**Studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE“**

1. **ZÁVĚR**

*Objednatel* **Česká republika – Ministerstvo dopravy**

*Zpracovatel* **SUDOP Praha a. s.**

**SUDOP Brno, spol.sr.o.**

|  |
| --- |
|  |

**Objednatel:**

Česká republika – Ministerstvo dopravy

nábřeží Ludvíka Svobody 1222

110 15 Praha 1

**Zhotovitel:**

SUDOP PRAHA a.s

Olšanská 1a

130 80 Praha 3

SUDOP Brno, spol. s r.o.

Kounicova 688/26

611 36 Brno – střed

Obsah

[8.1 Závěry studie 3](#_Toc456954410)

[8.1.1 Efekty změny systému 3 kV na 25 kV 3](#_Toc456954411)

[8.1.2. Úspory elektrické energie 4](#_Toc456954412)

[8.1.3. Úspory odstraněním škod způsobovaných bludnými proudy 5](#_Toc456954413)

[8.1.4. Úspora nákladů na údržbu vozidel odstraněním stejnosměrných podélných proudů 6](#_Toc456954414)

[8.1.5. Úspora inv. a provozních nákladů při dokončování elektrizace sítě železnic SŽDC 6](#_Toc456954415)

[8.1.6. Úspory přechodem na uzemněné kolejnice 8](#_Toc456954416)

[8.1.7. Úspory při budování vysokorychlostního železničního systému 9](#_Toc456954417)

[8.1.8. Úspory vyšší odolností při ledovce 10](#_Toc456954418)

[8.1.9. Úspory vyšší trvanlivostí trolejového drátu 10](#_Toc456954419)

[8.1.10. Úspory odstraněním stykových míst 11](#_Toc456954420)

[8.1.11. Zajištění (zvýšení) kvality napájení 11](#_Toc456954421)

[8.1.12. Zvýšení výkonnosti subsystému ENE 12](#_Toc456954422)

[8.1.13. Zajištění bezpečnosti 13](#_Toc456954423)

[8.1.14. Návaznost na ETCS 15](#_Toc456954424)

[8.1.15 . Souběžná sdělovací a zabezpečovací kabelová vedení 15](#_Toc456954425)

[8.1.16 Průběžná obnova pevných trakčních zařízení 16](#_Toc456954426)

[8.1.17. Problematika připojení na energetiku 17](#_Toc456954427)

[8.2 Doporučení pro provozovatele a zadavatele 18](#_Toc456954428)

[8.2.1 Doporučení k sdělovacímu zařízení vzhledem k přechodu na 25kV 18](#_Toc456954429)

[8.2.2 Doporučení k zabezpečovacímu zařízení vzhledem k přechodu na 25kV 18](#_Toc456954430)

[8.2.3 Doporučení k trakčnímu vedení vzhledem k přechodu na 25kV 19](#_Toc456954431)

[8.2.4 Doporučení k silnoproudému zařízení vzhledem k přechodu na 25kV 20](#_Toc456954432)

# 8.1 Závěry studie

### 8.1.1 Efekty změny systému 3 kV na 25 kV

V roce 2015 bylo v ČR v síti SŽDC 1 774 km železničních tratí napájených systémem 3 kV. Byla na nich vykonána dopravní práce cca 40 miliard tkm a k tomu bylo při měrné spotřebě cca 22 Wh/tkm spotřebováno 884 milionů kWh elektrické energie na vstupu celkem 63 trakčních napájecích stanic.

Je předpoklad, že přepnutí na první části začne od roku 2025 a bude probíhat do roku 2037.

Podle dopravní sektorové strategie MD ČR mělo v rozmezí let 2015 až 2035 dojít na železnici:

- nárůstu přepravních výkonů osobní železniční dopravy na 1,434 násobek,

- nárůstu přepravních výkonů nákladní železniční dopravy na 1,193 násobek.

Již současný vývoj je následující:

- v oblasti osobní dopravy došlo v průběhu let 2010 až 2015 k výrazně vyššímu nárůstu skutečných přepravních výkonů, než předpokládala DSS. Ta uváděla růst 6 % (tedy 1,2 % meziročně), ale ve skutečnosti byl dosažen růst více než čtyřnásobně vyšší (26 %, tedy 5,2 % meziročně) s tendencí progrese (rok 2015 vůči roku 2014 o 7 %, první čtvrtletí roku 2016 vůči prvnímu čtvrtletí roku 2015 o 9 %),

- v oblasti nákladní došlo k významným rozhodnutím jak ze strany EU (zřízení RFC koridorů s preferencí nákladní dopravy, opatření ke zvýšení délky nákladních vlaků na 740 m) tak ze strany ČR (Usnesení vlády ČR č. 978/2015 které požaduje převedení 30 % silniční nákladní dopravy na železnice již do roku 2030). Konkrétní kroky MD ČR a SŽDC v oblasti rozvoje železniční dopravní cesty (modernizace Labské pravobřežní tratě, stavba druhé traťové koleje Velký Osek – Choceň, stavba nové paralelní trati Choceň – Ústí nad Orlicí, …) směřují k jejich naplnění.

Dále nelze zapomínat, že tratě elektrizované systémem 3 kV patří z velké většiny do sítě TEN-T, tedy do té části sítě, která je nejvíce zatížena (27 % délky tratí vykonává 77 % přepravních výkonů osobní železniční dopravy a 90 % přepravních výkonů nákladní železniční dopravy) a nejvíce na ni roste přepravní poptávka, zatím co DSS uvádí hodnoty celosíťové.

Proto je velmi umírněné předpokládat v rozmezí dvaceti let 2015 až 2035 na tratích SŽDC dosud elektrifikovaných systémem 3 kV:

- růst přepravních výkonů osobní železniční dopravy na 1,56 násobek (součin nárůstu počtu vlaků o 20 % a nárůstu počtu osob ve vlaku o 30 %), což odpovídá ročnímu nárůstu přepravních výkonů o 2,8 % (roční 1 % nárůst počtu vlaků a roční 1,5 % nárůst počtu osob ve vlaku),

- růst přepravních výkonů nákladní železniční dopravy na 1,68 násobek (součin nárůstu počtu vlaků o 20 % a nárůstu hmotnosti zboží ve vlaku o 40 %), což odpovídá ročnímu nárůstu přepravních výkonů o 3,4 % (roční 1 % nárůst počtu vlaků a roční 2 % nárůst hmotnosti zboží ve vlaku).

S ohledem na vývoj v létech 2010 až 2015 i s ohledem na další trendy jde o velmi konzervativní odhad. Avšak u dimenzování pevných trakčních zařízení je nutnou uvažovat i dynamičtější vývoj a napájení elektrických drah dimenzovat tak, aby neomezovalo možnosti, které trať, způsob řízení a zabezpečení vlakové dopravy i vozidla umožňují.

### 8.1.2. Úspory elektrické energie

Nevýhodou systému 3 kV je nízká účinnost trakčního vedení, která navíc klesá s rostoucím výkonem:

η = (P – ΔP) / P = 1 - ΔP / P = 1 – R . I2 / (U . I) = 1 – r . L . P / U2

Typická hodnota pro tratě SŽDC napájené systémem je v současné době cca 80 %. To je výrazně méně, než u systému 25 kV, který díky násobně vyššímu napětí pracuje (navzdory větší vzdálenosti napájecích stanic, jednostrannému napájení a menším průřezům vodičů) s účinností kolem 96 %. Při konverzi systému 3 kV na 25 kV bude s ohledem na zachování nevelké vzdálenosti napájecích stanic, dvoustranného napájení a velkých průřezů na úrovni DC systému účinnost trakčního vedení cca 99 %. Tak značný rozdíl ve ztrátách (20 % versus 1 %) se projevuje při obou směrech toku proudu – při odběru, i při rekuperačním brzdění.

Další energetickou nevýhodou systému 3 kV ve srovnání se systémem 25 kV je nižší úspěšnost rekuperace. Ta vyplývá jak z nízké přenosové schopnosti vedení (malý napěťový spád omezuje vzdálenost, na kterou jsou si vozidla schopna předat energii) a z neschopnosti tradičních měníren (s diodovými usměrňovači) vracet proud distribuční sítě.

Úspory energie při náhradě systému 3 kV systémem 25 kV tedy mají tři příčiny (nižší ztráty při přenosu energie z napájecí stanice k vozidlu, nižší ztráty při zpětném přenosu rekuperované energie a vyšší úspěšnost rekuperačního brzdění) a proto jsou značné - činí cca 30 %.

Pokud by došlo k posílení stejnosměrného napájení doplněním dalších měníren (typicky uprostřed mezi dvojicí současných sousedních měníren), tak na jedné straně dojde k nárůstu účinnosti (který bude z části zhoršen vyšším výkonovým zatížením při nárůstu intenzivnější dopravy). Avšak zároveň dojde vlivem zkrácení meziměnírenských úseků k poklesu úspěšnosti rekuperace. Úspora energie změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV pak činí asi 30 %.

V konkrétním případě lze mezi variantami bez projektu (posílený DC systém) a variantou s projektem (AC systém) předpokládat úsporu energie:

- 245 mil. kWh/rok (588 mil. Kč/rok) při provozu v úrovni roku 2015,

- 424 mil. kWh/rok (1 017 mil. Kč/rok) při provozu v úrovni roku 2035.

Mezi variantami bez úprav (současný DC systém) a variantou s projektem (AC systém) lze předpokládat ještě vyšší úsporu energie:

- 297 mil. kWh/rok (713 mil. Kč/rok) při provozu v úrovni roku 2015,

- 588 mil. kWh/rok (1 411 mil. Kč/rok) při provozu v úrovni roku 2035.

### 8.1.3. Úspory odstraněním škod způsobovaných bludnými proudy

Při průchodu stejnosměrného proudu vlhkou zemí dochází k elektrolytickému úbytku kovů a to jak při výstupu proudu z tratě, tedy na majetku dráhy (kolejnice a další kovové části železničního svršku a s nimi spojené předměty), tak při výstupu proudu z kovových konstrukcí v zemi uložených podél tratě či v jejím okolí (respektive země se dotýkajících), kterými proud náhodně prochází.

Podle Faradayova zákona je proud o intenzitě 1 A za 1 rok (náboj 1 A rok) schopen vyloučit 9,15 kg železa a to dvakrát – jednou při výstupu z tratě (paty kolejnic, s kolejnicí spojené ocelové výztuže v základech betonových základů, …) a podruhé při výstupu z kovových konstrukcí podél tratě či v jejím okolí (mosty, tunely, ploty, zábradlí, kostry fabionů, potrubí, pláště kabelů, …).

V roce 2015 spotřebovala železnice napájená systémem 3 kV v ČR 884 milionů kWh elektrické energie, což odpovídá střednímu proudu 30 587 A. Pokud by veškerý tento proud procházel zemí a přitom navštívil kovové konstrukce, dokázal by spotřebovat:

- 280 t železa na výstupu z tratě,

- 280 t železa na výstupu z konstrukcí

Tedy dohromady 560 t železa. Proto jsou činěna ochranná opatření, aby zpětný proud tekl kolejnicemi, nikoliv zemí. Ta však nejsou dokonalá a již pouhé do země unikající 1 % proudu dokáže vytvořit značné škody – dokáže strávit 2,8 + 2,8 = 5,6 tun železa za rok.

Náklady spojené s bludnými proudy lze rozdělit do tří skupin:

- náklady na preventivní opatření proti zhoubným účinkům bludných proudů (izolace, drenáže, …),

- přímé náklady na obnovu poškozených předmětů bludnými proudy (jejich opravy a výměny),

- nepřímé náklady spojené s poškozením předmětů bludnými proudy (následné způsobené selháním funkcí poškozených předmětů, škody způsobené únikem látek z potrubí a jinými haváriemi).

Železnice škody na majetku jiných vlastníků neeviduje, proto nejsou známé. Zjistit je není snadné, a to mimo jiné z právních důvodů.

K dispozici je však analytický materiál „Korozní vlivy elektrických trakčních proudových soustav na kovová zařízení“ (SUDOP Hradec Králové, 4/1987, ing. Hisira). Na základě dotazů u 130 externích organizací z oblasti průmyslu a provozovatelů sítí byly zjištěny v tehdejším Československu náklady spojené s bludnými proudy ve výši 250 až 315 mil. Kč/rok (střed 283 mil. Kč/rok).

V přepočtu na současnou síť stejnosměrných 3 kV železnic a na současný provoz železnic na území ČR (spotřeba elektrické energie 1 883 mil. kWh ročně versus 884 mil. kWh ročně) a na současnou hodnotu peněz (inflace mezi roky 1986 a 2015: 552 %) byly přepočteny současné externí náklady spojené s bludnými proudy, a to 733 mil. Kč ročně v úrovni roku 2015 (měrné náklady: 0,83 Kč/kWh).

V úrovni předpokládaného rozsahu provozu roku 2035 činí přepočtené náklady 1 274 mil. Kč/rok při stávajícím řešení systému 3 kV a 1 138 mil. Kč/rok při posíleném řešení systému 3 kV (varianta bez projektu). U systému 25 kV tyto náklady odpadají.

### 8.1.4. Úspora nákladů na údržbu vozidel odstraněním stejnosměrných podélných proudů

Obdobou zemí tekoucích bludných proudů jsou podélné proudy, které protékají vozidly. Vozidla vytvářejí ke kolejnici paralelní cestu, a tak se zpětný proud tekoucí kolejnicemi (od místa odběru k trakční napájecí stanici) dělí v poměru impedancí mezi kolejnice a vlak, který nesou. Vlakem tak mohou na tratích elektrizovaných systémem 3 kV protékat proudy řádu stovek ampér (přes dvojkolí a podvozky do skříně prvního vozu, postupně přes tažné a narážecí ústrojí do skříní dalších vozů a přes podvozky a dvojkolí posledního vozu zpět do kolejnice). Zejména u nákladních vozů, které nemají chráněná ložiska, může docházet k jejich nekontrolovanému poškozování. Tento jev je poměrně málo známý a málo probádaný (průchod proudu způsobuje pomalou degradaci oběžných ploch ložisek), ale jeho dopad na zkrácení životnosti ložisek je významný. Byť zpravidla není zhoršení technického stavu či porucha ložisek dávána do souvislosti s provozem vozidel na tratích elektrizovaných stejnosměrným systémem.

### 8.1.5. Úspora inv. a provozních nákladů při dokončování elektrizace sítě železnic SŽDC

Při pohledu na mapu ČR je nápadný rozdíl mezi relativně velkým počtem elektrifikovaných tratí na jihu od osy bývalého hlavního tahu Ústí nad Labem Praha / Nymburk – Kolín – Olomouc – Vsetín (tedy v prostoru systému 25 kV) a velmi malým počtem elektrifikovaných tratí na sever od této osy (tedy v prostoru systému 3 kV). Nepochybně jednou z příčin této skutečnosti je nízká přenosová schopnost trakčního vedení 3 kV, která vede k velkému počtu trakčních napájecích stanic (k jejich malé vzdálenosti).

Zejména na jednokolejných tratích, na kterých je jízdní řád podmíněn křižováním vlaků v určitých stanicích, vychází velmi velký poměr mezi jmenovitým výkonem, na který musí být napájecí stanice dimenzovány (což určuje investiční náklady) a jejich středním výkonem, na který jsou zatěžovány (který určuje přínosy). Napájecí stanice totiž musí být totiž instalovány blízko sebe, na vzdálenost cca 20 km (princip „korálků na niti“). V oblasti jejich dosahu se proto zpravidla nachází jen málo vlaků, proto jsou zatěžovány velmi proměnlivým výkonem. Poměr maximálního a střední výkonu bývá 10 a více. Typickým jevem je krátká velká špička odběru (současný rozjezd dvou vzájemně se křižujících vlaků) a následně pauza až do jejího opakování po uplynutí časového taktu vlakové dopravy (například jedna hodina či půl hodiny). Je proto logické, že při uvažování systému 3 kV vychází elektrizace těchto tratí nerentabilně.

Zcela jiné řešení umožňuje střídavý napájecí systém 25 kV. Jeho vyšší přenosová schopnost vytváří, zejména při použití systému jednotné fáze (dvoustranné napájení) se vzdáleností napájecích sanic do cca 100 km, předpoklady pro mnohem hospodárnější řešení. A to zejména při situování napájecích stanic do míst železničních uzlů (princip „sluníček“, praktikovaný v energetických sítích).

Tyto možnosti vedou k pozoruhodným možnostem. Pro další elektrizaci železnic v území na sever od bývalého hlavního tahu (dosud určeným pro stejnosměrný provoz) v rozsahu, který nyní SŽDC a MD ČR sledují jako tratě vhodné pro případnou elektrizaci, a to v rozsahu zhruba 1600 km převážně jednokolejných tratí, lze dojít ke dvěma výsledkům:

- při zachování napájení bývalého hlavního tahu systémem 3 kV a při použití systému 3 kV i pro elektrizaci dalších cca 1 600 km převážně jednokolejných tratí bude nutno i při použití těžkého trakčního vedení vybudovat celkem cca 67 nových napájecích stanic (zhruba 1 napájecí stanice na 24 km nově elektrifikovaných tratí). Řadu z nich bude nutno vybudovat v místech bez přítomnosti náležitě výkonné distribuční energetické elektrické sítě 110 kV nebo 22 kV, což si vyžádá velké náklady na rozšíření energetických sítí. Navíc je vážné riziko, že stavbu distribučních vedení 22 kV či 110 kV se v silně urbanizovaných či přírodně chráněných oblastech realizovat nepodaří,

- při změně napájení bývalého hlavního tahu ze systému 3 kV na systém 25 kV a při použití systému 25 kV i pro elektrizaci dalších cca 1 600 km převážně jednokolejných tratí bude i při použití lehkého trakčního vedení pro jejich napájení z velké části postačovat využít současné již existující napájecí stanice na již elektrifikovaných tratích, přebudované ze systému 3 kV na systém 25. Postačí vybudovat cca 4 nové napájecí stanice (zhruba 1 napájecí stanice na 400 km nově elektrifikovaných tratí). Nové napájecí stanice (Česká Lípa, Liberec, Trutnov, Náchod) budou vesměs budovány ve velkých průmyslových centrech s přítomnosti náležitě výkonné distribuční energetické elektrické sítě 110 kV.

Při směrné hodnotě nákladů 25 kV a 3 kV vychází úspora investičních nákladů dokončení elektrizace železnic v severní části státu 15 000 mil. Kč. K té je ještě možno přičíst úsporu nákladů spojených s bludnými proudy a pokles provozních nákladů (například: nižší ztráty energie).

### 8.1.6. Úspory přechodem na uzemněné kolejnice

Z obavy před vznikem bludných proudů nejsou systémy stejnosměrně napájených drah strojeným způsobem uzemněny – chovají se jako trolejbus, kterému spadl jeden drát na zem. Kolejnice jsou se zemí spojeny jen náhodně přes svodové impedance, které mohou být dosti vysoké, zejména při dobrém technickém stavu železničního svršku. Na elektrifikované železnici tak existují technická zařízení s domněle stejným potenciálem (zem), mezi kterými však mohou být napětí značných hodnot a mezi kterými mohou protékat (při jejich vzájemném propojení) proudy řádu až stovek Ampér:

- kolejnice (protékaná proudem stovek až tisíců ampér, avšak s nezaručenými elektrickými vlastnostmi a s dosti velkým elektrickým odporem, na které vzniká podélný úbytek napětí v řádu desítek až stovek Voltů,

- země a s ní spojené předměty (například: stožáry s železobetonovými základy, mostní konstrukce, …),

- uzemňovací soustavy bleskosvodů,

- uzemněný ochranný vodič distribuční sítě 3 x 400 V / 230 V 50 Hz.

Náhodné vzájemní propojení těchto jednotlivých systémů (kolejnice / náhodně či záměrně uzemněná kovová konstrukce, kolejnice / ochranný vodič distribuční elektrické sítě nn, kolejnice / bleskosvod) může vyvolat proudy s destruktivními důsledky. Ty jsou nebezpečné jednak tím, že mohou vyvolat požár vlivem vysokých teplot přetížených vodičů a jednak tím, že mohu přerušit (přepálit) dotyčné vodiče s důsledkem nekontrolované nefunkčnosti uzemnění v systému ochrany neživých vodivých částí před nebezpečným elektrickým dotykem či v systému ochrany proti zásahu blesku. Samostatným tématem je vypalování izolovaných styků mezi kolejnicemi s různým potenciálem (například: kosé propojky). Velmi znepokojivé je i skutečnost, že kolejnice nejsou uzemněné a tedy se chovají jako neuzemněný bleskosvod – důsledkem například mohou být poruchy zabezpečovacích zařízení v důsledku bouřek. Tématem je i dodržení bezpečné velikosti dotykového napětí na kolejnicích a vozidlech vůči vzdálené zemi (viz ČSN EN 50 122-1).

Je potřebné vnímat, že situace v této oblasti se postupně zhoršuje:

- s rostoucí rychlostí jízdy vlaků rostou i výkony vozidel a tedy i proudy protékající kolejnicemi,

- v současnosti používané legované kolejnice mají vyšší odpor (negarantovaný parametr), než dříve používané kolejnice,

- lepší stav železničního svršku, moderní konstrukce nástupišť a úrovňových přejezdů způsobují větší odpor mezi kolejnicemi a zemí.

V návaznosti na odklon železniční zabezpečovací techniky od potřeby používat izolované styky (náhrada kolejových obvodů počítači náprav), která bude završena zavedením vlakového zabezpečovače ETCS a zrušením kódování pro starší systém LS vzniknou na tratích SŽDC podmínky pro přechod na uzemnění kolejnic, na zavedení jednotné „železniční země“, která spočívá v důsledném propojování kolejnic se všemi okolními náhodně či záměrně uzemněnými předměty (včetně použití zemního lana zavěšeného na stožárech trakčního vedení).

Nutnou podmínkou zavedení jednotné „železniční země“ i v ČR je přechod od DC na AC napájení, neboť z důvodu obav před podporou vzniku bludných proudů nelze u DC systémů kolejnice ani napájecí stanice spojovat se zemí.

Odhad úspor nákladů spojených s odstraněním potíží spojených s a poruchami plynoucími z nedokonalého uzemnění, které ustanou při přechodu na systém jednotné železniční země, není snadno učinit. Poruchy této povahy nejsou centrálně evidovány, ale odhadem jde o desítky milionů Kč ročně.

### 8.1.7. Úspory při budování vysokorychlostního železničního systému

Další zásadní investiční a provozní úspora sjednocení napájení železnic v ČR na hodnotu 25 kV se týká vysokorychlostního železničního systému. Podle Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1315/2013 mají tratě vysokorychlostního železničního systému v ČR spojovat mimo jiné i města Ústí nad Labem, Praha, Přerov a Ostrava. Ta se nacházejí v zóně, která je dosud napájena napětím 3 kV. Vysokorychlostní železnice je však nutno napájet napětím 25 kV (respektive 15 kV), neboť jízda vysokou rychlostí (kolem 300 km/h) vyžaduje vysoké výkony (pro vlaky o délce 400 m až 20 MW, které již nejsou stejnosměrné systémy schopny zajistit. Vedlo by to k extrémně vysokým proudům a tím i ke sběračům proudu s velmi hmotnými hlavicemi. Ty by při jízdě vysokými rychlostmi vlivem dynamických sil obtížně zajišťovaly kontakt s trolejovým drátem.

Zaústění vysokorychlostní trati napájené napětím 25 kV do železničního uzlu napájeného napětím 3 kV je velmi nešťastným řešením:

- v průběhu rozjezdu, kdy vlak potřebuje co nejradikálněji akcelerovat aby co nejdříve získal traťovou rychlost (a v případě výjezdu z Pražské kotliny i nadmořskou výšku, analogie se startem letadla je plně na místě), musí při změně systému 3 kV na 25 kV přerušit tažnou sílu a rekonfigurovat trakční obvod. Tím dochází k nepříjemné ztrátě času, kterou je možno kompenzovat jedině následnou jízdou vyšší rychlostí, tedy s vyšší spotřebou energie,

- v průběhu brzdění před zastavením, kdy vlak potřebuje co nejradikálněji decelerovat, s cílem aby snížil svoji rychlost (a v případě dojezdu do Pražské kotliny i nadmořskou výšku, analogie s přistáváním letadla je plně na místě) musí vlak z důvodu změny napájení ze 25 kV na 3 kV přerušit brzdnou sílu a rekonfigurovat trakční obvod. Tím dochází k další nepříjemné ztrátě času, kterou by bylo možno kompenzovat jedině předchozí jízdou vyšší rychlostí, tedy s vyšší spotřebou energie. Při nahrazení rekuperační elektrodynamické brzdy třecí brzdou, nebo elektrodynamickou odporovou brzdou, dochází ke zbytečným ztrátám energie (kinetická a případně potenciální energie vlaku se nepřemění v elektřinu, ale v odpadní teplo).

- velkou komplikací je přejíždění mezi konvenční tratí a tratí VRT. Těchto přechodových míst je vždy několik na každé větvi VRT. Na těchto přechodech musí být nainstalováno klasické mezisystémové dělení. To bude přinášet velké problémy při nájezdu z konvenční tratě na trať VRT. Vlaky při pomalém najíždění na vysokorychlostní tratě budou blokovat provoz na této hlavní trati.

Proto je přeměna napájení železničních uzlů Ústí nad Labem,Praha, Přerov a Ostrava ze 3 kV na 25 kV velmi racionálním přípravným krokem (vkladem) pro integraci ČR do evropské sítě vysokorychlostních železnic. Výstavbu a provoz vysokorychlostních železnic nebude nutno komplikovat dvousystémovým řešením.

-

### 8.1.8. Úspory vyšší odolností při ledovce

Zkušenost z řady zemí ukazuje, že střídavé napájecí systémy 15 kV a 25 kV jsou mnohem odolnější vůči působení ledovky (mrznoucího deště), než systém 3 kV. Napětí 25 kV je schopno vrstvu ledu mezi trakčním vedením a sběračem prorazit a zajistit přenos proudu. Při běžném železničním provozu lze jízdou vlaků trakční vedení udržet sjízdné, nedochází k plošnému kolapsu železnice.

Napětí 3 kV není schopno vrstvu ledu mezi trakčním vedením a sběračem prorazit a zajistit přenos proudu. Při běžném železničním provozu nelze jízdou vlaků trakční vedení udržet sjízdné, dochází k plošnému kolapsu železnice. Zastavení provozu vyvolává intenzivní nárůst vrstvy ledu, provoz není snadné obnovit.

Události v ČR dne 1. 12. 2014 tuto zkušenost potvrdily – zatím co elektrický provoz na tratích napájených napětím 3 kV celoplošně ustal, tak tratě napájené napětím 25 kV plnily svojí funkci (pokud nebyly jiným způsobem poškozeny - pád stromu a podobně), k jejich plošnému selhání nedošlo.

Při ročních výnosech osobní železniční dopravy v úrovni cca 37 miliard Kč (osobní doprava 21 mld. Kč/rok, nákladní doprava cca 16 miliard Kč /rok) má dvoudenní výpadek systému, který zajišťuje cca 60 % přepravních výkonů železniční osobní dopravy v ČR přímou hodnotu cca 122 milionů Kč. Při pravděpodobnosti výskytu tohoto meteorologického jevu 5 % / rok je střední roční přímá škoda ledovkou cca 6 mil.Kč. Nepřímé škody odřeknutím vlaků lze odhadnout na cca dvojnásobek, tedy celková škoda činí u DC systému cca 18 mil Kč/rok.

### 8.1.9. Úspory vyšší trvanlivostí trolejového drátu

Významnou nákladovou položkou provozních nákladů pevných trakčních zařízení je výměna trolejového drátu, pokud se jeho opotřebení otěrem (zmenšení průřezu) blíží dovolené mezi.

Ve snaze opotřebení trolejového drátu a tím i náklady na jeho výměnu minimalizovat, a to použitím lehkých sběračů proudu s nízkým statickým přítlakem (60 až 90 N) a s uhlíkovou lištou s dobrými kluznými vlastnostmi (čistý uhlík). Toto provedení, které je úspěšně aplikováno na v řadě zemí (mimo jiné v Německu a v Rakousku), dovoluje cca 1,0 až 1,5 milionu přejetí trolejového drátu sběračem do výměny trolejového drátu z důvodu dosažení jeho mezního opotřebení (zeslabení) jeho průřezu otěrem (intenzita opotřebení trolejového drátu je menší než 10 mm2 na milion přejetí sběračem). Lehké sběrače proudu s nízkým přítlakem a s uhlíkovou lištou jsou však použitelné jen u systémů 15 a 25 kV, nikoliv u systému 3 kV. Vozidla napájená napětím 3 kV odebírají totiž při stejném výkonu ve srovnání se systémem 25 kV zhruba 8 krát větší proud. Proto vyžadují těžší sběrače s vyšším statickým přítlakem (100 až 120 N) a s mohutnější hlavicí. Obložení jeho lišty nelze zhotovit z uhlíku, neboť ten má nízkou elektrickou vodivost a přehříval by se. Proto je používán měďnografit.

Střídavá a moderní vícesystémová vozidla používaná na tratích SŽDC mají samostatné sběrače pro AC provoz (lehčí, menší přítlak, grafitová lišta) a pro DC provoz (těžší, větší přítlak, měďnografitová lišta), avšak stejnosměrná a starší vícesystémová vozidla jsou vybavena sběrači s měďnografitovými lištami, potřebnými pro DC provoz. Při náhradě systému 3 kV systémem 25 kV bude možno i v ČR přejít na výhradní použití sběračů s nízkým přítlakem a s čistým grafitem. Ve srovnání s výchozím stavem (DC systém) lze očekávat zhruba jeden a půl násobné snížení otěru trolejového drátu a tím i zvýšení jeho životnosti. Předpokládaný efekt prodlužení intervalu výměny trolejového drátu původního průřezu znamená roční úsporu 188 mil. Kč v úrovni rozsahu provozu vlakové dopravy v roce 2015, respektive 225 mil. Kč v úrovni rozsahu provozu vlakové dopravy v roce 2035.

### 8.1.10. Úspory odstraněním stykových míst

V síti železnic SŽDC existuje 7 míst styku soustav 3 kV a 25 kV (Kadaň, Králův Dvůr, Benešov, Kutná Hora, Svitavy, Nezamyslice a Nedakonice). Ta pochopitelně komplikují provoz. Sjednocením napájecích systémů na úroveň 25 kV styková místa perspektivně vymizí. Byť budou v přechodném období vznikat a zanikat nová styková místa.

### 8.1.11. Zajištění (zvýšení) kvality napájení

Nízká přenosová schopnost napájecího systému 3 kV, která se vlivem zvyšování rychlosti jízdy vlaků a trakčních výkonnosti vozidel projevuje stále výrazněji, omezuje dosažitelný trakční výkon vozidel. U starších vozidel je pokles výkonu úměrný poklesu napětí a může probíhat do úrovně 67 % nominálního výkonu při poklesu napětí k hodnotě 2 000V. U novějších vozidel řešených v souladu s TSI LOC&PAS dochází záměrně k radikálnímu omezování výkonu již při poklesu napětí pod 90 % nominální hodnoty, tedy pod 2 700 V, a při poklesu napětí na 2 000 V klesá trakční výkon na nulu. Tento princip chrání systém elektrického napájení železnic před výpadky (odstavování vozidel zásahem podpěťové ochrany, přeneseně i zamezení vypínaní napájecích stanic v důsledku proudového přetížení), což je jeho posláním. Avšak za cenu významného snižování disponibilního trakčního výkonu vozidel, což má vážné dopady na neplnění jízdních dob stanovených jízdním řádem a tím i na plynulost a pravidelnost železničního provozu.

Přechod ze systému 3 kV na systém 25 kV, který disponuje výrazně vyšší přenosovou schopností, tyto nedostatky odstraňuje a vytváří podmínky k tomu, aby vozidla disponovala neomezovanými trakčními vlastnostmi a dodržovala jízdním řádem stanovené jízdní doby.

Avšak cílem úkolu podle zadání není zvýšit plynulost železniční dopravy. Cílem úkolu je změnit (sjednotit) napájecí systém. Splnění kvality napájení podle EN 50 380 (napětí na sběrači vozidla nemá klesat pod 90 % nominální hodnoty) je uvažováno jako vstupní požadavek, který musí být splněn i ve variantě bez projektu, tedy při ponechání systému 3 kV. To však vyžaduje zásadním způsobem zvýšit přenosovou schopnost systému 3 kV. Toho lze reálně dosáhnout jedině zmenšením vzdálenosti měníren – vložením dalších měníren (jedné až dvou) mezi měnírny současné. To je například řešení použité u systému 3 kV v Itálii na jižních alpských rampách. Vzdálenost měníren tam dosahuje 7 km, což je méně než třetina obvyklé vzdálenosti měníren na systému 3 kV v ČR.

Schopnost systému 25 kV poskytnout vlakům výrazně vyšší kvalitu napájení, než umožňuje současný stav systému 3 kV, není v této studii ekonomicky zohledněno oceněním příslušných přínosů systému 25 kV, ale započtením do varianty bez projektu investičních nákladů na posílení systému 3 kV potřebných pro splnění požadavků ČSN EN 50 388 na kvalitu napájení vlaků.

### 8.1.12. Zvýšení výkonnosti subsystému ENE

Nízká přenosová schopnost napájecího systému 3 kV, má vliv nejen na dodržování jízdního řádu, ale i na jeho konstrukci. Jde o elektrická následná mezidobí. Pro dopravu vlaku daným traťovým úsekem je potřebné určité množství energie. Nemá-li být překročen dimenzní výkon pevných trakčních zařízení, nesmí vlaky jezdit intervalu kratším, než elektrické následné mezidobí.

Toto tradiční pravidlo však nové naráží na nové mantinely:

- cílem mohutných investic do rozvoje zabezpečovací techniky, reprezentované například hromadnou instalací ETCS na tratích a vozidlech je nejen zvýšení bezpečnosti, ale i jízdu vlaků v těsnějším sledu. Z provozních i ekonomických důvodů je nutností, aby využití možnost jízdy vlaků v těsnějším sledu a tedy zvýšení dopravní výkonnosti tratě byla limitována nízkou výkonností a tedy dlouhými elektrickými následnými mezidobými určenými stavem pevných trakčních zařízení,

- v předchozí odrážce uvedenou skutečnost vozidla, která svým výkonem umožňují dopravovat těžší vlaky, respektive plně využívat traťovou rychlost, případně investicemi do rozvoje železniční dopravní cesty zvýšenou traťovou rychlost,

- nezanedbatelný vliv na požadavek jízdy vlaků s velkým odběrem výkonu a tedy na růst výkonnosti pevných trakčních zařízení má i taktový jízdní řád. Pevná a periodicky se opakující časová poloha dálkových i regionálních vlaků osobní přepravy vede k nutnosti dopravovat nákladní vlaky rychle (co nejvíce využívat traťovou rychlost) a ve svazcích za sebou,

- významným iniciátorem růstu výkonnosti pevných trakčních zařízení jsou i RFC koridory. A to nejen nutností zajistit dostatek tras pro nákladní vlaky, ale i předepsanou schopností zajistit dopravu vlaků délky 740 m. Splnění této podmínky je dáno nejen odpovídající délkou předjízdných kolejí ve vybraných stanicích, ale především náležitou výkonností pevných trakčních zařízení schopných takto dlouhé a patřičně těžké nákladní vlaky napájet,

- důvodem k tomu, aby elektrické následné mezidobím nelimitovalo sled jízdy vlaků, je i existující způsob řízení dopravy. Ten je založen na optimálním využití možností železniční dopravní cesty, zejména její zabezpečovací techniky. Systémově nebere v úvahu limity dané výkonností pevných trakčních zařízení. Proto je nutností, aby tyto limity nebyly více omezující, než možnosti dané zabezpečovací technikou,

- využití shora uvedených možností ke zvýšení intenzity dopravy nejsou teoretickou možností, ale realitou. Vyplývá to z růstu přepravních výkonů železnice v ČR všeobecně a na elektrifikovaných tratích zvlášť.

Přechod ze systému 3 kV na systém 25 kV, který disponuje výrazně vyšší přenosovou schopností, vytváří podmínky k tomu, aby pevná trakční zařízení zajistila napájení těžkých rychlých vlaků jedoucích v těsném sledu.

Avšak cílem úkolu podle zadání není zajistit napájení těžkých rychlých vlaků jedoucích v těsném sledu. Cílem úkolu je změnit (sjednotit) napájecí systém. Zajistit napájení těžkých rychlých vlaků jedoucích v těsném sledu je uvažováno jako vstupní požadavek, který musí být splněn i ve variantě bez projektu, tedy při ponechání systému 3 kV. Současný stav pevných trakčních zařízení na tratích napájených systémem 3 kV však tento požadavek nesplňuje. Jeho naplnění vyžaduje zásadním způsobem zvýšit výkonnost systému 3 kV. Toho lze reálně dosáhnout jedině zmenšením vzdálenosti měníren – vložením dalších měníren (jedné až dvou) mezi měnírny současné.

Schopnost systému 25 kV umožnit jízdu vlaků v těsnějším sledu, než dovoluje současný stav systému 3 kV, není v této studii ekonomicky zohledněno oceněním příslušných přínosů systému 25 kV, ale započtením do varianty bez projektu investičních nákladů potřebných na posílení systému 3 kV s cílem splnit požadavky zadavatele na sled jízdy vlaků.

### 8.1.13. Zajištění bezpečnosti

Úbytek napětí na kolejnicích je podle Ohmova zákona určen součinem jejich odporu a proudu, který jimi protéká. Růst rychlosti a intenzity dopravy vedou ke zvýšení velikosti zpětných trakčních proudů. Zvyšování úrovně mechanických parametrů železniční dopravní cesty je však spojeno s růstem elektrického odporu zpětné cesty. Použití legované oceli vede ke zlepšení mechanických vlastností kolejnic, proto je používáno. Zároveň však nepříznivě působí na zvýšení měrného elektrického odporu kolejnic. Čisté železo má při referenční teplotě 20 °C měrný elektrický odpor cca 0,10 ohm mm2/m, uhlíková ocel používaná k výrobě kolejnic v době elektrizace železnic měla měrný elektrický odpor cca 0,168 ohm mm2/m a nyní v ČR v kolejnicích používaná legovaná ocel má měrný elektrický odpor cca 0,246 ohm mm2/m. Jen přechod z uhlíkové na legovanou ocel znamená při stejném průřezu kolejnic zvýšení jejich elektrického odporu o 47 %. Skutečné hodnoty elektrického odporu zpětné cesty jsou oproti minulosti ještě vyšší, a to paradoxně vlivem kvalitnějšího železničního svršku a jeho kvalitnější údržby – má nízkou vodivost vůči zemi. Odpor zpětné cesty trakčního proudu již není tak snižován paralelním odporem země, jako v minulosti. Na zvýšení odporu zpětné cesty negativně působí izolované styky (řetězec odporů: svorka – ocelové lano – vinutí stykové tlumivky – ocelové lano – svorka) instalované v kolejišti pro zajištění funkčnosti kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení. Podle stavu svorek mezi lanem a kolejnicí se odpovídá přídavný odpor způsobený jedním izolovaným stykem ekvivalentu délky koleje 45 m (ideální stav) až cca 100 m (zhoršený stav).

Zvýšený odpor zpětné cesty trakčního proudu v kombinaci s vyššími hodnotami trakčního proudu vede ke skutečnosti, že dotykové napětí na kolejnicích s nimi vodivě spojenými předměty (například: vozidla) může přesahovat meze stanovené v ČSN EN 50 122-1. Zajištění bezpečné výše napětím uzemněním kolejnic je sice možné, ale u systému 3 kV by to vedlo ke zvýšené aktivitě bludných proudů. Proto je navrženo tento problém řešit u stejnosměrného napájení zmenšením vzdálenosti trakčních napájecích stanic (měníren). To je součástí varianty bez projektu (stejnosměrný systém).

Velikost dotykového napětí na kolejnicích je nutné sledovat i u systému 25 kV. Hodnoty proudu jsou sice u systému 25 kV nižší, než u systému 3 kV, ale impedance kolejnic je při průtoku střídavého proudu vyšší, než při průtoku stejnosměrným proudem (vliv induktivní reaktance i vliv skinefektu – feromagnetický materiál). Kolejnice však lze u systému 25 kV uzemňovat. Obava před účinky bludných proudů tomu na rozdíl od systému 3 kV nebrání. Je však potřebné přijmout takové řešení spojení se zemí, které nenarušuje činnost kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení. Ideálním řešením je úplné vyloučení izolovaných styků a průběžné uzemňování obou kolejnicových pásů, což bude při aplikaci ETCS (po vypnutí stacionární části systému staršího již nepotřebného vlakového zabezpečovače typu LS) v kombinaci s kontrolou volnosti koleje metodou počítačů náprav reálně proveditelné. Tím též odpadnou těžkosti a náklady spojené s poškozováním izolovaných styků (opaly proudem, průrazy napětím).

Splnění požadavků ČSN EN 50 122-1 je nutnou podmínkou provozování dráhy, neboť jde o normu bezpečnostně relevantní. Proto jsou technická řešení nezbytná k naplnění požadavků ČSN EN 50 122 -1 u tratí SŽDC elektrifikovaných systémem 3 kV z hlediska ekonomického hodnocení zahrnuta do varianty bez projektu (upgrade stejnosměrného systému 3 kV). Tím se rozumí jak úpravy ve zpětné cestě (měděné vložky ve stycích lan s kolejnicemi, náhrada svými parametry nevyhovujících stykových tlumivek novými tlumivkami s vyšší proudovou zatížitelností a tedy i s nižším odporem vinutí) tak i zkrácené délky napájených úseků vložením dalších měníren.

Po přechodu na 25kV budou snadno splněny parametry TSI ENE např. dotykového napětí na celé elektrizované síti SŽDC, ale mechanické parametry trakčního vedení (např. odvanutí troleje, správná součinnost se sběračem délky 1600 mm, ..) budou splněny pouze tam, kde přepnutí na 25kV bude v rámci modernizace (případně proběhne po ní). Stávající tratě, které nesplňují „mechanické“ požadavky TSI ENE je nebudou splňovat ani po přepnutí na 25kV. Tyto požadavky budou splněny až při kompletní rekonstrukci všech tratí, které toto zatím nesplňují.

### 8.1.14. Návaznost na ETCS

Je realitou, že změna systému 3 kV na 25 kV bude probíhat v těsném sledu s akcí vybavování tratí a vozidel systémem ETCS. V souladu s Implementačním plánem ETTMS nebude po skončení migračního období připuštěn v zónách ETCS provoz vozidel bez náležitého vybavení palubní částí ETCS. To bude dalším významným krokem ke zvýšení bezpečnosti a výkonnosti železnice, výhody ETCS bude možno plnohodnotně využít. Pro zamezení nejednoznačnosti (vlakový zabezpečovač ETCS umožňuje vlaku jet rychleji, než mu přikazují hlavní návěstidla) budou v rámci zvýšení bezpečnosti dopravy hlavní návěstidla odstraněna, spolu s tím ztratí i význam kódování pro systém LS a bude též zrušeno. (Viz též Dopravní řád drah ve vyhlášce č. 173/1995, § 9, odstavec 5.)

Prakticky na všech tratích, na kterých přichází v úvahu změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV bude v krátké době zaváděno ETCS. Obě tyto činnosti je potřebné společně plánovat a koordinovat:

- zvýšení propustnosti tratí, umožněné systémem ETCS by nemělo být limitováno nízkou výkonností pevných trakčních zařízení (aby nebyla elektrická následná mezidobí delší, než možnosti dané nově investicemi do tratí i vozidel vybudovanou zabezpečovací technikou), což změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV dokáže zajistit,

- zrušení hlavních návěstidel, která již nebudou strojvedoucí sledovat a zrušení kódování pro systém LS, které již nebudou vozidla přijímat, umožní minimalizovat rozsah úprav prováděných při změně systému napájení 3 kV na 25 kV.

### 8.1.15 . Souběžná sdělovací a zabezpečovací kabelová vedení

Napájení elektrických drah systémem 25 kV 50 Hz se vyznačuje induktivními účinky na souběžná elektrická vedení. Trakční obvod tvořený řetězcem napájecí stanice – vrchní vedení – vozidlo – zpětné vedení – napájecí stanice představuje ve svislé rovině závit. Ten produkuje magnetické pole, které indukuje rušivá napětí do ostatních vedení. Jejich míra závisí nejen na velikosti proudu v trakčním vedení v provozních i poruchových stavech, ale i délce souběhu, vzájemné vzdálenosti a úhlu, který spolu vedení svírají. Induktivní účinky snižuje zemní lano, neboť zmenšuje plochu smyčky a natáčí ji do horizontální roviny.

Zejména dlouhá blízká souběžná vedená je nutno před indukcí rušivých vlivů bránit stíněním, což zvyšuje náklady na změnu systému napájení drah ze 3 kV na 25 kV. Avšak při ekonomickém hodnocení je nutno mít na zřeteli některá fakta:

- je silný trend nahrazovat metalická vedení optickými, která jsou vůči rušení imunní,

- velká část zabezpečovacích a sdělovacích spojení je již dnes umístěna v blízkosti jiných zdrojů rušení a je již realizována jako stíněná,

- ETCS level 2 vede k minimalizaci prvků (návěstidel) v kolejišti,

- podle Věstníku dopravy 11/2013 je životnost kabelových vedení 18 let, tedy i ve variantě bez projektu musí být v hodnoceném období vyměněna. Rozdíl je pouze v tom, že ve variantě s projektem jsou měněna koordinovaně se změnami trakčního napájení.

### 8.1.16 Průběžná obnova pevných trakčních zařízení

Změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV předpokládá postupnou přeměnu dosavadních 63 stejnosměrných trakčních napájecích stanic na střídavé. Náklady s tím spojené jsou v ekonomickém hodnocení uvedeny k tíži varianty s projektem.

Avšak v průběhu času též souběžně s tím dochází ke strnutí současných stejnosměrných napájecích stanic. Jejich životnost je podle Věstníku dopravy 11/2013 uvažována 30 let, u silnoproudých rozvodů a zařízení jen 16 let. To při rovnoměrném investování praxi znamená zásadní obnovu 63 / 30 = 2,1 měnírny ročně. V období 30 let ekonomického hodnocení tedy bude muset být:

- ve variantě bez projektu (ponechání systému 3 kV) bude všech 63 DC napájecích stanic (3 kV měníren) jen z titulu vyčerpání životnosti obnoveno. Plus k tomu by bylo ve variantě bez projektu potřebné vybudovat další (vložené) stejnosměrné napájecí stanice k naplnění požadavků TSI LOC&PAS a ČSN EN 50 388 (kvalita napájení) ČSN EN 50122-1 (dotykové napětí) systém celkově výkonově posílit pro zvládnutí vyšších dopravních výkonů (viz Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013 a další programové dokumenty),

- ve variantě s projektem (změna systému 3 kV na 25 kV) bude část ze současných 63 DC napájecích stanic (měníren) přebudována na střídavé napájecí stanice a část zrušena. S ohledem na vyšší přenosovou schopnost systému 25 kV ve srovnání se systémem 3 kV by bylo možno zhruba polovinu současných 3 kV napájecích stanic zrušit. Avšak k nim vybudované přívody z distribučních sítí 110 kV respektive 22 kV a odpovídající rezervované výkony představují v současnosti obtížně dostupnou hodnotu. Proto bude rozhodnutí o jejich zachování a přebudování na systém 25 kV řešeno podle konkrétních místních podmínek. Důležitým hlediskem bude kromě zajištění provozu na trati, pro kterou byly zřízeny (včetně uvážení předpokládaných nárůstů prvních výkonů a včetně potřebné míry redundance) též předpoklad jejich využití pro napájení odbočných tratí. Právě vyžití napájecích stanic pro zásobování více tratí dostává s uvažovaným přechodem na systém 25 kV jednotné fáze zcela jinou dimenzi.

Výsledkem je ekonomického (ale i finančního) posouzení je proto fakt, že varianta bez projektu (ponechání systému 3 kV) je investičně náročnější, než varianta s projektem (náhrada systému 3 kV systémem 25 kV) v celé délce sítě.

### 8.1.17. Problematika připojení na energetiku

Přechod na jednotné napájení 25kV minimalizuje dopad na výstavbu a provoz distribučních elektrických sítí. Kvalita odběru elektřiny vyhoví podmínkám distributorů a budou zcela minimalizovány požadavky na výstavbu nových linek. A to jak podél již elektrifikovaných tratí převáděných ze systému 3 kV na 25 kV, tak i na dalším území dosud neelektrifikovaných tratí, kde bude systém 25 kV nově aplikován (sever ČR).

Bude nutné věnovat pozornost podmínkám propojení sousedních napájecích stanic dvoustranně napájeným trakčním vedením náležitou pozornost a případ od případu je individuálně posoudit a řešit. Zejména je nutné se soustředit na hledisko vzájemného ovlivňování trakčního vedení SŽDC a nadřazených přenosových sítí distributorů el. energii. Toto téma je nutné řešit samostatnou odbornou studií zpracovanou společným týmem odborných pracovníků z oblasti energetiky i dopravy, protože tyto technické záležitosti jsou nad rámec studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu“. S ohledem na to, že se jedná o problematiku týkající se všech provozovatelů DS v ČR – tj. E.ON. ČEZ a PRE je doporučeno řešit technickou stránku této problematiky společně v rámci sdružení regulovaných energetických společností ČSRES.

# 8.2 Doporučení pro provozovatele a zadavatele

### 8.2.1 Doporučení k sdělovacímu zařízení vzhledem k přechodu na 25kV

Na základě provedených průzkumů, rozborů a odhadu nákladů na nutné úpravy sdělovacího zařízení v souvislosti s přechodem na střídavou trakci, doporučuje zpracovatel následující řešení a postup.

Z hlediska technického:

Jako technicky perspektivní a lepší řešení je odklon od metalických kabelů v dálkovém a mezistaniční kabelové síti a částečně i v místní staniční kabelové síti. Řešení pomocí optických kabelů má velkou přednost v zamezení všech nebezpečných a rušivých vlivů nejen od železniční trakce, ale následně i ode všech jiných zdrojů těchto vlivů – VN a VVN energetické linky. V současné době je toto řešení výhodné i z hlediska připojovaného zařízení, kdy většina výrobců podporuje vývoj a výrobu zařízení na bázi IP protokolu, který je v dálkovém i místním styku přenášený přes datové uzly po optické kabelové síti, případně v místním styku po rozvodech strukturované kabeláže.

Z hlediska nákladového:

Vzhledem k tomu, že v případě setrvání na metalických kabelech by se musela převážná část těchto kabelů vyměnit za doprovodných zemních prací, došlo by k výraznému nárůstu nákladů. V případě přechodu na optické kabely je možné z velké části využít stávající optické kabelové sítě a rezervní HDPE trubky a množství zemních prací by znatelně pokleslo. Z tohoto důvodu je vhodnější a perspektivnější řešení s využitím optických kabelů.

Z hlediska legislativního:

Stávající směrnice a předpisy jsou poplatné technologii, která byla určující v době vzniku těchto dokumentů. Z tohoto důvodu není možné bez změny těchto předpisů realizovat úpravy pouze na bázi optických kabelových sítí, ale je nutné i nadále používat metalické kabely. Zpracovatel studie doporučuje zadavateli studie požádat příslušný odbor SŽDC o revizi příslušných předpisů a zpracování návrhu na jejich změnu. Na základě provedených úkonů pak rozhodnout o změně koncepce řešení na úpravu sdělovacího zařízení v souvislosti s přechodem na střídavou trakci. Do té doby je nutné vycházet z koncepce, která řeší ochranu výměnou metalických kabelů.

### 8.2.2 Doporučení k zabezpečovacímu zařízení vzhledem k přechodu na 25kV

Pokud bude v následujících letech docházet k výstavbě nových zabezpečovacích zařízení na tratích se stejnosměrnou trakční proudovou soustavou, bude výhodné mít v maximální míře tato zařízení již připravena pro přechod na jednotnou střídavou trakční soustavu 25 kV / 50 Hz. V současnosti nově budovaná zabezpečovací zařízení vyhovují pro obě trakční soustavy v oblasti elektrických zapojení a vnitřní logiky a dále v oblasti prostředků pro zjišťování volnosti úseků. Nevyhovují v oblastech kabelizace, vstupních napájecích rozvaděčů a rozvodů napětí ve stavědlových ústřednách.

Proto by v následujících letech při výstavbě nových zabezpečovacích zařízení na tratích se stejnosměrnou trakční proudovou soustavou mělo být postupováno následovně:

* Veškerá zabezpečovací kabelizace by měla být navrhována podle ČSN 34 2040, to znamená, že hlavní kabely, páteřní kabely a kabely delší než 500 metrů by měly být zřizovány s ochranným kovovým obalem, tj. typu TCEKPFLEZE. Uzemnění kovových obalů těchto kabelů bude dočasně řešeno v provedení pro stejnosměrnou trakční soustavu (jednostranné uzemnění, uzemnění přes kondenzátor apod.).
* Rozvod napětí pro prvky do kolejiště (např. pro návěstidla, výhybky, vazební obvody) bude nutné rozdělovat do více oblastí, které budou navzájem galvanicky oddělovány s využitím oddělovacích transformátorů. To znamená, že po stavědlové ústředně nebo v reléovém domku bude nutné zřizovat více příslušných napájecích sběrnic, tak jak je to u střídavé trakční soustavy 25 kV / 50 Hz běžné.
* Některé ze vstupních napájecích rozvaděčů zabezpečovacího zařízení jsou napájeny z trakčního vedení. Tyto vstupní rozvaděče jsou pevně nastaveny na připojení na danou trakční soustavu a nelze je upravovat nebo přepínat. U nových zařízení bude nutné, aby takový rozvaděč nejdříve pracoval se stejnosměrnou trakční soustavou a následně se střídavou trakční soustavou 25 kV / 50 Hz. Z těchto důvodů by bylo vhodné požadovat u výrobců a zhotovitelů zabezpečovacích zařízení vývoj vstupního napájecího rozvaděče, u kterého elektrické obvody základní přípojky z trakčního vedení budou umožňovat univerzální připojení napájení zabezpečovacího zařízení na stejnosměrnou nebo střídavou trakční soustavu a to s tím, že při přepínání se budou provádět pouze minimální a rychlé úpravy, které nenaruší napájení zabezpečovacího zařízení, respektive které neomezí vlakovou dopravu.

### 8.2.3 Doporučení k trakčnímu vedení vzhledem k přechodu na 25kV

Pro budoucí přechod trakční soustavy DC 3kV na jednofázovou střídavou soustavu 25kV 50Hz je nutné, aby zadání projektové dokumentace staveb na tratích SŽDC zahrnovalo následující podmínky:

• Trolejová vedení soustavy DC řešit na izolační stav 25kV.

• Průběhy trolejových vedení pod objekty (nadjezdy, lávky) řešit s ohledem na budoucí trakční soustavu 25kV50Hz.

• Nové přístroje (odpojovače a děliče) navrhnout nebo při rekonstrukci řešit kompletní výměnu stávajících přístrojů TV za nové, které vyhoví pro stávající DC a současně AC trakční soustavu. Technické parametry nových přístrojů musí splnit pro DC soustavu odpovídající proudové zatížení a současně pro budoucí AC soustavu odpovídající izolační stav pro jmenovité napětí 25kV.

### 8.2.4 Doporučení k silnoproudému zařízení vzhledem k přechodu na 25kV

Typy související staveb, které je vhodné sledovat v návaznosti návaznost na budoucí přechod napájecího systému 25kV AC

V krátkodobém horizontu

- příprava staveb (rekonstrukce, zvýšení trakčního výkonu, novostavby) TNS systému 3kV DC s předpokladem zahrnutí do prvních etap přechodu napájecího systému (OŘ Ústí nad Labem, OŘ Praha, OŘ Ostrava)

- příprava staveb elektrizace systému 3kV DC/25kV AC s předpokladem zahrnutí do prvních etap přechodu napájecího systému (OŘ Ústí nad Labem, OŘ Praha, OŘ Ostrava)

- příprava staveb se zahrnutím magistrálním rozvodem 22kV (koncepční problematiku řeší aktuálně SŽDC GŘ O14)

V návrhu řešení (stupeň PD) posoudit prostorové rezervy, upozornit na případnou nedostatečnost, zvážit nasazení mobilních řešení technologie a využitelnost technologie v případě přechodu na systém 25kV v horizontu kratším než 30 let (hodnotící období v EH)

V dlouhodobém horizontu

- příprava staveb (rekonstrukce, zvýšení trakčního výkonu, novostavby) TNS systému 3kV DC v železničních uzlech, I. TŽK v úseku Praha – Česká Třebová, II. a III.TŽK Česká Třebová – Olomouc – Ostrava

- příprava staveb elektrizace, modernizace, optimalizace v systému 3kV DC/25kV AC

V návrhu řešení (stupeň PD) posoudit prostorové rezervy, upozornit na případnou nedostatečnost v případě přechodu na systém 25kV v horizontu delším než 30 let (hodnotící období v EH)