0,0170	0,0000	0,0320	0,1880
	ELEKTRICKÁ dálková	6 915,0000	0,0430	0,0000	0,0800	0,4690
emisní faktor - NÁKLADNÍ DOPRAVA						
ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA [g/vkm]	dieselová trakce	11 434,0000	4,3530	0,0350	6,9570	89,3010
	elektrická trakce	7 657,7220	0,2040	0,0020	0,3660	4,7000

Zdroj: „Aktualizace Rezortní metodiky pro hodnocení ekonomické efektivity 2022“

Při vyčíslení úspor času taktéž nedochází k rozdílnosti uvažovaných vstupů, a proto jsou tyto hodnoty brány jako totožné.

Rozdílné vstupy jsou pak při výpočtu příjmů z poplatků za dopravní cestu, kde sazba vychází stejně jako u výpočtu provozních nákladů vozidel z „Metodiky stanovení nákladů na provoz vlaků vstupujících do CBA železničních projektů“ přílohy č. 6 „Rezortní metodiky pro hodnocení ekonomické efektivnosti projektů dopravních staveb“.

Po porovnání výše uvedených vstupů lze dle „Rezortní metodiky pro hodnocení ekonomické efektivnosti projektů dopravních staveb“ vyhodnotit, který režim provozu je celospolečensky výhodnější.

8 Závěry a doporučení

8.1 Podmínky do dalších projektových stupňů

Na základě zpracování a vyhodnocení předmětné technicko-ekonomické rozvahy lze vyslovit následující podmínky pro zpracování navazujících projektových stupňů staveb prostých elektrizací:

- 1) Je nutné nadefinovat předpokládaná provozovaná železniční vozidla a určit podmínky pro minimálně dosahovanou traťovou třídu zatížení (TTZ). Na tuto TTZ je nutné upravit rozsah opatření na železničním svršku, spodku a mostech.
- 2) Je nutné získat podrobnější informace o parametrech baterií a jejich spolehlivosti, jako nezbytný podklad pro zpracování podrobných energetických výpočtů a stanovování konkrétního rozsahu elektrizace.
- 3) V souvislosti s přechozím bodem je vhodné ověřit fungování bateriových jednotek v podmínkách železniční sítě ČR formou testovacích jízd a na základě výsledků definovat konkrétní požadavky na provozní řešení a technické řešení.
- 4) Je nutné doplnit výhledové předpoklady provozování regionální dopravy a nákladní dopravy na jednotlivých tratích, zejména z pohledu možného využití trakčního vedení pro provozování elektrických nebo bateriových jednotek.
- 5) Provozní a technickou koncepci staveb prostých elektrizací i termíny jejich realizace je nutné úzce koordinovat s ostatními souvisejícími stavbami investičního i opravného charakteru.
- 6) Je nutné definovat stavby opravného charakteru, které zajistí potřebnou technickou úroveň infrastruktury a pro zajištění jejich financování vytvořit zvláštní finanční program mimo prostředky určené pro zajišťování základní provozuschopnosti.
- 7) Návrh koncepce napájení trakčního vedení staveb prostých elektrizací je nutné úzce koordinovat se stavbami konverze stávající stejnosměrné soustavy.
- 8) Pro stanovení nezbytného rozsahu doplnění objektů pro zajištění elektrického napájení trakčního vedení je nutné zpracování energetických výpočtů.
- 9) Pro zajištění požadovaného výkonu elektrických přípojných vedení je nutné projednání s příslušnými správci elektrických rozvodných sítí.
- 10) Návrh trakčního vedení bude proveden tak, aby umožnil případné výhledové zvýšení traťové rychlosti formou optimalizace GPK.
- 11) Návrh trakčního vedení bude proveden tak, aby umožnil výhledovou rekonstrukci nástupišť ve stanicích a zastávkách na normové parametry.
- 12) Návrh trakčního vedení bude proveden tak, aby umožnil případnou výhledovou rekonstrukci železničního spodku včetně odvodnění, bez zásahů do již vybudovaného trakčního vedení v rámci stavby prosté elektrizace.
- 13) Návrh trakčního vedení bude proveden tak, aby umožnil výhledovou rekonstrukci železničních mostů, propustků a zdí, bez zásahů do již vybudovaného trakčního vedení v rámci stavby prosté elektrizace.

8.2 Souhrn potenciálních zásadních rizik

Na základě zkušeností s realizací staveb zahrnující elektrizaci a na základě zjištěných poznatků o bateriových jednotkách lze očekávat v různé míře výskyt následujících rizik spojených

s projektovou přípravou, realizací a provozem. V jednotlivých uvedených fázích je nutné proto vhodně přizpůsobovat jejich náplň a definovat vhodné požadavky na zpracování projektových dokumentací, provádění staveb a provozování infrastruktury.

V případě fáze projektové přípravy je největším potenciálním rizikem nejednoznačné vymezení náplně staveb prosté elektrizace a neukotvené podmínky plynoucí z provozních a technických podmínek bateriových jednotek. Rizikem je rovněž potenciálně problematické dosažení elektrických přípojek k elektrické rozvodné síti a její omezená kapacita. Proto bude nutné od úvodních fází při zpracování záměrů projektu klást důraz na dostatečnou podrobnost zpracování dokumentace a projednání s relevantními subjekty. Objektivně je zavádění bateriových jednotek zcela novým prvkem na železniční síti ČR a zároveň stavby svým obsahem naplňující definici prosté elektrizace nebyly realizovány více než 15 let. Proto je nutné předpokládat v prvních fázích hledání konkrétní objektové náplně jednotlivých staveb a upřesňování nezbytných vstupů do energetických výpočtů. Zároveň je nutné již v úvodních fázích aktivně jednat s distributory elektrické energie o možnostech připojení k elektrické rozvodné síti a o zajištění budoucího potřebného elektrického výkonu.

Ve fázi realizace se předpokládá realizace zpravidla takových zařízení a objektů, které se standardně provádějí jako součástí staveb elektrizací a modernizací železničních tratí a stanic. Rizikem pro fázi realizace je vliv výluk a dostupnosti finančních prostředků. Nástroje pro řešení koordinace termínů realizace s ostatními stavbami a s tím spojenými dopady na omezení železničního provozu jsou nastaveny a předpokládají se standardní postupy. Zajištění financování je pak rovněž oblast, která má jasně vymezená pravidla a již v současnosti jsou predikovány konkrétní zdroje financování pro tyto typy staveb. Celkově tedy pro fázi realizace nejsou shledávána konkrétní výraznější rizika, než jako jsou obvykle u běžných železničních staveb.

Ve fázi provozu je zásadní, aby předběžně uvažované podmínky s provozováním běžných elektrických i bateriových jednotek a vozidel, na jejichž základě bude realizována konkrétní koncepce rozsahu trakčního vedení a elektrického napájení, byly naplněny i v reálném provozu po dokončení příslušných staveb. Rizikem je v tomto předimenzování rozsahu staveb v případě menšího rozsahu dopravy v elektrické trakci nebo v opačném případě přetěžování trakčních napájecích stanic a lokálních dobíjecích zařízení v případě vyšších odběrů elektrické energie, než uvažovaných dle energetických výpočtů. Pro eliminaci vzniku těchto rizik je nutné v předchozích fázích průběžně zohledňovat aktuální technologický vývoj ve výrobě jednotlivých dobíjecích zařízení a baterií do železničních jednotek a rovněž i aktuální změny v uvažovaných provozních konceptech osobní a nákladní železniční dopravy. Zároveň je rizikem této fáze neprovedení potřebných opravných prací před dokončením staveb elektrizace, což bude mít za následek větší množství potřebných výluk s negativním dopadem na spolehlivost železničního provozu.

8.3 Celkové závěry a doporučení

Tato technicko-ekonomická rešerše představuje svou náplní dokument, jenž rozvíjí základní technická témata spojená se zaváděním provozu bateriových železničních jednotek v rámci železniční sítě ČR a s projektovou přípravou a realizací tzv. staveb prosté elektrizace. Jedná se o tematické oblasti, které nejsou dosud u železničních staveb v ČR aplikovány a bude se tak jednat svým obsahem o nové typy staveb, s nimiž budou spojeny konkrétní postupy v jejich projektové přípravě, realizaci a následně i provozu.

V oblasti zavádění bateriových jednotek byly analyzovány stávající zkušenosti z pilotních testovacích provozů typových jednotek v rámci ostatních železničních sítí EU. Na základě těchto informací a odborných znalostí v souvisejících oblastech byly přehledně popsány konkrétní podmínky a souvislosti, které je nutné zohledňovat při zpracování navazujících projektových stupňů již konkrétních staveb. V této oblasti byly zpracovány modelové výpočty spotřeby elektrické energie pro jednotlivé linky dálkové dopravy s předpokladem nasazení bateriových jednotek. U těchto výpočtů je doložen i modelový průběh stavu kapacity baterií, na jehož základě lze vyvozovat předběžné závěry o adekvátnosti rozsahu elektrizace na jednotlivých tratích nebo vhodnosti použití konkrétních typů vlakových jednotek. Pro jednotlivé linky jsou pak uvedeny konkrétní doporučení na optimalizaci provozní a technické koncepce.

V oblastí koncepce staveb prosté elektrizace byly stanoveny základní parametry objektů, které lze předpokládat jako hlavní části těchto staveb. Zde se jedná o trakční vedení a o objekty pro zajištění elektrického napájení trakčního vedení. Posouzeny byly i dopady elektrické trakce do ostatních objektů železniční dopravní cesty a jiných mimodrážních objektů. Dle zjištěných poznatků byly pro jednotlivé navrhované elektrizované části železniční sítě zpracovány zjednodušené odhady investičních nákladů na část objektů a na modelovém příkladu zhodnoceny možné socioekonomické přínosy těchto staveb, které lze zohlednit při zpracování ekonomických hodnocení.

Tento dokument byl svým zadáním omezen na konkrétně definovaný rozsah železniční sítě a omezený segment železniční dopravy. Lze z něj však přeneseně čerpat inspiraci a základní informace k souvisejícím tématům provozu BEMU pro úvodní diskuze při zavádění bateriových jednotek i v regionální dopravě a také inspiraci pro zahájení projektové přípravy staveb prosté elektrizace i na ostatních tratích. Před zahájením zpracování konkrétní projektové přípravy těchto typů staveb je nutné vybrat témata prodiskutovat a definovat konkrétní náplň a podmínky pro zpracování jednotlivých projektových dokumentací.

Na základě zpracování technicko-ekonomické rozvahy se zohledněním všech aktuálně známých podmínek, lze v tuto chvíli doporučit k podrobnějšímu rozpracování návrhu koncepce staveb prosté elektrizace části železniční sítě na těchto provozních ramenech:

- **Rychlíková linka R26 Praha – Příbram – České Budějovice.**
- **Rychlíková linka Ústí nad Labem – Děčín – Liberec.**
- **Elektrizace pro nákladní dopravu na trati Kladno – Kralupy nad Vltavou**
- **Elektrizace pro nákladní dopravu na trati Havlíčkův Brod – Ždírec n.Doubravou – Hlinsko**

U dotčených tratí dle výše uvedených provozních ramen lze považovat úseky prosté elektrizace za technicky proveditelné, bez zásadních technických komplikací a bez zásadních dopadů na jiné připravované stavby. U všech těchto záměrů bude nutné posoudit i možné využití elektrické trakce v regionální dopravě. U uvedených linek dálkové dopravy pak bude nutné zpracování variantního posouzení uvažovaných střídavých jednotek i vícesystémových vozidel s bateriemi. V případě spojení Zdice – Písek pak i prověření úplné elektrizace trati a využití elektrických jednotek bez baterií.

U ostatních sledovaných provozních ramen byly zjištěny zásadní technické nebo provozní nevýhody a u některých úseků pak i rozpory s aktuálně připravovanými stavbami. Před zahájením navazující projektové přípravy příslušných staveb prosté elektrizace je nutná společná diskuze zástupců Ministerstva dopravy a Správy železnic, státní organizace v rámci níž budou vyspecifikovány a sjednoceny některé omezující podmínky.

Správa železnic, státní organizace
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

© 2023

Datum tisku
2023-02-28

spravazeleznic.cz