

1 ÚVOD

1.1 Obsah

1	ÚVOD	1
1.1	Obsah	1
1.2	Základní údaje	2
1.2.2	Identifikační údaje objednatele	2
1.2.3	Identifikační údaje zhotovitele	2
1.2.4	Přehled zkratk	2
1.3	Účel studie	3
1.4	Historický vývoj a zdůvodnění zadání studie	3
1.5	Zadání studie	7
1.6	Výchozí předpoklady	12
1.6.1	Základní podklady a koncepční dokumenty:	12
1.6.2	Usnesení a strategie:	12
1.6.3	Požadavky z pohledu distribuční soustavy:	13
1.6.4	Základní použité normy a předpisy:	13
1.6.5	Ostatní vstupní předpoklady a podmínky:	14
1.7	Metodika řešení	14
1.8	Rekapitulace plnění obsahu zadání studie	16
1.9	Přílohy ke kapitole 1	17

1.2 Základní údaje

1.2.2 Identifikační údaje objednatele

Zadavatel:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Praha 1, Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00 Stavební správa východ, Olomouc, Nerudova 1, PSČ 772 58
IČ:	70 99 42 34
DIČ:	CZ 70 99 42 34

1.2.3 Identifikační údaje zhotovitele

Zhotovitel:	SUDOP BRNO, spol. s r. o. Brno, Kounicova 26, PSČ 611 36
IČ:	44 96 04 17
DIČ:	CZ 44 96 04 17
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Radoslav Molák, Ing. Vítězslav Šimáček
Projektanti specialisté:	
<i>Dopravní technologie</i>	Bc. Martin Svoboda
<i>Energetické výpočty</i>	Jiří Podhradský
<i>Trakční vedení</i>	Ing. Radoslav Molák
<i>Silnoproudá zařízení</i>	Ing. Vítězslav Šimáček Ing. Jan Zářecký Ing. Petr Kortyš
<i>Vlivy na distribuční síť</i>	EGÚ Brno, a.s. Ing. Milan Krátký, Ph.D. Ing. Petr Modlitba a kolektiv sekce 0100

1.2.4 Přehled zkratk

CDP	– Centrální dispečerské pracoviště
ČD	– České dráhy, a.s.
ČR	– Česká republika
ČSN	– Česká státní norma
ETCS	– European Train Control Systém (evropský vlakový zabezpečovací systém)
FKZ	– Filtračně kompenzační zařízení
GSM-R	– Global System for Mobile Communications – Railway (Globální systém mobilní komunikace pro železnice)
GŘ	– Generální ředitelství
MD ČR	– Ministerstvo dopravy ČR
OŘ	– Oblastní ředitelství
RFC	– Rail Freight Corridors - železniční nákladní koridor
SSV	– Stavební správa východ

SEE	– Správa elektrotechniky a energetiky
SŽDC	– Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TNŽ	– Technická norma železnic
TSI	– Technické specifikace interoperability
TSI ENE	– Technické specifikace interoperability subsystému Energie
TNS	– Trakční napájecí stanice
TT	– Trakční transformovna
TM	– Trakční měnírna
TV	– Trakční vedení
ŽDC	– Železniční dopravní cesta
ŽST	– Železniční stanice

1.3 Účel studie

Účelem této studie je poskytnout investorovi podklady pro rozhodování, jakým způsobem řešit konverzi trakčního napájecího systému ze 3kVDC na 25kVAC především v úseku **Nedakonice – Říkovice**. Jedná se zejména o zhodnocení dostupných technických řešení napájecích stanic jak z pohledu dodržení platné legislativy, tak z pohledu technických požadavků vyplývajících z dopravních nároků. Úsek Nedakonice – Říkovice je součástí sítě TEN-T II. tranzitního koridoru a dále součástí nákladního železničního koridoru RFC5.

Protože na tak krátkém traťovém úseku nelze nasimulovat provozní stavy s dostatečně vypovídajícími hodnotami, bylo rozhodnuto, že studie bude řešit napájení v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, včetně trati Blažovice – Veselí nad Moravou (Vlára) a tratí navazujících. Výsledky studie pak mohou sloužit nejen pro rozhodování jaké technické řešení použít v předmětné stavbě **Nedakonice – Říkovice**, ale v celém vyšetřovaném trojúhelníku, potažmo lze tyto výsledky použít pro rozhodování, jakým způsobem řešit konverzi napájení trakčního vedení v celé České Republice.

Předmětná studie je tedy geograficky vymezena trojúhelníkem měst Brno - Přerov – Břeclav (včetně příčky tvořené spodní Vlárskou tratí – tedy tratě 250, 300, 330 a 340).

1.4 Historický vývoj a zdůvodnění zadání studie

Osu osídlení Moravy od severu k jihu od pradávna vytvářelo úrodné údolí řeky Moravy směřující k Dunaji, na které na severu za Moravskou bránou navazuje údolí řeky Odry, svažující se směrem k Baltskému moři. Dobře průchodná široká údolí Moravy a Odry též tvořila přirozenou osu dopravních cest. Tudy procházela Jantarová stezka, propojující sever a jih Evropy, dvě oblasti s různými přírodními a klimatickými podmínkami, tedy s přirozenou výměnou zboží. Logicky tudy byla již v letech 1839 až 1847 vybudována první parostrojní železnice na území dnešní České republiky, Severní dráha císaře Ferdinanda. Její tvůrce František Xaver Riepl vybral její trasu velmi šťastně. Důmyslně využil reliéf krajiny a vybudoval bez nákladných umělých staveb železničního spodku trať Břeclav – Přerov - Ostrava, která, ač nejstarší, patří v České republice svými sklonovými a směrovými poměry k nejlepším. Těžba uhlí na Ostravsku a s ní spojený rozvoj hutnictví, strojírenství i chemického průmyslu ještě více zdůraznil význam této železnice. Logicky se proto stala 2. Národním tranzitním železničním koridorem České republiky. Nařízením Evropského Parlamentu a rady č. 1315/2013 je kvalifikována jako součást transevropské železniční sítě TEN-T a Nařízení Evropského Parlamentu a

radý č. 1316/2013 ji definuje jako trasu nákladního železničního koridoru RFC 5 Balt – Jadran. Tato zařazení plně korespondují se intenzivním dopravním provozem na trati AT / SK - Břeclav – Přerov – Bohumín – PL / SK, který má svojí dimenzi jak v osobní, tak i v nákladní dopravě a to vnitrostátně i celostátně. Jejím významu odpovídá i pojetí železniční dopravní cesty. Jde o dvojkolejnou elektrizovanou trať s rychlostí 160 km/h, na které je v souladu s Národním implementačním plánem ERTMS a s finanční podporou z evropského fondu CEF aktuálně budován jednotný evropský vlakový zabezpečovač ETCS, který bude významným přínosem nejen ke zvýšení bezpečnosti vlakové dopravy, ale i ke zvýšení její výkonnosti.

S velkorysostí technického řešení tratě Břeclav – Přerov ostře kontrastuje realita tratě Otrokovice – Zlín – Vizovice, která vede údolím říčky Dřevnice kolmo na tok Moravy a podél ní probíhající hlavní dráhy. Navzdory aktivitám Tomáše Bati a jeho následovníků, které změnily malé podhorské městečko Zlín na průmyslové, sídelní a kulturní centrum Východní Moravy, zůstala této trati do dnešních dnů podoba jednokolejné lokálky z devatenáctého století (vybudována byla v roce 1899). Snahy prodloužit ji směrem ke Vsetínu a napojit ji na trať současného Evropského nákladního železničního koridoru RFC 9 Rýn – Dunaj Hranice na Moravě – Púchov zůstaly nenaplněny.

Tento dluh společnosti vůči Zlínu splatí až nyní připravovaná modernizace trati Otrokovice – Zlín – Vizovice, spojená s výstavbou druhé traťové koleje mezi Otrokovici a Zlínem a s odstraněním nevhodných úrovnových křížení se silničními komunikacemi blokujícími pouliční dopravu ve městě a s elektrizací. Její potenciál jak v regionální osobní dopravě (spojení krajského města s okolím), tak v dálkové osobní dopravě (spojení Zlínska s Prahou, Brnem, Olomoucí, Ostravou, Pardubicemi a dalšími aglomeracemi) i v nákladní dopravě (kontejnerový terminál v Lípě) je nesporný.

Klíčovým tématem modernizace trati Otrokovice – Zlín – Vizovice je její elektrizace. Tato trať navazuje v železniční stanici Otrokovice na železniční trať Břeclav - Přerov, která je v úseku Nedakonice - Přerov elektrizována stejnosměrným systémem 3 kV a navazuje tak na napájení elektrických železnic v severní části ČR. Použití téhož stejnosměrného systému i na nově elektrizované trati Otrokovice – Zlín – Vizovice se ukázalo z několika důvodů jako nevhodné:

- vysoké investiční náklady (nutnost vybudovat další trakční napájecí stanice včetně jejího připojení k 3 AC elektrické distribuční síti, těžké trakční vedení s vodiči o velkém průřezu,
- velké ztráty v trakčním vedení,
- velké riziko poškození kovových konstrukcí mnoha průmyslových objektů, v jejichž těsné blízkosti železniční trať prochází, stejnosměrnými bludnými proudy.

Podobná situace je i na dalších k elektrizaci určených tratích v regionu (Kojetín – Kroměříž – Hulín, Hulín – Holešov – Valašské Meziříčí, Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice / Bojkovice / Veselí nad Moravou, Veselí nad Moravou – Blažovice. Jak ukázaly řešení Studie proveditelnosti, vedlo by použití systému 3kV k velmi vysokým nákladům, které by ohrožovaly rentabilitu projektu. Při výpočtech analýzy nákladů a výnosů (CBA) nevycházela příznivě relace mezi náklady a výnosy, limit hodnoty ekonomického vnitřního výnosového procenta EIRR se nedařilo plnit. To by vedlo k negativnímu závěru Studií proveditelnosti a tedy neuskutečnění projektu.

Použití systému 25 kV místo 3 kV se pro elektrizaci dalších tratí ukázalo jako klíčové, a to především díky vyšší přenosové schopnosti trakčního vedení, která umožňuje budovat méně trakčních napájecích stanic, rozmístěných na větší vzdálenost. A to zejména při aplikaci systému

jednotné fáze, který je podmínkou pro dvoustranné napájení a pro vytváření elektrické sítě propojením více trakčních napájecích stanic. Minimalizace počtu trakčních napájecích stanic má vedle zásadního investičního a provozního ekonomického dopadu i podstatný vliv na reálnost a rychlost uskutečněné stavby. Uvažování zřízení nových trakčních napájecích stanic v lokalitách vzdálených od náležitě výkonné elektrické distribuční sítě, vyžadující výstavbu nové linky distribučního vedení, se s ohledem na věcné a právní důsledky průchodu liniové stavby územím, ukazuje v lepším případě několikaletým zdržením a v horším případě zmařením celého projektu elektrizace dotyčné trati.

Elektrizace dalších tratí na východě Moravy systémem 25 kV získala další motiv rozhodnutím Železnic Slovenské republiky přejít na jednotný systém 25 kV a to včetně úseků Žilina – Čadca – státní hranice SK/CZ a Púchov – Lúky pod Makytou státní hranice SK/CZ, která logicky vyvolává změnu napájení i na straně ČR. A to nejen proto, že zavedený systém spolupráce a zálohování sousedních trakčních napájecích stanic je logicky podmíněn shodností použitého napájecího systému z obou stran trakčního vedení, ale i proto, že pro splnění požadavků Nařízení Evropského Parlamentu a rady č. 1316/2013, týkajícího se zajištění provozu nákladních vlaků délky 740 m (a tedy i patřičné hmotnosti) vede ke zcela novým a zásadně vyšším požadavkům na výkonnost pevných trakčních zařízení a přenosovou schopnost trakčního vedení. Přitom na obou větvích evropského Železničního nákladního koridoru RFC 9 Rýn – Dunaj (přes Jablunkovský průsmyk i přes Lysský průsmyk) jsou trakčně vysoce náročné rampy se stoupáním 16 promile, jejichž napájení v kvalitě požadované v TSI ENE není současné provedení systému 3 kV schopno zajistit.

Dalším tématem je modernizace tratě Brno – Přerov na dvojkolejnou s traťovou rychlostí 200 km/h, logicky vyžadující posunout napájení systémem 25 kV od Nezamyslic (kde mimo jiné dojde k zániku současné trakční napájecí stanice) až k Přerovu. V nedaleké budoucnosti je i zaústění nové vysokorychlostní železnice s traťovou rychlostí 300 až 350 km/h napájené systémem 25 kV, respektive 2 x 25 kV, do železničních uzlů Ostrava a Přerov.

Ostatní tratě, propojující severní 3 kV tah s jižním 25 kV tahem (Kolín – Brno, Česká Třebová – Brno, Púchov – Bratislava) měly situován bod styku 3kV a 25 kV asymetricky, v těsné blízkosti stejnosměrného systému 3 kV (Kutná Hora, Svitavy, Dolné Kočkovce). Tedy byly ve většině své délce napájeny napětím 25 kV (**viz. příloha 1.1**). Spojnice Přerov – Břeclav byla svým umístěním styku přibližně uprostřed trati a to v Nedakonicích (navíc nikoliv jednoduše na širé trati, ale komplikovaně přímo v železniční stanici přes mnoho staničních kolejí) řešena atypicky. Motivem k tomuto uspořádání byla obava z nedokončení vývoje dvousystémových lokomotiv. Přijaté řešení mělo umožnit provoz vlaků stejnoměrnými lokomotivami v severní části tratě (Přerov – Nedakonice) a střídavými lokomotivami v jižní části tratě (Nedakonice - Břeclav). Tato alternativa však nenastala, trať je obsluhována dvousystémovými lokomotivami, respektive dvousystémovými trakčními jednotkami.

Proto myšlenka přesunout bod styku elektrického napájení 25 kV a 3 kV z Nedakonic o 44 km severněji k Říkovcům, ač je motivována především okolními tratěmi, nijak neodporuje ani vlastnímu provozu na trati Přerov – Břeclav, naopak mu jde vstříc a umožní:

- kvalitnější napájení vozidel stálým napětím bez výrazných poklesů výkonu,
- umožnění plnohodnotné rekuperace,
- snížení ztrát v trakčním vedení,

- odstranění korozních účinků bludných proudů,
- spolehlivější provoz při ledovce,
- prodloužení vozebních ramen čistě střídavých vozidel, která jsou pro jih Moravy typická. Tato iniciativa přispěla k vyvolání širší diskuse o sjednocení systémů napájení železnic v ČR na jednotný systém 25 kV. Ta byla vydatně podpořena i problémy s omezenou výkonností systému 3 kV, daného zejména jeho nízkou přenosovou schopností trakčního vedení. Přenosová schopnost elektrického vedení (poměr přenášeného výkonu ke ztrátám ve vedení) je definována poměrem ztrát výkonu k přenášenému výkonu :

$$p = \Delta P / P = R \cdot I^2 / U \cdot I = R \cdot P / U^2 = r \cdot L \cdot P / U^2$$

ppoměrné ztráty přenosem el. energie

ΔP ... ztráty přenosem el. energie

P přenášený výkon

U napětí

I proud

R ... odpor vedení

r gradient odporu vedení

L délka vedení

Zvýšením napětí ze 3 kV na 25 kV se při stejné vzdálenosti a stejném odporu vedení zvyšuje přenosová schopnost vedení 69 krát ($(25/3)^2 = 69$). Tuto skutečnost je potřeba vnímat v souvislosti se zásadním zvýšením rychlosti vlaků (rychlíků ze 100 až 120 km/h na 160 km/h, nákladních ze 65 km/h na 100 km/h), které vede ke zvýšení trakčního výkonu potřebného na překonání aerodynamického odporu účinkem třetí mocniny:

$$P = k \cdot v^3$$

Odborné diskuse vyústily v zadání studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE“. Tuto studii zadalo Ministerstvo dopravy ČR a řešitelé (SUDOP Praha v součinnosti se SUDOP BRNO) při jejím zpracování intenzivně spolupracovali se SŽDC a doporučili v ní přechod celé elektrizované sítě železnic v ČR na jednotný systém 25 kV. Studie totiž jasně ukázala, že změna systému na 25 kV je vhodná jak pro tratě již elektrizované, tak pro tratě dosud bez elektrizace v severní části ČR. Studie prošla připomínkovým řízením ze strany MD ČR i SŽDC a ve své finální podobě byla schválena Centrální komisí MD ČR.

Jedním ze závěrů Centrální komisí MD ČR je i úkol pro SŽDC rozpracovat podrobněji realizaci přechodu na jednotné napětí 25 kV v dílčích studiích pro jednotlivé geografické oblasti, což aktuálně SŽDC připravuje (**viz. příloha 1.2**). Avšak termíny zpracování těchto dílčích studií nekorespondují s termíny přípravy staveb Otrokovice – Vizovice a Brno – Přerov, které jsou změnou napájení 3 kV / 25 kV v úseku Nedakonice – Říkovice podmíněny. Proto bylo rozhodnuto řešit konverzi napájení úseku Nedakonice – Říkovice v předstihu. Proto není toto území zahrnuto do dílčích oblastí konverze (**viz. příloha 1.3**).

Avšak není cílem, aby zde vzniklo jednoúčelové řešení poplatné okamžitým podmínkám bez vnímání delšího časového horizontu a širších teritoriálních souvislostí. Navíc zde nejde po prostou konverzi elektrického napájení 44 km dlouhého úseku Nedakonice - Říkovice. Jde o komplexní řešení

subsystému ENE, zahrnujícího kromě změny napájecího systému 3 kV/25 kV i zamýšlenou elektrizaci okolních tratí (která ostatně konverzi elektrického napájení Nedakonice – Říkovice iniciovala), napájení modernizované dvoukolejné tratě Brno – Přerov pro rychlost 200 km/h a v neposlední řadě i pro chystaný upgrade elektrického napájení na tratích v minulosti elektrizovaných systémem 25 kV, ale dnes nesplňujících požadavky na kvalitu napájení podle TSI ENE a požadavky na výkonnost napájení evropských RFC koridorů.

Je proto logické, že potenciální investor SŽDC SSV zadal zpracování této studie „**Změna trakční soustavy na AC 25kV, 50Hz v úseku Nedakonice – Říkovice**“ řešící nejen traťový úsek Nedakonice – Říkovice, ale tratě v trojúhelníku vymezeném železničními uzly Brno, Přerov a Břeclav (**viz příloha 1. 4**) a zabývající se nejen konverzí napájení 3 kV na 25 kV, ale i elektrickým napájením jako celku, zahrnujícím v dané lokalitě též nově elektrizované tratě, modernizované tratě, vysokorychlostní tratě a zvýšení výkonnosti systému 25 kV na současných tratích.

Příslušné investiční akce proběhnou zhruba v horizontu let 2020 až 2030. Tedy při uvažování životnosti pevných trakčních 30 let (viz Věstník dopravy Ministerstva dopravy ČR č. 11/2013) je potřeba je navrhovat tak, aby byla schopna vyhovovat podmínkám provozu do let 2050 až 2060.

1.5 Zadání studie

S ohledem na rozsah řešeného tématu zpracoval řešitel dokument „upřesnění zadání“, ve kterém v 13 bodech definoval vstupní podmínky a požadavky na napájení. Toto upřesnění bylo odsouhlaseno zadavatelem na samostatné poradě 10.8.2017:

1) Napájené tratě (současné i modernizované):

- Brno – Přerov, 200 km/h, 2 koleje, ETCS,
- Brno – Blažovice, stávající trať
- Brno – Vranovice, 350 km/h, 2 koleje
- Břeclav – Přerov, 160 km/h, 2 koleje,
- Popice – Brno, 160 km/h, 2 koleje
- Břeclav – Popice, 200km/h, 2 koleje
- Kojetín – Hulín, 1 kolej,
- Otrokovice – Zlín – Vizovice, 2 koleje/1 kolej
- Blažovice – Veselí nad Moravou, 2 koleje, ETCS
- Šakvice – Hustopeče u Brna, 1 kolej,
- Hrušovany u Brna – Židlochovice, 1 kolej,

2) Rozsah provozu (v letech 2020 až 2050):

S ohledem na předpokládanou životnost pevných trakčních zařízení 30 let je systém jako celek i jeho jednotlivé části dimenzovat tak, aby v cílovém stavu pokryl požadavky provozu

v roce 2050 bez dodatečného posilování nad rámec tohoto návrhu (může však být budován po etapách).

Na jednotlivých tratích je definována hodina maximální intenzity provozu (taktový jízdní řád):

- Interval mezi vlaky kategorií Ex, R, Os, NEx, Pn,
- Hmotnosti vlaků jednotlivých kategorií,
- Rychlosti vlaků jednotlivých kategorií,
- Výkony trakčních vozidel vlaků jednotlivých kategorií a výkony vedlejší spotřeby
- Dopravní špička zahrnuje špičkovou osobní dopravu doplněnou o vložené nákladní vlaky

3) Kritéria kvality napájení při provozním stavu:

Kvalita napájení při provozním stavu musí splnit požadavky TSI ENE, TSI LOC&PAS a EN 50 388 a to zejména:

- systém musí být schopen odebrat vozidly rekuperovanou elektrickou energii a plně ji využít buď v rámci trakční sítě (což je prioritou), nebo ji odevzdat do distribuční sítě 3 x 110 kV. Rekuperační brzdění vozidel nebude omezováno, není požadavek na vybavení vozidel brzdovými odporníky.
- musí být splněny požadavky uvedené v kapitole 12. Dimenzování

4) Kritéria kvality napájení při poruchovém stavu subsystému ENE (výpadek jedné TNS nebo části jedné TNS):

Musí být splněn princip N – 1: odstavení jakéhokoliv jednoho zařízení (porucha, údržba) nesmí způsobit omezení výkonnosti systému napájení dráhy. Kvalita nesmí být snížena (platí požadavky bodu 4).

Při vzniku další definované poruchy (N – 2) musí též být zajištěno napájení dráhy, ale může dojít ke snížení kvality vůči požadavkům bodu 4. Je preferováno automatické snižování odběru vozidel (a v důsledku toho i rychlosti jízdy vlaků) cestou snížení napájecího napětí (v kombinaci s automatickou redukcí výkonu trakčních vozidel) před provozně-administrativním opatřením (dispečerské řízení sledu jízdy vlaků v prodloužených následných mezidobích).

Princip automatického prodlužování následných mezidobí (solidarita vozidel s pevnými trakčními zařízeními) je následující: vysoké proudové zatížení pevných trakčních zařízení vede k poklesu napětí na sběrači vozidla. Při poklesu napětí na sběrači vozidla pod 90 % jmenovité hodnoty dochází (u nových vozidel o výkonu nad 2 MW řešených podle TSI LOC&PAS a ČSN EN 50 388) k automatickému snižování trakčního výkonu vozidla s důsledkem poklesu rychlosti jízdy vlaku – vozidla vycházejí snížením výkonu vstříc přetíženému napájení.

- 5) Požadavek na vnitřní redundanci:
 - zajistit napájení při poruše jedné části TNS

- 6) Požadavek na vnější redundanci:
 - zajistit napájení (spolu s dalšími TNS) při poruše sousední TNS

- 7) Kritéria ze strany distribuční soustavy 110 kV:
 - dvě nezávislá připojení k DS,
 - schopnost pracovat při kolísání amplitudy napětí i úhlu napětí v DS 3 x 110 kV,
 - symetrické zatěžování všech tří fází při odběru,
 - symetrické napájení všech tří fází při rekuperaci (dodávce) nadbytečné energie z trakčního vedení do distribuční soustavy,
 - povolená nesymetrie 0,7 % zkratového výkonu (v intervalu 10 minut),
 - splnit požadovaný účinník,
 - nepřekročit požadovaný obsah vyšších harmonických složek,
 - neovlivňovat HDO,
 - zamezit vzniku vyrovnávacích proudů mezi přípojnými body 110 kV,
 - nepřekročit limit sjednaného 15 minutového příkonu.

- 8) Kritéria ze strany dopravního provozu:
 - zajistit potřebnou kvalitu napájení (viz bod 4),
 - zajistit co nejvíce spojité napájení (minimalizace počtu míst, která je nutno projíždět se staženým sběračem nebo s vypnutým proudem),
 - vytvářet velké celky s možností uplatnění rekuperace v trakční síti a s vyrovnáním odběru (poměr maxima a střední hodnoty),
 - umožnit rekuperaci (dodávku) i do distribuční sítě,
 - umožnit aktivní řešení nežádoucích špičkových odběrů snížením napětí v dané TNS a dodávkou energie ze sousedních TNS

- 9) Kritéria ze strany provozování dráhy
 - vytvořit podmínky pro napájení při provozních poruchách a při údržbě TNS,
 - umožnit napájení i v průběhu přestavby na novou technologii.

10) Kritéria ze strany pomocné sítě 22 kV

- zajistit kvalitu napětí v pomocné síti 3 x 22 kV podle ČSN EN 50160 ed.3
- zajistit napájení pomocné sítě i při poruchách v DS,
- zajistit napájení pomocné sítě i při poruchách TNS.

11) Parametry zpětné cesty

Pro vyšetřování napěťových poměrů v síti, zatížení napájecích stanic a další výpočty jsou podstatným vstupem impedanční parametry trakčního vedení. Ty je možno:

- a) převzít z předpisu SR 34,
- b) vypočítat podle geometrických a materiálových parametrů trakčního vedení.

Po zkušenostech s vývojem hodnot stejnosměrného odporu kolejnic (vliv legování oceli) se ukazuje velmi rozumné validovat před desítkami let stanovené impedance trakčního vedení novým měřením aktuálního stavu.

Ohledně měření zpětné trakční cesty byla oslovena TÚDC, která měřila zpětnou trakční cesty na DC trakci. Na základě jejich vyjádření bylo konstatováno, že ve lhůtě zpracování této studie nelze toto měření zpětné trakční cesty na AC trakci bohužel zajistit. Dle vyjádření TÚDC nezpůsobí skinefekt ve střídavém obvodu zásadní navýšení impedance a svodové admitance koleje. Proto bylo na dnešní poradě rozhodnuto, že pro tuto studii budou použity hodnoty naměřené při měření zpětné trakční cesty na DC trakci.

Pro výpočty v rámci této studie budou použity hodnoty elektrického odporu kolejnic uvedené ve vyjádření SŽDC, s.o., zn. 21480/2017-SŽDC-O14.

12) Uzemňování kolejnic

Tradičně je v ČR na tratích napájených systémem 25 kV používán systém bodového uzemnění (v místech neomezeného připojení), což není úplně dokonalé (vypalování izolovaných styků v důsledku rozdílu napětí, problematika úderu blesku či pádu trakčního vedení, ...). Perspektivně je proto na tratích napájených systémem 25 kV sledován záměr průběžného uzemňování kolejnic, což je však podmíněno absencí kolejových obvodů (viz náhrada vlakového zabezpečovače LS vlakovým zabezpečovačem ETCS). SŽDC uvede v seznamu tratí způsob uzemnění.

13) Pokles trakčního napětí

Podle ČSN EN 50163 ed. 2 je nejnižší trvalé napětí $U_{\min 1} = 19000$ V AC

- Elektrická trakční soustava 25000 V AC
- Jmenovité napětí U_n 25000 V AC

- | | | |
|---|---|-------------------|
| • | Nejnižší trvalé napětí $U_{\min 1}$ | 19000 V AC |
| • | Nejnižší krátkodobé napětí $U_{\min 2}$ | 17500 V AC |
| • | Nejvyšší trvalé napětí $U_{\max 1}$ | 27500 V AC |
| • | Nejvyšší krátkodobé napětí $U_{\max 2}$ | 29000 V AC |

Podle TSI 1301/2014 je minimální střední užitečné napětí na pantografovém sběrači pro trati s rychlostí $v > 200\text{km/hod.}$ rovno 22 500V, pro trati s rychlostí $v \leq 200\text{km/hod.}$ rovno 22 000V.

Při poklesu napětí na 19 kV klesá trakční výkon hnacího vozidla na pouhých 23 % jmenovité hodnoty.

- Energetické výpočty budou zpracovány formou simulace za pomoci softwaru OpenTrack a OpenPowerNet.
- V každé variantě bude simulována dvouhodinová dopravní špička, která je uvedena v příloženém grafikonu (od 6.00 do 8.00) a to i při výpadku jednoho prvku v napájení (redundance n-1).
- Varianta bude hodnocena jako vyhovující, pokud budou splněny všechny tyto podmínky:
 - Při základním stavu napájení budou dodrženy požadavky TSI ENE. Především to, že minimální napětí v trolejovém vedení neklesne pod 19kV a střední užitečné napětí neklesne pod 22kV u tratí s maximální rychlostí do 200km/h včetně a pod 22,5kV u tratí s maximální rychlostí nad 200km/h (Brno-Vranovice).
 - Při výpadku jednoho prvku v napájecí stanici bude dodržen jízdní řád, což znamená, že napájení nebude omezující a nedojde ani ke krátkodobému výpadku napájení vlivem poklesu napětí v troleji pod 19kV či kvůli zareagování nadproudové ochrany v napájecí stanici.
 - Napájecí stanice musí být schopna dodat potřebný výkon při základním stavu napájení i při výpadku jednoho prvku v síti.
 - Tratě menšího významu, které nejsou v simulaci namodelovány, ale mají vliv na výkon napájecích stanic, budou do simulace zahrnuty jako spotřebič se středním výkonem určeným na základě již zpracovaných projektů, skutečného stavu či odborného odhadu. Jedná se o tratě Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice, Hulín – Valašské Meziříčí, Nezamyslice – Olomouc, Brno – Chrlice – Holubice, Brno – Zastávka u Brna.
 - Do simulace budou zahrnuty i plánované odběry z trakčního vedení pro napájení například EPZ a EOv. Výkony těchto zařízení budou do simulace dány na základě již zpracovaných projektů, skutečného stavu či odborného odhadu. V simulaci nebudou zahrnuty malé odběry, které na výsledky mají minimální vliv.

14) Ekonomické hodnocení:

Tato technicko-ekonomická studie nemá podstatu studie proveditelnosti a není zde prováděna CBA analýza. Pro investice do jednotlivých tratí (trakčních napájecích stanic) tedy budou muset být zpracovávány standardní dokumenty (studie proveditelnosti nebo přípravné dokumentace) vč. CBA analýzy. Analýza CBA je již pro konverzi trati Nedakonice - Říkovice zpracována v rámci výše uvedené přípravné dokumentace .

1.6 Výchozí předpoklady

1.6.1 Základní podklady a koncepční dokumenty:

- Přípravná dokumentace Změna trakční soustavy na AC 25 kV, 50 Hz v úseku Nedakonice – Říkovice (SUDOP BRNO pro SŽDC, s.o., SSV, 2016),
- Studie koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ... (SUDOP Praha a SUDOP BRNO pro MD ČR, 2016 – schváleno CK MD ČR dne 20.12.2016,
- Studie prověření dopadu přechodu napájení trakce na 25 kV na distribuční soustavu ... (EGU Brno pro SUDOP BRNO, duben 2017)
- Studie „Koncepce vybavení tratí III. a IV. koridoru a dalších tratí zařazených do evropského konvenčního železničního systému technickými prostředky pro zjišťování volnosti a obsazenosti kolejových úseků a systémem vlakového zabezpečovače“ ... (SUDOP Praha pro SŽDC, s.o., 2014)

1.6.2 Usnesení a strategie:

- Usnesení vlády ČR č. 362/2015 Státní energetické koncepci (náhrada spotřeby nafty v dopravě elektřinou)
- Usnesení vlády ČR č. 978/2015 Národní plán snižování emisí (přesun 30 % nákladní dopravy ze silnic na železnice,
- Usnesení vlády ČR č. 389/2019 Program rozvoje rychlých železničních spojení v ČR (napájení tratí Rychlých spojení),
- Nařízení evropského parlamentu a rady č. 1315/2013 (rozvoj tratí sítě TEN-T včetně vysokorychlostních – jejich napájení)
- Nařízení evropského parlamentu a rady č. 1316/2013 (evropské nákladní železniční koridory RFC - zajištění elektrického napájení pro dopravu nákladních vlaků délky 740 m),
- Dopis č.j. 12486_2017_SŽDC_GŘ_026 ve věci výhledové elektrizace tratí (plus postupně schvalované SP jednotlivých elektrizačních projektů).

1.6.3 Požadavky z pohledu distribuční soustavy:

- Výše rezervovaného příkonu (Prez.) v místě distribuční soustavy provozovatele distribuční soustavy (PDS) pro odběrné zařízení je dána parametry sítě v místě připojení (volná distribuční kapacita, zkratové poměry v konkrétním místě připojení). Mimo uvedené parametry je výše Prez. ovlivněna charakterem odběru tak, aby byly splněny podmínky dle příslušné legislativy.
- Veškeré odběrné zařízení připojované na distribuční soustavu musí splňovat požadavky na maximální přípustnou úroveň zpětných vlivů na elektrizační soustavu. Limity pro úroveň zpětných vlivů způsobovaných jedním odběratelem z distribuční soustavy stanovuje PNE 33 3430 – 0. Je nutno věnovat pozornost především těmto vlivům:
 - o Flikr: limity pro jednoho odběratele jsou
 - o $P_{lt} = 0,25$ dlouhodobá míra vjemu flikru
 - o $P_{st} = 0,35$ krátkodobá míra vjemu flikru
 - o Nesymetrie napětí - způsobená jedním odběratelem - $u_{(2) \text{ příp}} < 0,7 \%$ v intervalu 10 min.
 - o Vyšší harmonické - přípustné úrovně jednotlivých harmonických napětí musí být dle PNE 33 3430–0.
 - o Zpětné vlivy na HDO – rušivé napětí na frekvenci HDO, nebo v bezprostřední blízkosti nesmí překročit $0,1 \%$ U_n , na frekvenci $f_{HDO} \pm 100 \text{ Hz}$ hodnotu $0,3 \%$ U_n .
- Dle § 28 zákona č. 458/2000 Sb., je zákazník povinen provádět dostupná technická opatření zamezující ovlivňování kvality elektřiny v neprospěch ostatních odběratelů.
- V procesu připojení nového odběrného zařízení (případně požadavku odběratele na navýšení stávající výše Prez.) postupuje distributor el. energie v souladu s platnou legislativou, přičemž součástí podmínek připojení je mj. i podmínka doložení výpočtu vlivů připojovaného zařízení na DS PDS.
- Z toho důvodu je v rámci stanovení připojovacích podmínek požadována Studie připojitelnosti, jejíž součástí jsou příslušné výpočty určující výši max. možného připojitelného příkonu odběrného zařízení v konkrétním místě připojení.

1.6.4 Základní použité normy a předpisy:

- Technologie napájení TV a napájecích bodů TNS v systému 25 kV, 50 Hz musí splňovat především požadavky TSI ENE a příslušných norem. Neméně důležité jsou rovněž požadavky distribučních společností na připojení nových napájecích stanic do distribuční soustavy, případně úprav stávajících TNS.
- Trakční soustava musí splňovat především požadavky :
- ČSN EN 50 163 ed.2 z pohledu požadovaných úrovní napětí

- ČSN EN 50 388 ed.2 z pohledu podmínek pro splnění jízdních dob stanovených v jízdním řádu (dodržení garantovaných trakčních charakteristik)
- ČSN EN 50 122-1 ed.2 z pohledu zajištění bezpečnosti provozu
- TSI ENE a to zejména :
 - o plnění TSI je na tratích celostátních podmínkou definovanou v zákoně o dráhách č. 266/1994 Sb.,
 - o plnění TSI je na tratích celostátních podmínkou financování příslušných projektů z fondů CEF a OPD (viz Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1315/2013 a 316/2013),

1.6.5 Ostatní vstupní předpoklady a podmínky:

- Nová elektrizace tratí (již systémem 25 kV) Otrokovice – Vizovice, Kojetín – Hulín, Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice / Bojkovice / Veselí nad Moravou a Brno – Veselí nad Moravou, Šakvice – Hustopeče, Hrušovany – Židlochovice
- Přestavba tratě Brno Přerov na rychlost 200 km/h (včetně druhé koleje a přesunu styku 25 kV /3 kV z Nezamyslic k Věžkám a k Blatci,
- Nová vysokorychlostní trať Brno – Vranovice (- Břeclav),
- Upgrade napájení 25 kV na tratích 1. a 2. tranzitního železničního koridoru v souladu s požadavky TSI ENE, ČSN EN 50 388 a potřebných parametrů RFC koridorů.
- zajištění i výhledového napájení perspektivních přepravních výkonů (jak z hlediska počtu vlaků, tak jejich hmotnosti) do roku 2050,
- kontinuální obnova zařízení subsystémů ENE a CCS v intervalech životnosti podle Věstníku dopravy č. 11/2013 (včetně kabelových vedení),
- jízdu vlaků bez omezování intervalů umožněných subsystémem CCS (včetně ETCS level 2 – zkrácené prostorové oddíly),
- na RFC koridorech, definovaných v Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013, jízdu nákladních vlaků délky 740 m ve svazku rychlých garantovaných tras,
- napájení elektrických lokomotiv až o výkonu 6 MW (při sklonu nad 7 ‰ dvě HV na vlaku),
- možnost využití traťové rychlosti 160 km/h (na vybraných úsecích až 200 km/h)

1.7 Metodika řešení

Zásady technického řešení elektrizace železnic v ČR byly stanoveny v polovině minulého století. Přes dílčí technologické změny (například náhrada rtuťových usměrňovačů polovodičovými) určil dodnes v ČR všeobecně používaný princip elektrického napájení železnic napětím 3 kV úsek Praha – Česká Třebová, uvedený do provozu v roce 1957. Podobně určil dodnes v ČR všeobecně

používaný princip elektrického napájení železnic napětím 25 kV úsek Plzeň – Horažďovice předměstí, uvedený do provozu v roce 1963.

Od té doby došlo k zásadnímu zvýšení rychlosti jízdy vlaků ze 100 až 120 km/h na 160 km/h, výkon lokomotiv se zvýšil ze 2 MW na 6 MW. Změnila se technika trakčního pohonu vozidel, standardem se stalo rekuperační brzdění. Zavedení klimatizace interiérů železničních vozidel klade nové požadavky na spojitost napájení, ETCS umožňuje jízdu vlaků v těsnějším sledu. Technické směrnice pro interoperabilitu přinášejí úplně jiný pohled na kvalitu napájení, než někdejší postačující vyhovění širokému tolerančnímu poli. Ve zcela jiné technické i institucionální podobě je distribuční elektrická síť, zažívající přechod od fosilních paliv k bezemisním zdrojům a od centralizované k decentralizované výrobě elektřiny.

Změnilo se i rozložení znalostí. V minulosti bylo tvůrcem a nositelem a know-how elektrického napájení drah vysoké školství, připravující pracovníky pro projektování i provozování elektrických drah, reprezentované všeobecně uznávanými akademickými autoritami. Jimi před 50 – 60 lety vytvořené učebnice vychovaly několik generací drážních elektrotechniků. V současnosti již české školství tuto roli neplní, tvůrcem a nositelem znalostí z oboru elektrické vozby jsou podnikatelské subjekty zabývající se vývojem a výrobou technologií pro elektrické napájení drah, respektive projektováním elektrického napájení drah. Příslušné znalosti nejsou zveřejňovány veřejně dostupnou formou, učebnice nejsou vydávány.

Základem současné projekční činnosti je proto tvůrčí dialog těchto podnikatelských subjektů. Tedy v tomto případě projekčních organizací z oblasti železnice s projekčními organizacemi z oblasti elektroenergetiky, se správcem železniční dopravní cesty, s dopravci, s distributory elektřiny i s průmyslem i se státní správou.

Samostatným tématem je změna právního prostředí, kdy se na železnici stala zákonnou povinností interoperabilita a kdy i energetika, důsledně rozdělená na výrobu, distribuci a prodej elektrické energie, má do detailu propracované technické požadavky, obchodní podmínky, právní předpisy i státní regulaci.

V poslední řadě došlo k podstatné změně v oblasti projektování elektrického napájení drah. Ta tam je doba odečítání hodnot z empiricky určených křivek zakreslených v rastru milimetrového papíru. K dispozici jsou vysoce výkonné počítače a do detailu propracované programy, léta postupně vytvářené vývojovými pracovišti a používanými nikoliv pouze v národním prostředí země původu, ale minimálně v Evropské dimenzi.

V případě této řešené úlohy byly základní oporou:

- programy **OpenTrack** a **OpenPowerNet** využívané společností SUDOP BRNO ke společnému modelování dopravního provozu a elektrického napájení na železnici,
- program **LUG** využívaný společností EGU pro modelování poměrů v elektrické přenosové soustavě a elektrické distribuční síti ČR, zejména ustáleného chodu sítě a výpočet zkratových poměrů.

Pro validaci výsledků byla využívána autentická měření z trakčních napájecích stanic.

1.8 Rekapitulace plnění obsahu zadání studie

č.	požadavek	kapitola
1	Analýza (posouzení) technologií TNS a následný návrh technicky a ekonomicky nejoptimálnějších technologií TNS	9
2	Analýza (posouzení) technologií zajišťující symetrický odběr elektrické energie z DS a návrh vybraného řešení	9
3	Analýza technologií zajišťující spolupráci sousedních příp. vzdálenějších TNS a návrh vybrané technologie.	9
4	Návrh vybrané technologie podle bodu 3) ve většině TNS bez 100% zálohování.	13
5	Posouzení a výběr napájecích bodů v lokalitě Břeclav - Nedakonice - Přerov - Brno - Břeclav / Veselí nad Moravou - č. tratí 330, 300, 340, 250.	13
6	Vyhodnocení stávající střídavé TNS na území JmK, ZK a OK a návrh doporučených úprav.	13
7	Analýza (posouzení) technologií využívajících balancem a frekvenčních měničů včetně parametrů a charakteristik.	9
8	Posouzení výrobního programu a technologie výrobců vztahujícího se k balancérům a frekvenčním měničům a jejich využití pro napájení trakčního vedení 25 kV, 50 Hz.	9
9	Vyhodnocení stávajících napájecích bodů a dopadu na DS pro t.ú. Nedakonice - Říkovice.	13
10	Vyhodnocení stávajících napájecích bodů a dopadu na DS pro t.ú. Brno - Břeclav - Nedakonice, Brno - Vyškov - Říkovice.	13
11	Analýza předpokládaného vývoje intenzity dopravy a její aktualizace ve vazbě na výkonové dimenzování napájecích bodů (posuzovaných i nově navrhovaných)	11, 12
12	Návrh vhodných lokalit pro postupný přechod na jednotlivou stabilizovanou fázi a symetrický odběr z DS včetně variant přechodu.	13
13	Posouzení hraniční hodnoty rezervovaného příkonu pro standardní zapojení TNS a návrh strategie řešení.	13
14	Stanovení časové náročnosti a periodicity údržby posuzovaných technologií včetně popisu předepsaných servisních zásahů výrobcem s vazbou na nutnou dobu vyloučení zařízení z provozu (v podmínkách SZDC).	9

1.9 Přílohy ke kapitole 1

Příloha 1.1

Mapa elektrizace sítě železnic SŽDC (výchozí stav)

Příloha 1.2

Mapa dílčích oblastí konverze 3 kV / 25 kV

Příloha 1.3

Mapa řešeného traťového úseku (Nedakonice - Říkovice)

Příloha 1.4

Schválení koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu

Příloha 1.1 Mapa elektrizace sítě železnic SŽDC (výchozí stav)

Počty traťových kolejí, systémy trakčních proudových soustav a označení podle knižního jízdního řádu

počty traťových kolejí:

— jednokolejňá trať

— dvoukolejňá trať

— trojkolejňá trať

— odděleně vedená kolej dvou- nebo vícekolejňá trať; obvyklý směr jízdy

systémy trakčních proudových soustav:

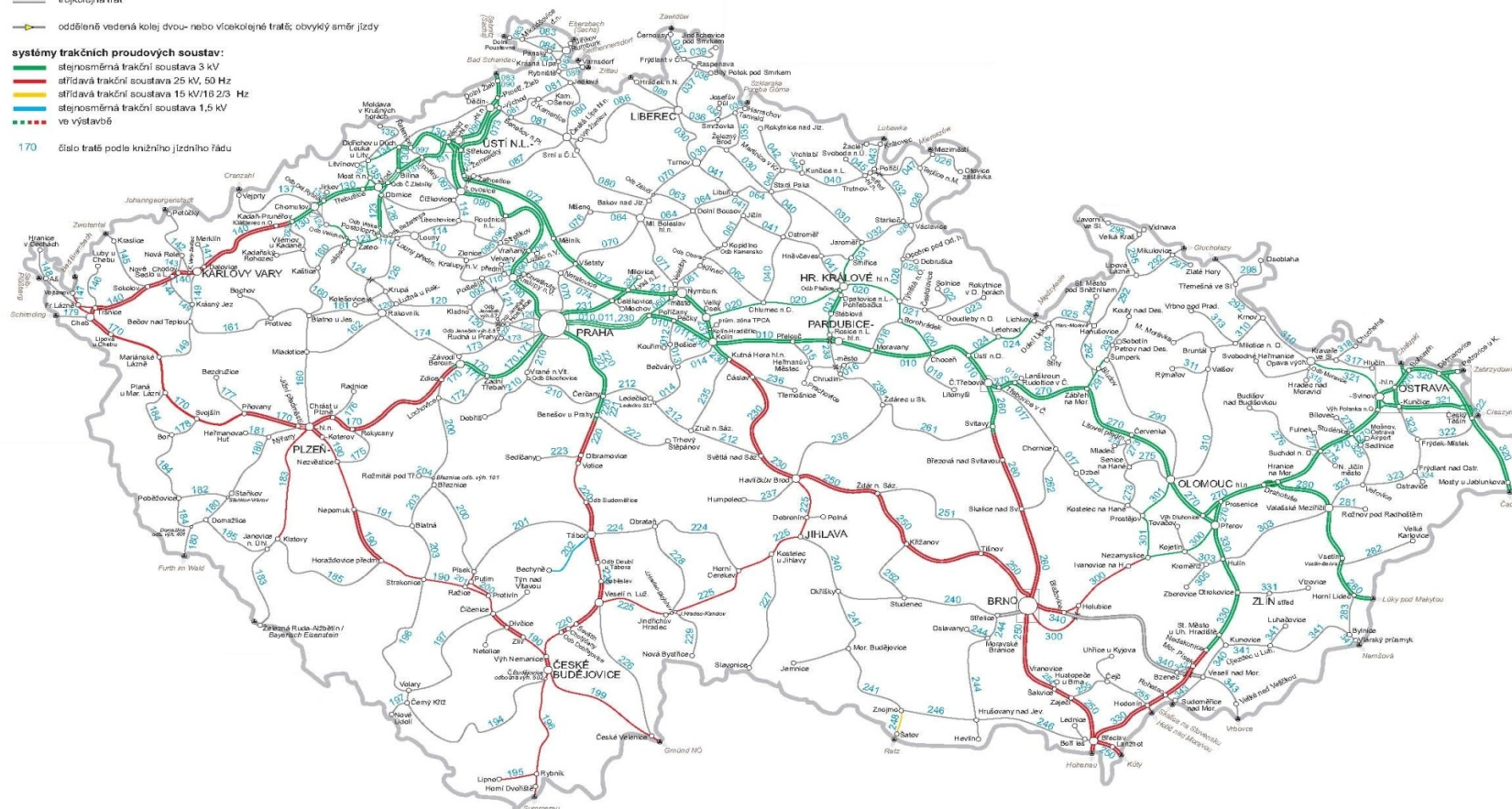
— stepnosměrná trakční soustava 3 kV

— střídavá trakční soustava 25 kV, 50 Hz

— střídavá trakční soustava 15 kV/16 2/3 Hz

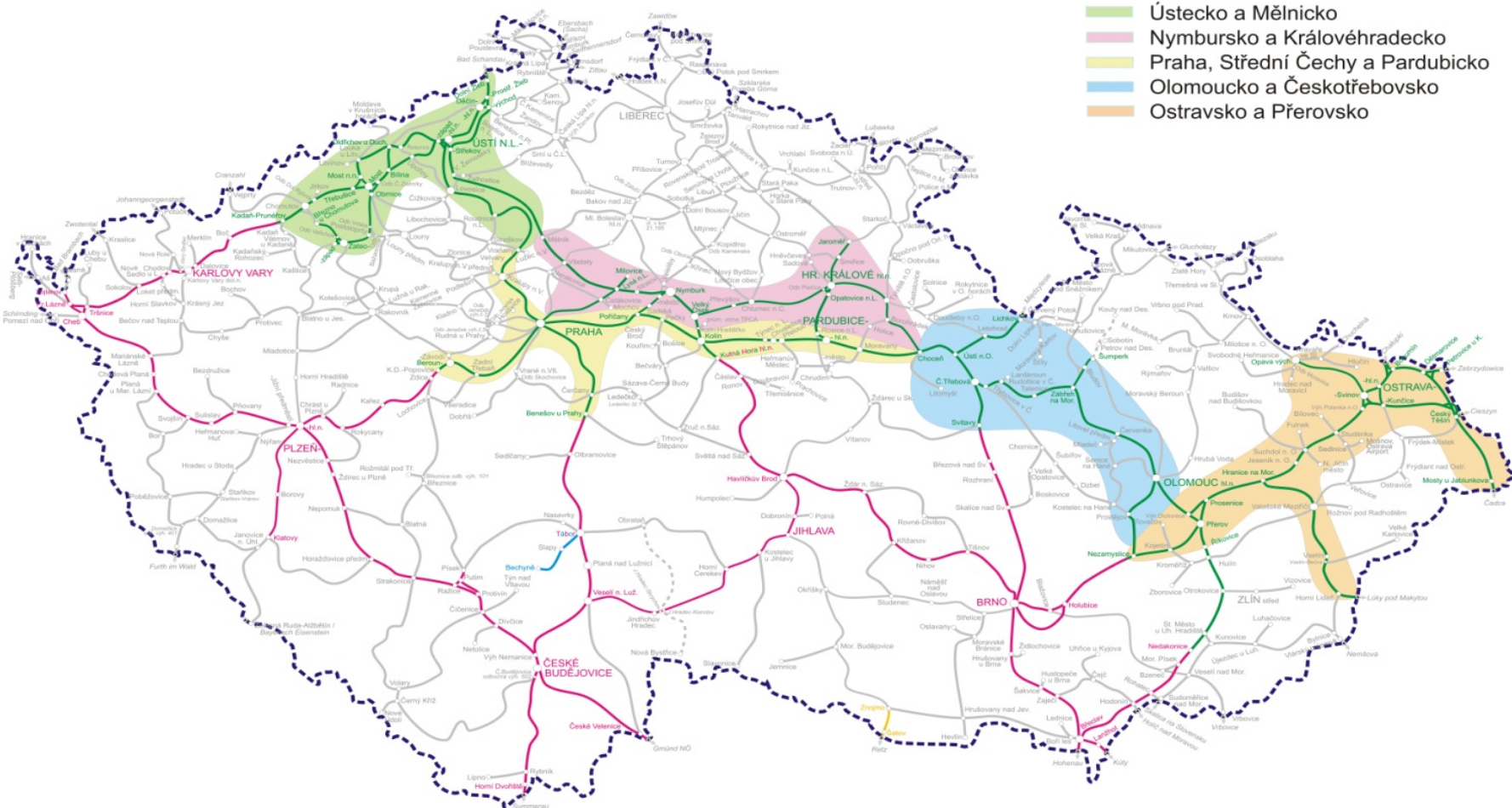
— stepnosměrná trakční soustava 1,5 kV ve výstavbě

170 číslo tratě podle knižního jízdního řádu

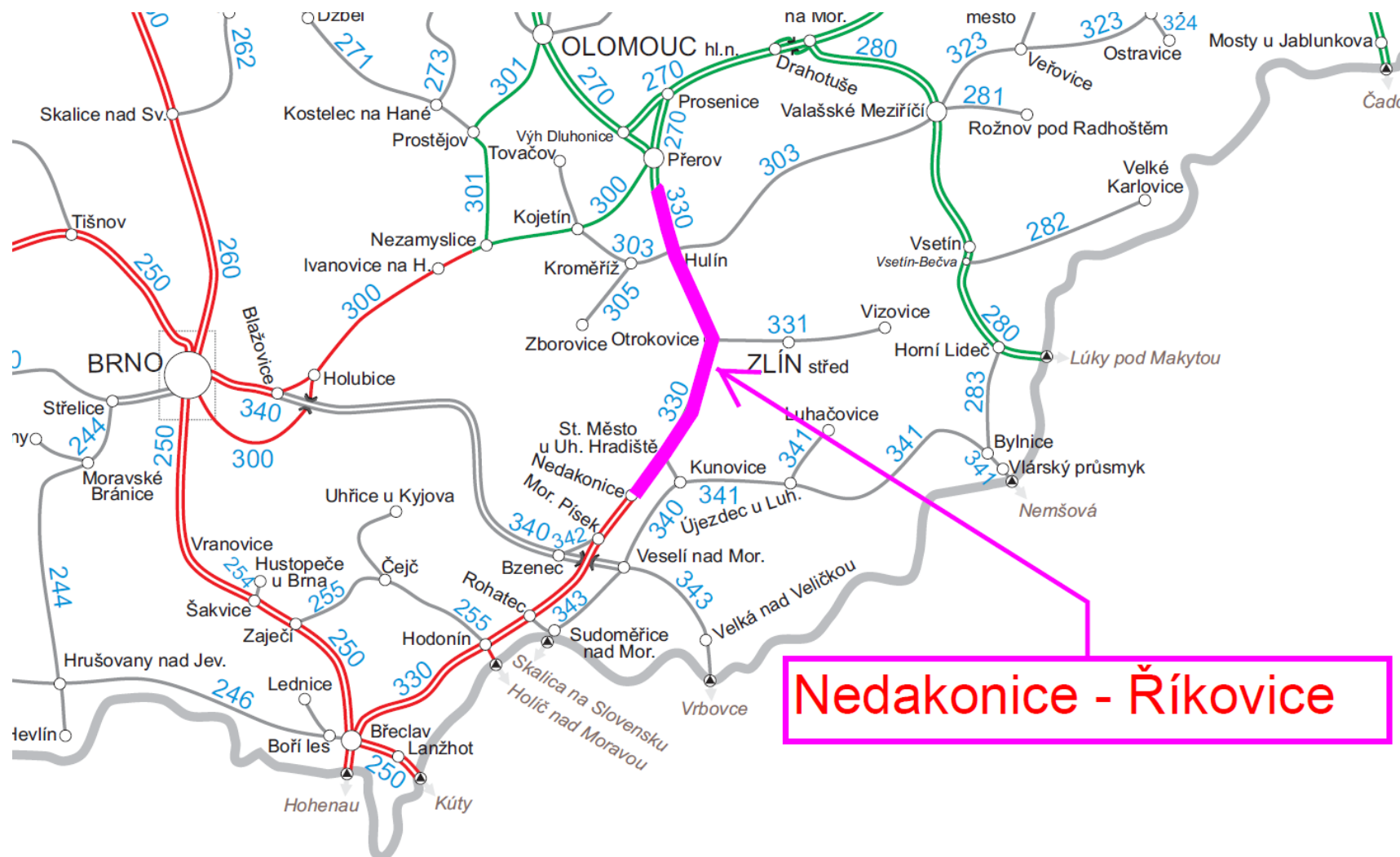


Příloha 1.2 Mapa dílčích oblastí konverze 3 kV / 25 kV

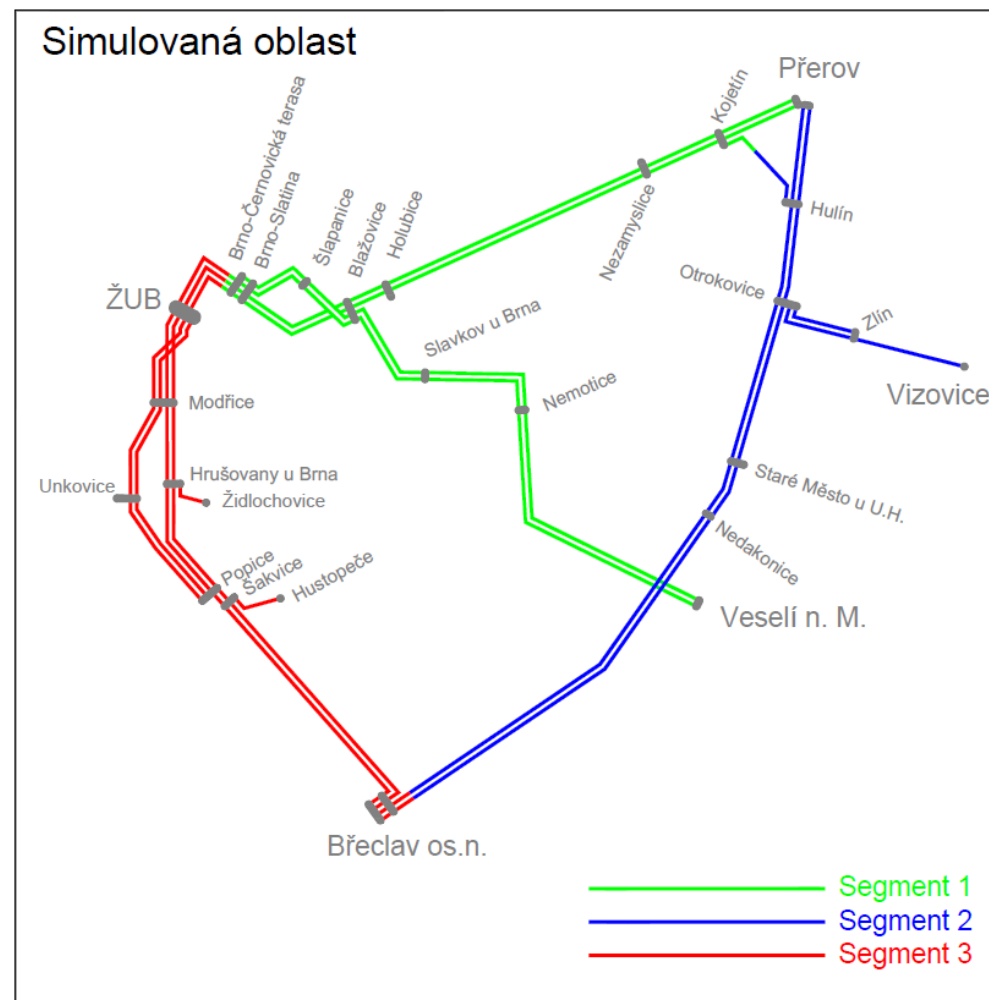
Oblasti přepínání trakční soustavy



Příloha 1.3 Mapa řešeného traťového úseku (Nedakonice - Říkovice)



Příloha 1.4 Mapa řešené oblasti (trojúhelník Brno – Přerov – Břeclav)



Příloha 1.5 Schválení koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu



Ministerstvo dopravy

Ing. Tomáš Čoček, Ph.D.
1. náměstek – Státní tajemník

Praha 5. ledna 2017
Č. j.: 4/2017-130-KR/1

Vážený pane generální řediteli,

na 140. zasedání Centrální komise Ministerstva dopravy dne 20.12.2016 byla předložena studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE“. Studii vypracovalo sdružení společností SUDOP Praha a SUDOP Brno. Centrální komise tuto studii projednala a schválila s následujícím závěrem:

Centrální komise MD po projednání rozhodla, že studii „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE“ schvaluje s následujícími podmínkami:

- 1) Cílovou napájecí soustavou na tratích SŽDC, s. o. bude sjednocená střídavá trakční soustava 25 kV, 50 Hz s možnou výjimkou ze sjednocení u trati s ostrovním provozem Tábor – Bechyně a příhraničních traťových úseků napájených trakční soustavou sousedního státu (např. Šatov st. hr. – Znojmo).*
- 2) SŽDC, s. o. zajistí novelizaci předpisů SR34, D24 a norem ČSN 33 3505 ed. 2, ČSN 34 2613 a ČSN 34 2614 dle závěrů a doporučení této studie.*
- 3) Zpracovatelem navržený harmonogram bude považován za doporučující. Pro realizaci přechodu na střídavou soustavu je žádoucí využívat plánované rekonstrukce/obnovy trakčních zařízení, příp. souvisejících staveb.*
- 4) Pro přípravu přechodu na jednotnou napájecí soustavu 25 kV, 50 Hz SŽDC, s. o. zajistí doplnění stavebních úprav, nezbytných pro výhledové přepnutí, do všech nově zahajovaných nebo rozpracovaných studií proveditelnosti, záměrů projektů, dokumentací územního řízení a dokumentací stavebních povolení (DÚR a DSP dle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů). U ukončených dokumentací stavebních povolení prověří SŽDC, s. o. možnost doplnění úprav umožňujících výhledové přepnutí na jednotnou napájecí soustavu 25 kV, 50 Hz.*

4/2017-130-KR/1

- 5) *Samotná realizace přepnutí na jednotnou napájecí soustavu 25 kV, 50 Hz bude řešena v samostatně zpracovaných studiích pro jednotlivé funkční celky. SŽDC, s. o. předloží CK MD návrh seznamu rozdělení studií na jednotlivé funkční celky do 31. 3. 2017.*
- 6) *SŽDC, s. o. zpracuje výstupy této studie do aktualizace „Národního implementačního plánu TSI ENE“.*
- 7) *V záměrech projektů investičních akcí, týkajících se modernizace stávajících měníren, předkládaných ke schválení CK MD, je nezbytné potřebu zvýšení výkonu doložit rámcovými energetickými výpočty pro celou napájenou oblast řešené měnirny. Současně je třeba ověřit výši dotykového napětí kolejnic vůči zemi, a to výpočtem pro nejnepríznivější případ, který může nastat vzhledem k výkonu trakční napájecí stanice a aktuálním elektrickým vlastnostem materiálů použitých pro trakční vedení a zpětný obvod. Současně je třeba doložit navržená opatření proti vzniku nebezpečného dotykového napětí kolejnic vůči zemi.*

Vzhledem k výše uvedeným závěrům jednání Centrální komise MD Vás žádám o respektování výstupů předmětné studie se zohledněním upřesnění ve výše uvedených podmínkách a o zajištění plnění požadavků výše uvedených podmínek.

V příloze tohoto dopisu zasílám elektronickou verzi dokumentace předmětné studie. Souhlasím s poskytováním dokumentace studie projektovým organizacím.

S pozdravem



Příloha: studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE“ (CD nosič)

Správa železniční dopravní cesty, s. o.
Generální ředitel
Ing. Pavel Surý
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1