

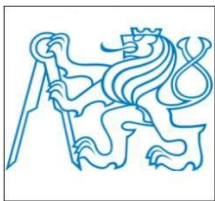
|           |       |       |                 |
|-----------|-------|-------|-----------------|
|           |       |       | ČÍSLO SOUPRAVY: |
|           |       |       |                 |
|           |       |       |                 |
| REVIZE Č. | DATUM | ZMĚNA |                 |



**SUDOP BRNO**

**SUDOP BRNO, spol. s r.o.**  
**Kounicova 26**  
**611 36 Brno**

|   |  |   |  |                           |
|---|--|---|--|---------------------------|
| OBJEDNAVATEL:   | SŽDC, s.o., Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1<br>Stavební správa východ (organizační jednotka) |   | tel. : +420 972 625 804<br>E-mail: sudop@sudop-brno.cz |                           |
| PROFESNÍ SKUPINA:   | 23<br>TRAKČNÍ VEDENÍ   | VEDOUČÍ PROF. SKUPINY<br>Ing. Jiří Pelc           | GENERÁLNÍ ŘEDITEL<br>Ing. Kamil Chmela                 |                           |
| ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY<br>Ing. Jiří Pelc                               | ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO<br>doc. Ing. Josef Kolář, CSc.  | NAVRHL, VYPRACOVAL<br>doc. Ing. Josef Kolář, CSc. | KONTROLOVAL<br>doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.          |                           |
| KRAJ: Zlínský   | POVĚŘENÝ OÚ: Vsetín  |   | STUPEŇ: Záměr projektu                                 |                           |
| Státní hranice Slovenská republika (Střelná) – Vsetín (mimo) - konverze |  |   | ZAK. ČÍSLO<br>18105-01-0919                            | ARCH. ČÍSLO<br>2019230003 |
|   |  |   | MĚŘITKO  | POČET FORMÁTŮ             |
|   |  |   | DATUM: 06/2019   |                           |
| ODBORNÉ STANOVISKO ČVUT   |  |   | ČÁST DOKUM.  | PŘÍLOHA<br>K3             |



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

---

**Odborné stanovisko k horizontální výchylce  
sbornice proudů při jízdě vlaku rychlostí 100 km/h  
a výšce trolejového drátu 510 cm nad TK ve Střelenském tunelu**

Odborné posouzení si na základě objednávky č.18105-01/18 vyžádal:

**SUDOP BRNO, spol. s r.o.**

Kounicova 26

611 36 BRNO

Česká republika

Odborné vyjádření vypracoval:

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

Fakulta strojní

U 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Technická 4

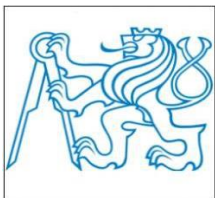
166 07 Praha 6

zastoupené vedoucím ústavu: doc. Ing. Oldřichem VÍTKEM, Ph.D.

Odborné vyjádření zpracoval: doc. Ing. Josef KOLÁŘ, CSc.

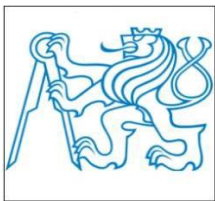
2019

---



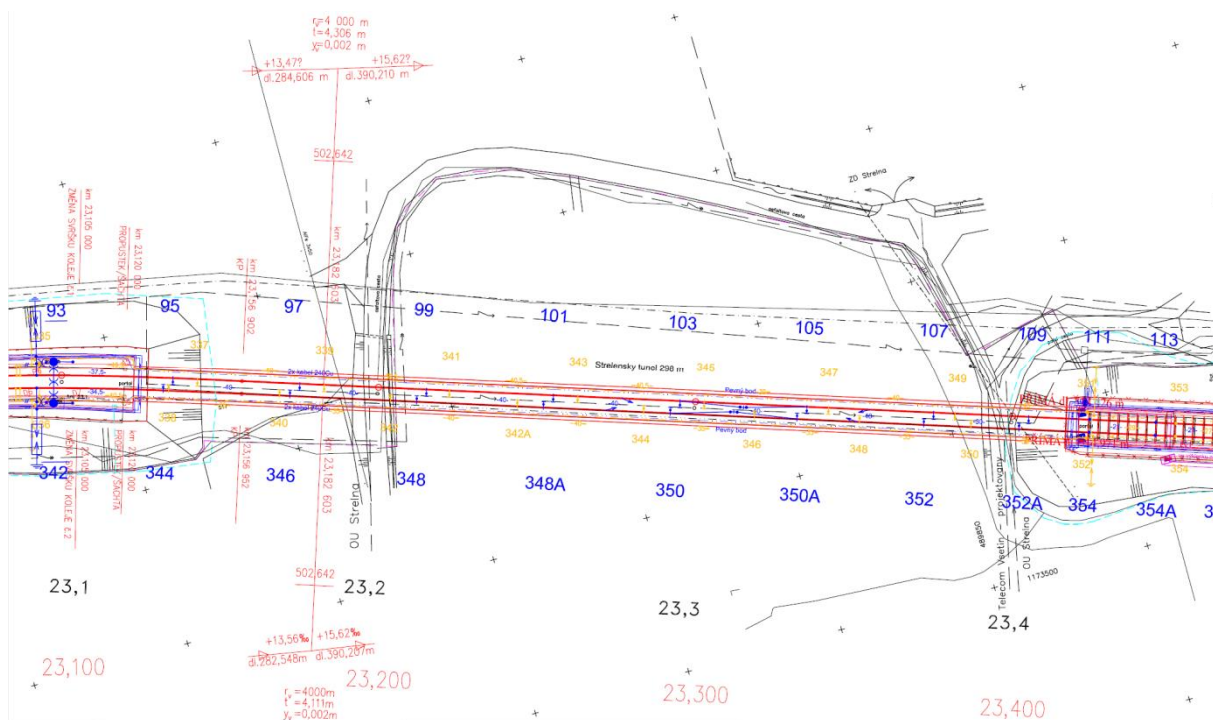
## **Obsah**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod.....  | 3  |
| 2     | Vzájemná vazba vozidlo ó tra , trolej.....   | 8  |
| 2.1   | Pr jezdny pr ez .....  | 8  |
| 2.2   | Obrys pro konstrukci vozidla.....  | 11 |
| 2.2.1 | Díl í záv r zpracovatele .....   | 15 |
| 2.3   | Výpo et obrysu pro konstrukci sb ra e dle SN 28 0312.....                                      | 17 |
| 2.3.1 | Ilustrativní p íklad výpo tu zúflení kinematického obrysu pro sb ra podle normy UIC 505-1..... | 19 |
|       | Záv r.....   | 21 |

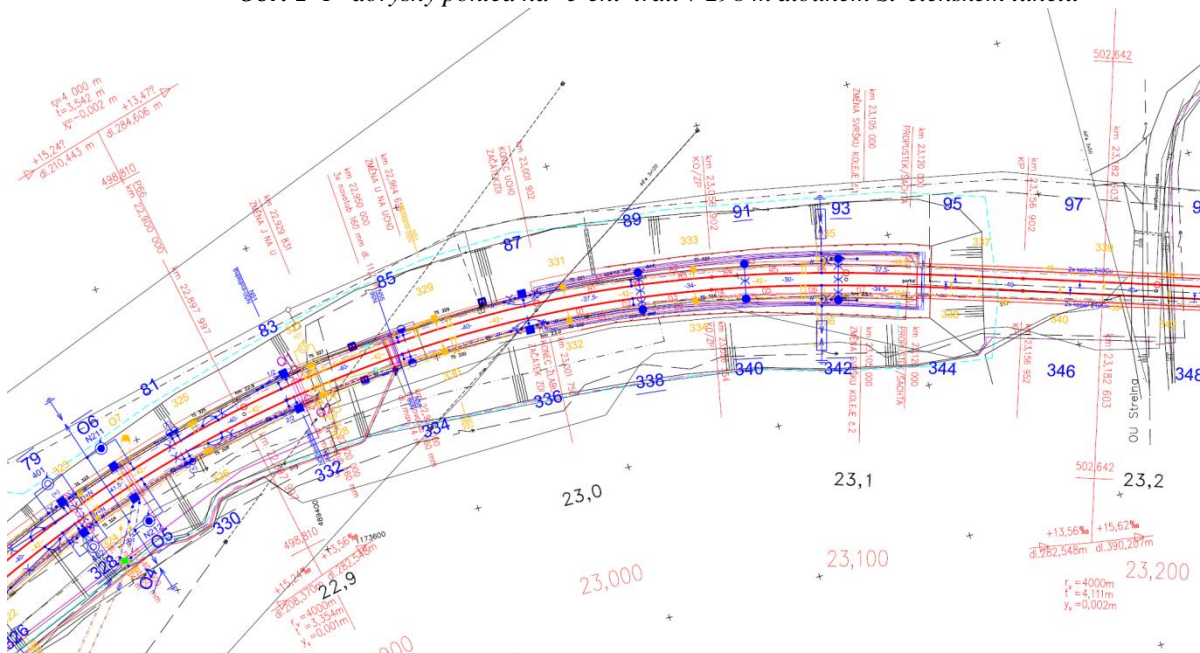


## 1 Úvod

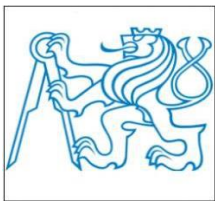
V rámci p echodu R na st ídavou trak ní soustavu 25kV/50Hz SUDOP BRNO spol. s r.o., e-í otázku prostorové pr chodnosti ve St elenském tunelu, viz obrázek Obr. 1, který je v sou asnosti elektrizován stejnosm rnou trak ní soustavou 3kV.



**Obr. 1** P dorysný pohled na e-ení trati v 298 m dlouhém St elenském tunelu



**Obr. 2** P dorysný pohled na e-ení trati p ed vjezdem do St elenského tunelu



Dle vyjádření zástupce SUDOPU (ing. Jiřího Pelce) je tunel je úzký a byl zde již problém s umístěním trakčního vedení na 3kV, při dodržení izolačních vzdáleností. Proto byla v rámci rekonstrukce trati, místo jízdní dráhy uložené ve třířádkovém loži byla v tunelu položena pevná jízdní dráha.

Zpracovateli odborného posouzení, tj. Ústavu automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel FS VUT byly vedle situačního pohledu, viz obrázky Obr. 1 a Obr. 2 na ukázkou poslány vybrané typové plány navržené situace v Stelenském tunelu, viz obrázky Obr. 3 a Obr. 5. Ve dvoukolejném tunelu je položen cca 298 m dlouhý úsek normálního rozchodné trati.

Z obrázku Obr. 1 a Obr. 2 vyplývá, že před vjezdem do tunelu je stavební převýšení oblouk o smyčkovém poloměru pro první kolej  $R_{01} = 407 \text{ m}$  a pro druhou kolej  $R_{02} = 403 \text{ m}$ . Na náběhu na 23,056 km navazuje úsek opatřený přečechodnicí a sestupnicí. Konec přečechodnice se nachází na 23,156 km, tj. délka tohoto úseku je 100 m a konec přečechodnice se nachází již na počátku tunelu. To je patrné i z plánu P73, které odpovídají situaci na 23,133 km, viz obrázky Obr. 3 a Obr. 5.

Plány P73 mají od počátku přečechodnice vzdálenost  $x_1 = 77 \text{ m}$ . Z plánů je patrné, že vnější kolej má v tomto místě stavební převýšení  $p = 28 \text{ mm}$ . Zavedeme-li si vzdálenost od konce přečechodnice, tj. od počátku plánu veličinou  $\bar{x} = l_p - x_1$ , lze okamžitý poloměr vnější koleje lze vyjádřit vztahem:

$$R_{01(\bar{x})} = R_{01} \cdot \frac{l_p}{\bar{x}} = R_{01} \cdot \frac{l_p}{l_p - x_1} = 407 \cdot \frac{100}{100 - 77} = 1769,5 \text{ m}.$$

V místě vjezdu do Stelenského tunelu ve vzdálenosti  $x_1 = 77 \text{ m}$  od počátku přečechodnice při jízdě maximální rychlostí  $V = 100 \text{ km/h}$  na vozidlo působí nevyrovnané kvazistatické plánné zrychlení

$$a_{y(K1)} = \left( \frac{V_{[km/h]}^2}{3,6^2 \cdot R_{01(\bar{x})}} - g \cdot \frac{p}{2s} \right) = \left( \frac{100^2}{12,96 \cdot 1769,5} - 9,81 \cdot \frac{28}{1500} \right) = (0,436 - 0,1635) = 0,272 \text{ m.s}^{-2}.$$

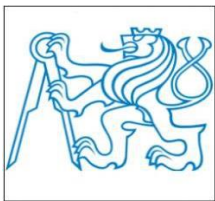
Okamžitý poloměr vnitřní koleje lze vyjádřit vztahem

$$R_{02(\bar{x})} = R_{01} \cdot \frac{l_p}{\bar{x}} = R_{01} \cdot \frac{l_p}{l_p - x_1} = 403 \cdot \frac{100}{100 - 77} = 1752,2 \text{ m}$$

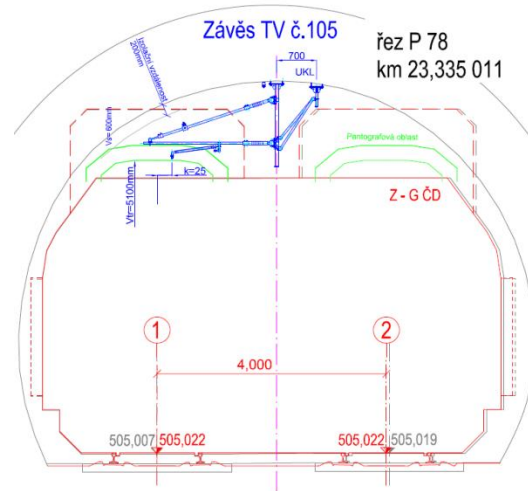
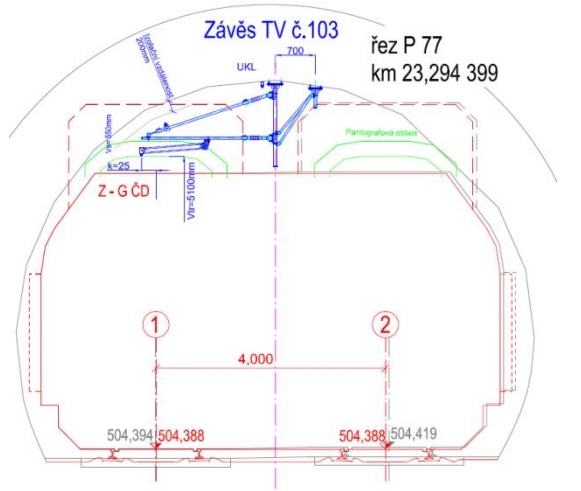
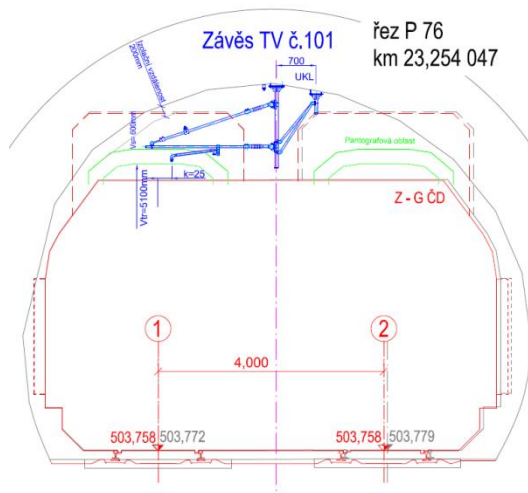
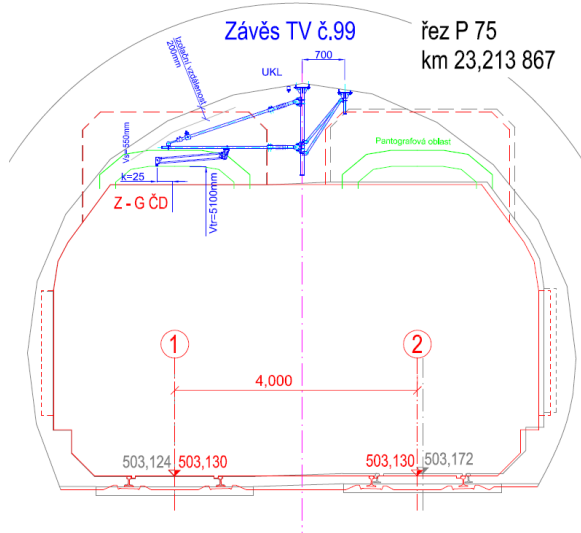
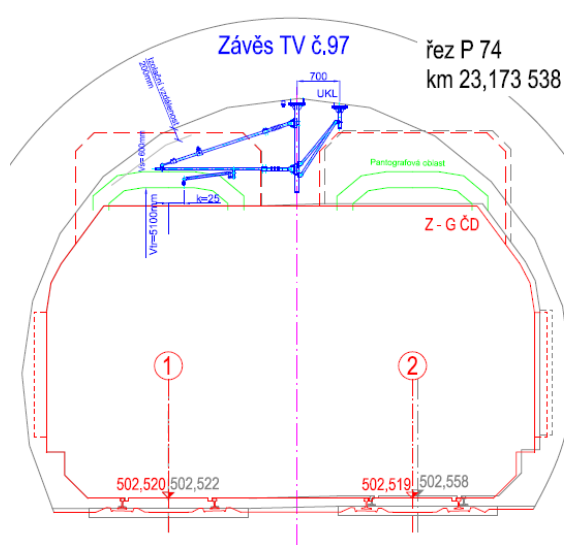
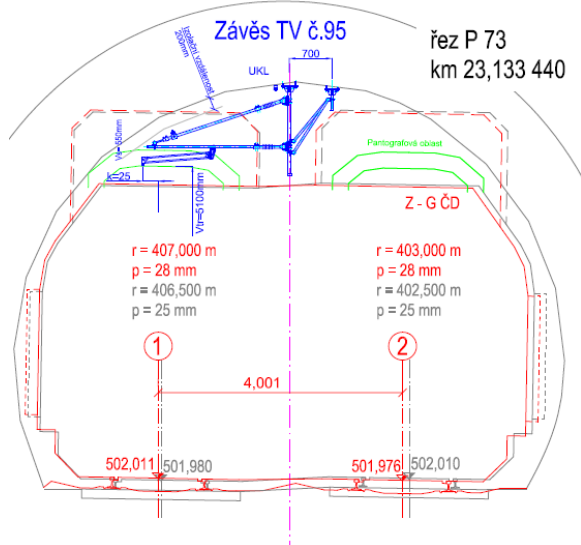
V tomto místě vjezdu do Stelenského tunelu ve vzdálenosti  $x_1 = 77 \text{ m}$  od počátku přečechodnice při jízdě maximální rychlostí  $V = 100 \text{ km/h}$  působí na vozidlo nevyrovnané kvazistatické plánné zrychlení

$$a_{y(K2)} = \left( \frac{V_{[km/h]}^2}{3,6^2 \cdot R_{02(\bar{x})}} - g \cdot \frac{p}{2s} \right) = \left( \frac{100^2}{12,96 \cdot 1752,2} - 9,81 \cdot \frac{28}{1500} \right) = (0,44 - 0,1635) = 0,277 \text{ m.s}^{-2}.$$

Při tomto nevyrovnaném plánném zrychlení nelze předpokládat vyerpání jednostranných plánů v lí vozidla  $(q + w_\infty)$  hnacího vozidla. Jejich součet v plánné trati, zpravidla nepřesahuje 65 mm, tj.  $(q + w_\infty) \leq (5+60) = 65 \text{ mm}$ .

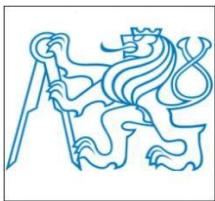


**ESKÉ VYSOKÉ U ENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
 Technická 4, 166 07 Praha 6  
 U 12 120 Ě Ústav automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel

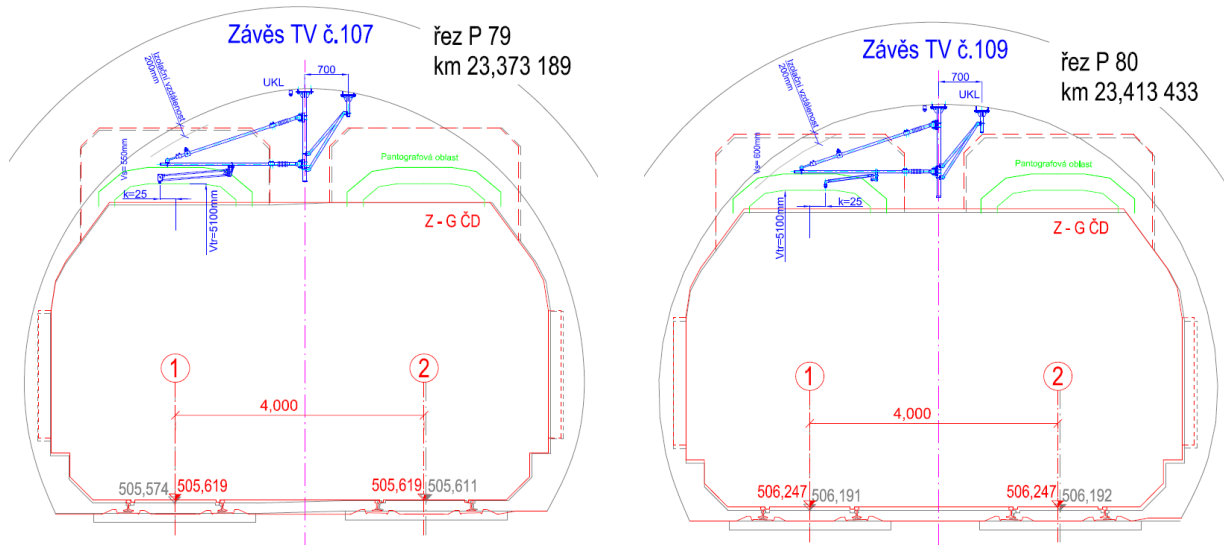


**Obr. 3** P dorysný pohled na e-ení trati v 298 m dlouhém St elenském tunelu  
 ó trolej .1, ezy P73 ařlP78





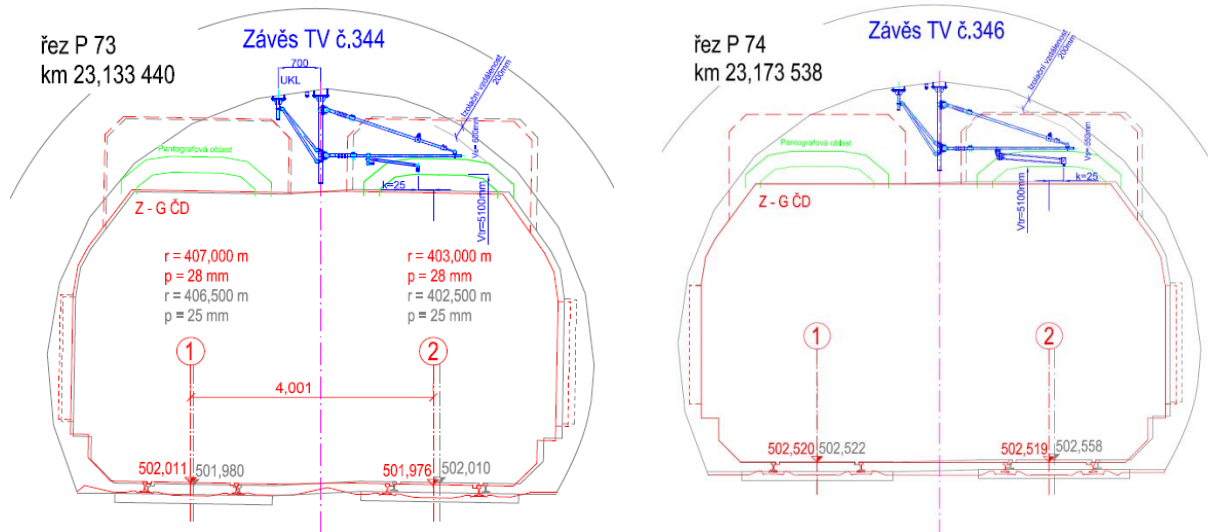
**ESKÉ VYSOKÉ U ENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
Technická 4, 166 07 Praha 6  
U 12 120 Ě Ústav automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel



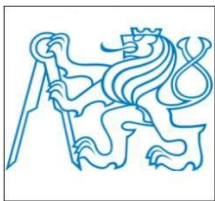
**Obr. 4** P dorysný pohled na e-ení trati v 298 m dlouhém St elenském tunelu  
ó trolej .1, ezy P79 a P80

Z uvedených obrázků dle pr ez dvoukolejně trati je patrné, že technologie stavby nep ekrá ují parametry pr jezdného pr ezu Z ó G D pro dvoukolejnou tra a projektovaná vý-ka upevn ní troleje .1 nad první kolejí zaji- uje vý-kovou polohu 5100 mm nad TK. Obdobná situace platí pro trolej .2 umíst nou nad druhou kolejí, viz následující obrázky Obr. 5 a Obr.6 .

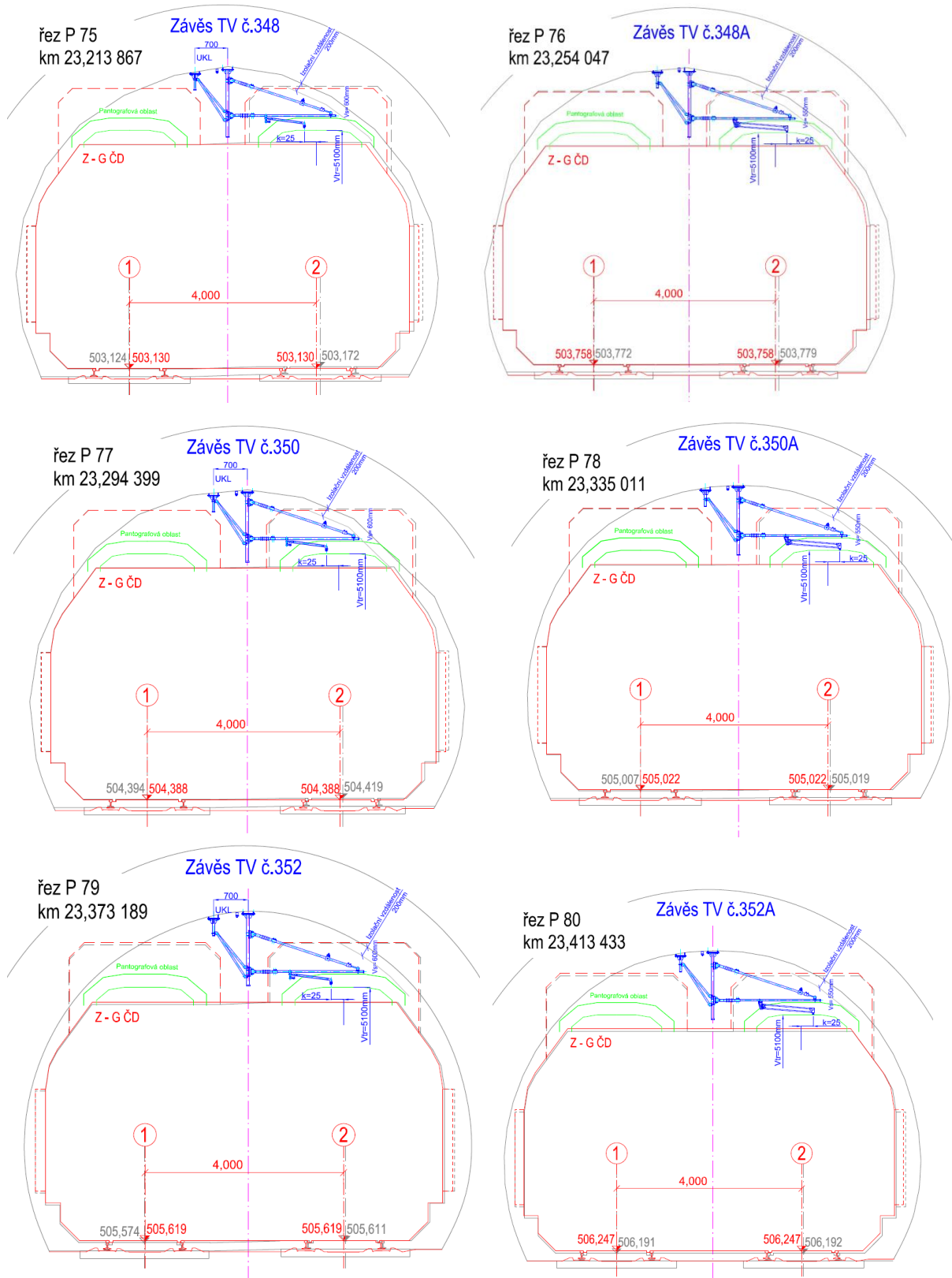
Z obrázků je patrné, že minimální p ípustná vý-ka troleje  $h_{Tmin} = 5100$  mm, která je instalovaná ve St elenském tunelu, se nachází v 100 mm nad nejnífší dovolenou provozní vý-kou trolejového sb ra e, uvedeného v norm SN 28 0312 ó Obrisy pro kolejová vozidla s rozchodem 1435 mm ó Technické p edpisy.



**Obr. 5** P dorysný pohled na e-ení trati v 298 m dlouhém St elenském tunelu  
ó trolej .2, ezy P73 a P74



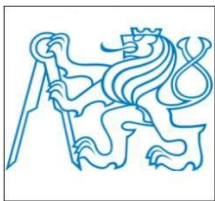
**ESKÉ VYSOKÉ U ENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
 Technická 4, 166 07 Praha 6  
 U 12 120 Ě Ústav automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel



**Obr. 6** P dorysný pohled na e-ení trati v 298 m dlouhém St elenském tunelu  
 ó trolej .2, ezy P75 ařl P80







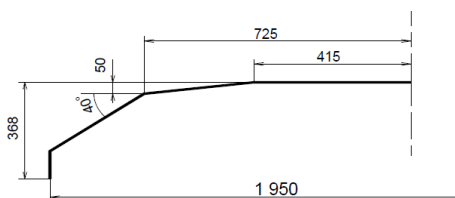
Pro fleezni ní trat neelektrifikované byl normou SN 28 0315 p edepsán pr jezdný pr ez 1-SM/ SD, pro elektrifikované trat pr ez 1- SM<sub>E</sub> / SD, viz obrázek Obr. 7. Jeho základní tvar (pr ez) je definován pro p ímou tra a stavebn nep evý-ený sm rový oblouk o polom ru  $R_0 = 4\ 000\ m$ . Ve sm rových obloucích  $R_0 < 4000\ m$  se provádí jeho í kové, p ípadn í vý-kové roz-í ení. Celková vý-ka  $h$  pr jezdného pr ezu pro elektrifikované trat závisí na poloze vodivých ástí troleje, rozm rech staveb, druhu koleje a jejím provozním využití. Minimální hodnota vý-ky  $h = 6\ m$ .

Levé strany obrázek pr jezdných pr ez platí pro hlavní koleje na íré trati a pro stani ní koleje, pojífd né vlaky, ur enými k p eprav cestujících. Pravé strany pr jezdných pr ez platí pro ostatní koleje v fleezni ních stanicích. ára C-D vymezuje hranici pro stavby a za ízení mezi kolejemi, ára A-B hranici pro stavby a za ízení na vn j-í stran koleje. Pr jezdné pr ezy jsou samostatn definovány pro horní a spodní ást.

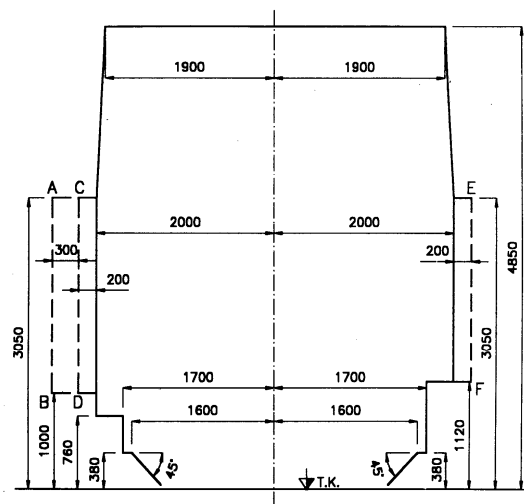
P i **novostavbách a modernizaci fleezni ních tratí** se dnes poufívá pr jezdný pr ez **Z -GC**, který platí pro p ímou kolej a pro kolej ve sm rovém oblouku  $R_0 \geq 250\ m$ , viz obrázek Obr. 8. V porovnání s p vodními pr jezdnými pr ezy 1-SM/ SD je patrné roz-í ení obrysu v horní ásti, p sobené tím, fle obrys je platný jífl pro sm rové oblouky  $R_0 \geq 250\ m$ .

Z obrázku Obr. 8 vyplývá, fle vý-ka pr jezdného pr ezu Z ó GC je shodná s vý-kou pr ezu 1-SM/ SD a iní 4 850 mm nad rovinou temene koleje.

V p ípad St elenského tunelu jde o elektrifikovaný p ímý úsek dvojkolejné trati s osovou vzdáleností kolejí 4 m. V jednotlivých p í ných pr ezech, viz obrázky Obr. 3 afl Obr. 6 jsou ervenou árkovanou árou zobrazeny prostory pro pohyb pantografového sb ra e vozidla. Podle normy SN 28 0312 je v eské republice pro trakci 25kV/50Hz pofladován pantografový sb ra o í ce hlavy 1950 mm typu 1 nebo typu 2,



Obr. 9 Rozm ry hlavy sb ra e profilu B5 - typ2



Obr. 8 Pr jezdný pr ez Z ó GC

viz obrázky Obr. 3 afl Obr. 6 jsou ervenou árkovanou árou zobrazeny prostory pro pohyb pantografového sb ra e vozidla. Podle normy SN 28 0312 je v eské republice pro trakci 25kV/50Hz pofladován pantografový sb ra o í ce hlavy 1950 mm typu 1 nebo typu 2,

viz obrázek Obr. 9.<sup>1)</sup> Podle normy SN 34 1530 je maximální vý-ka troleje, tj. mimo ádn zvý-ená vý-ka trolejového vodi e afl 6,3 mm nad rovinou TK.

Naopak ve stísnných pom rech lze u pr jezdného pr ezu Z ó GC umístit trolejový vodi do minimální sníflené vý-ky 5,1 m (viz SN 34 1530, Tab.1, strana 9). **Z tohoto pohledu navrflené**

**e-ení vedení troleje spl uje pofladavky normy SN 34 1530.** V praktickém provedení je trolej vedena klikat a pro normáln rozchodnou tra nesmí být klikatost v t-í jak  $\pm 500\ mm$  oproti ose projektované koleje.

<sup>1)</sup> Pro v-echny budoucí vysokorychlostní trat s trak ní soustavou 25kv/50Hz je v norm SN 28 0312, Tab. 1 ur ena í ka smykadla sb ra e  $2b_w = 1\ 600\ mm$ .



Diagram illustrating the cross-section of a tram overhead contact system (OCS) structure, showing the arrangement of the contact wire, collector head, and support structure. The diagram includes dimensions and labels for various components and safety boundaries.

**Dimensions:**

- 1100 (Width of the contact wire section)
- 1950 (Width of the support structure base)
- $V_{nl}$  (Height of the contact wire section)
- $Z$  (Height of the support structure base)
- $C_V$  (Clearance from the base to the support structure)

**Labels and Components:**

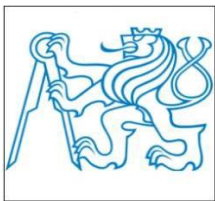
- prostor trolejového vedení (Contact wire area)
- profil hlavy sběrače (Collector head profile)
- prostor hlavy sběrače (Collector head area)
- minimální hranice přiblížení stavby (Minimum safety boundary)
- vozidlový obrys (Vehicle outline)
- výška trolejového vodiče (Contact wire height)

**Legend:**

- Hranice vzdušné vzdálenosti: (Air distance boundary)
- trvalé ( $i_t$ ) (Permanent boundary)
- - - - - krátkodobé ( $i_k$ ) (Temporary boundary)

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>c<sub>v</sub></b>  | horizontální výchylka sbírače proudů při jízdě vozidla<br>(maximálně 162 mm při nejvyšší pracovní výšce sbírače) |
| <b>i<sub>k</sub></b>  | krátkodobá vzdálená vzdálenost podle SN EN 50 119 ed.2, tabulka 2 ⇒ 150 mm                                       |
| <b>i<sub>t</sub></b>  | trvalá vzdálená vzdálenost podle SN EN 50 119 ed.2, tabulka 2 ⇒ 270 mm   |
| <b>v<sub>ln</sub></b> | vzdálenost nosného lana a trolejového vodiče (u závěsu rovinné sestavy)  |
| <b>z</b>              | zdvih trolejového vodiče při jízdě sbírače podle SN EN 50 119 ed.2, lánek 5.10.2.                                |

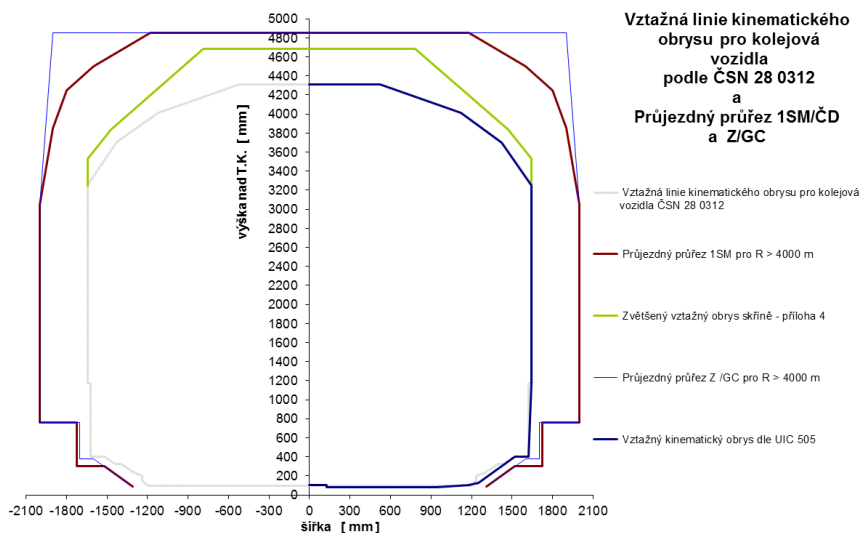
Podle vyjádření zástupce SUDOPU (ing. Jiřího Pelce) je v projektu šRekonstrukce St elenského tunelu ů p i posuzování interakce sb ra e s ost ním tunelu uvařlována maximální horizontální výchylka sb ra e proudu  $\mathbf{c}_v$ , tj. hodnota  $\mathbf{c}_v = 162 \text{ mm}$  (dle SN 34 1530 ed.2).



## 2.2 Obrys pro konstrukci vozidla

Práv tak jako je definován pr jezdňý pr ez ve vztahu k trati a ostatním pevným stavbám, jsou rozm ry hnacího kolejového vozidla v jeho p í ném ezu omezeny obrysem pro konstrukci vozidla. P i projektování ělezni ních kolejových vozidel se v sou asnosti pouřlívá metoda **smluvního výpo tu obrysu pro konstrukci**.

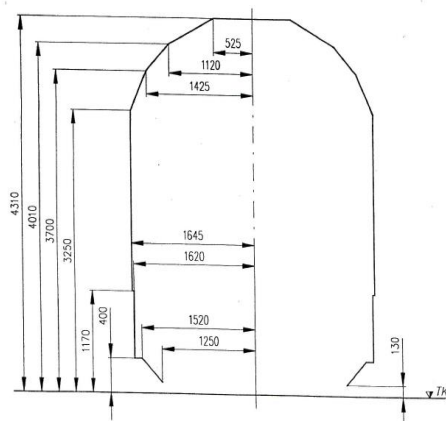
Tato metodika vychází z definice společ né vztařné linie pro vozidlo a infrastrukturu, tj. z definice mezního pr jezdňého pr ezu<sup>2)</sup>, který se nachází uvnit bezpe nostního prostoru mezi obrysem pro kolejové vozidlo nezávislé trakce a pr jezdňým pr ezem trati, viz obrázek Obr. 11. Od této společ né linie jsou smluvn stanoveny **linie pr jezdňého pr ezu** (platí pro infrastrukturu) a **linie vztařného obrysu** (statického nebo kinematického), ze které se smluvn definovaným postupem vypo ítá jednostranné zůřlení ( $E_a$ ,  $E_i$ ) omezení vý-ky v závislosti na vybraných parametrech vozidla a koleje.



Obr. 11 Porovnání pr jezdňých pr ezu a kinematických obrysů

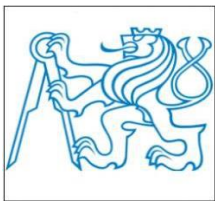
Vzhledem k tomu, ře funk ní p edpis pro výpo et jednostranného zůřlení ( $E_i$ ,  $E_a$ ) nepostihuje nejv tší možně p í né pohyby a p i výpo tu kinematického zůřlení pracuje s p ebytkem nebo nedostatkem p evý-ení  $p_{ch} = 50 \text{ mm}$ , tomu odpovídá nevyrovnané p í né zrychlení vozidla  $a_y = \pm 0,327 \text{ m.s}^{-2}$ , je mezi linií kinematického vztařného obrysu a pr jezdňého pr ezu ponechán jistý bezpe nostní prostor, patrný z obrázku Obr. 11. Z porovnání horních ástí vztařného kinematického obrysu dle SN 28 0312 a dle UIC 505, viz obrázek Obr. 11, vyplývá, ře tyto pr b hy jsou totofné.

Rozm ry horní ástí vztařné linie kinematického obrysu platné pro kolejová vozidla definuje obrázek Obr. 12.



Obr. 12 Vztařná linie horní ástí kinematického obrysu dle SN 28 0312

<sup>2)</sup> Platná UIC 505 jifl mezní pr jezdňý pr ez nedefinuje a pracuje pouze s linií pr jezdňého pr ezu a s linií vztařného kinematického obrysu.



# ESKÉ VYSOKÉ U ENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

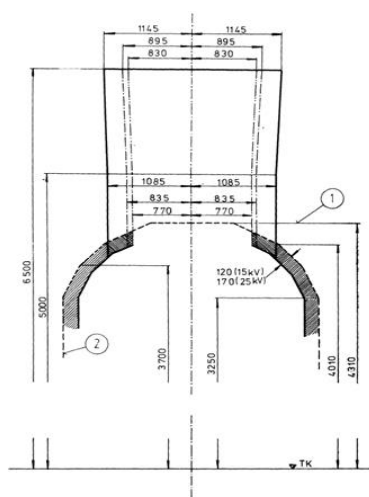
## FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 Ě Ústav automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel

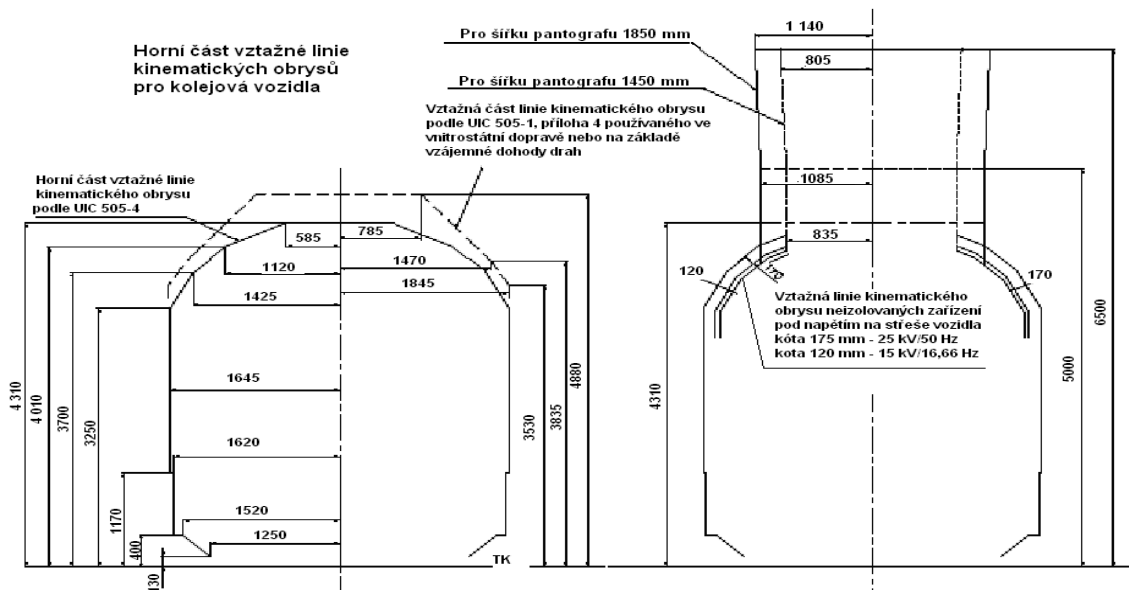
Tato linie je platná pro hnací kolejová vozidla nezávislé trakce, která nepoužívají pantografové sbírače proudů. Splňuje-li stěcha jednopodlažního hnacího vozidla nezávislé trakce požadavky normy SN 28 0312 a vyhlásky UIC 505-1 nesmí při průřezu vozidla překročit horní linii 4310 mm. To znamená, že u jednopodlažního vozidla nezávislé trakce musí být mezi trolejí a stěchou vzdušná vzdálenost 790 mm. Pro patrové jednotky je možné využít linii vztažného vztahného obrysu sklon, viz obr. 11 zelená čára, jejíž maximální výška je 4680 mm. To znamená, že pokud patrová jednotka nezávislé trakce splňuje požadavky normy SN 28 0312 a vyhlásky UIC 505-1 je při průřezu vozidla při jízdě ve Stělském tunelu mezi trolejí a stěchou vzdušná vzdálenost 420 mm.

V modernizovaném Stělském tunelu mají být provozována elektrická vozidla stědávě trakce 25kV/50Hz. Proto bude v následující části provedena analýza vazby pro jezdňáho průřezu a obrysu pro vozidla elektrické stědávě trakce.



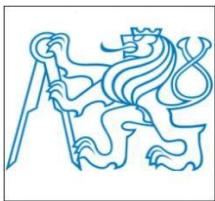
### Legenda k obrázku z ČSN 28 0312:

- (1) maximální výška staženého sbírače
- (2) Vztažný kinematický obrys pro hnací vozidla
- vztažný obrys pro trolejový sbírač o šířce hlavy sbírače 1950 mm
- - - vztažný obrys pro trolejový sbírač o šířce hlavy sbírače 1450 mm
- - - vztažný obrys pro trolejový sbírač o šířce hlavy sbírače 1320 mm



**Obr. 13** Porovnání vztažných linií kinematických- obrys pantografového trolejového sbírače proudů a neizolovaných zařízení pod napětím na stěe vozidel, dle SN 280312 (horní obrázek) a dle UIC 505 (spodní obrázek)





# ESKÉ VYSOKÉ U ENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

## FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

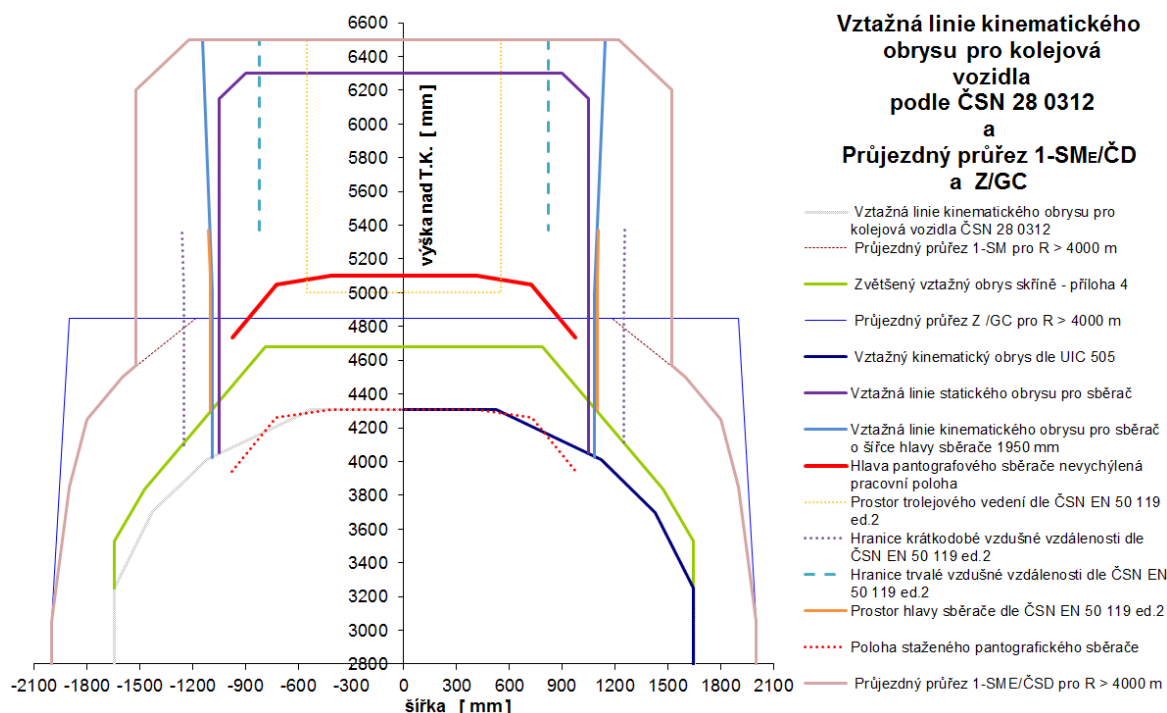
U 12 120 Ě Ústav automobil , spalovacích motor a kolejových vozidel

Pro hnací fležní ní vozidla závislé trakce, tj. elektrické lokomotivy, elektrické jednotky a vozy je do p vodní horní ásti kinematického obrysu dodefinována vztafná linie kinematického obrysu pro pantografový trolejový sb ra proudu, viz obrázek Obr. 13. Z n ho vyplývá, fle minimální pracovní vý-ka pantografového sb ra e proudu m fle být 5 m nad rovinou TK. To znamená, fle navržená vý-ka troleje ve St elenském tunelu 5,1m je o 100 mm nad touto minimální pracovní polohou.

Kontaktní li-ta odpojeného, tj. stařeného pantografického sb ra e jednopodlažního hnacího vozidla nesmí u vozidla spl ujícího vyhlá-ky UIC 505-1 p ekro it vý-ku 4 310 mm od roviny TK. To znamená, fle mezi stařeným pantografem a trolejí je ve St elenském tunelu vzdu-ná mezera 790 mm. U dvoupodlažního hnacího fležní ního vozidla nesmí li-ta stařeného pantografického sb ra e p ekro it vý-ku 4 680 mm od roviny TK. To znamená, fle mezi stařeným pantografem (izolované za ízení na st e-e) a trolejí je ve St elenském tunelu vzdu-ná mezera 420 mm.

Z obrázku Obr. 13 dále vyplývají následující, poznatky:

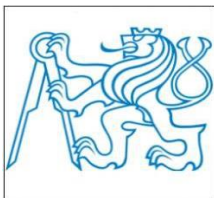
- vztafná linie kinematického obrysu pro neizolovaná za ízení umíst ná na st e-e vozidla pod trolejí s nap tím 25kV/50Hz je ve st e-ní oblasti ponížená o 170 mm.
- í-ka prostoru vztafného obrysu pro trolejový sb ra o í-ce hlavy  $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$ , dle normy SN 28 0312, ve vý-ce  $h = 5 \text{ m}$  nad rovinou TK je  $2b_{PPs(5000)} = 2 170 \text{ mm}$ .
- í-ka prostoru vztafného obrysu pro trolejový sb ra o í-ce hlavy  $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$ , dle normy SN 28 0312, ve vý-ce  $h = 6,5 \text{ m}$  nad rovinou TK je  $2b_{PPs(6500)} = 2 290 \text{ mm}$ .



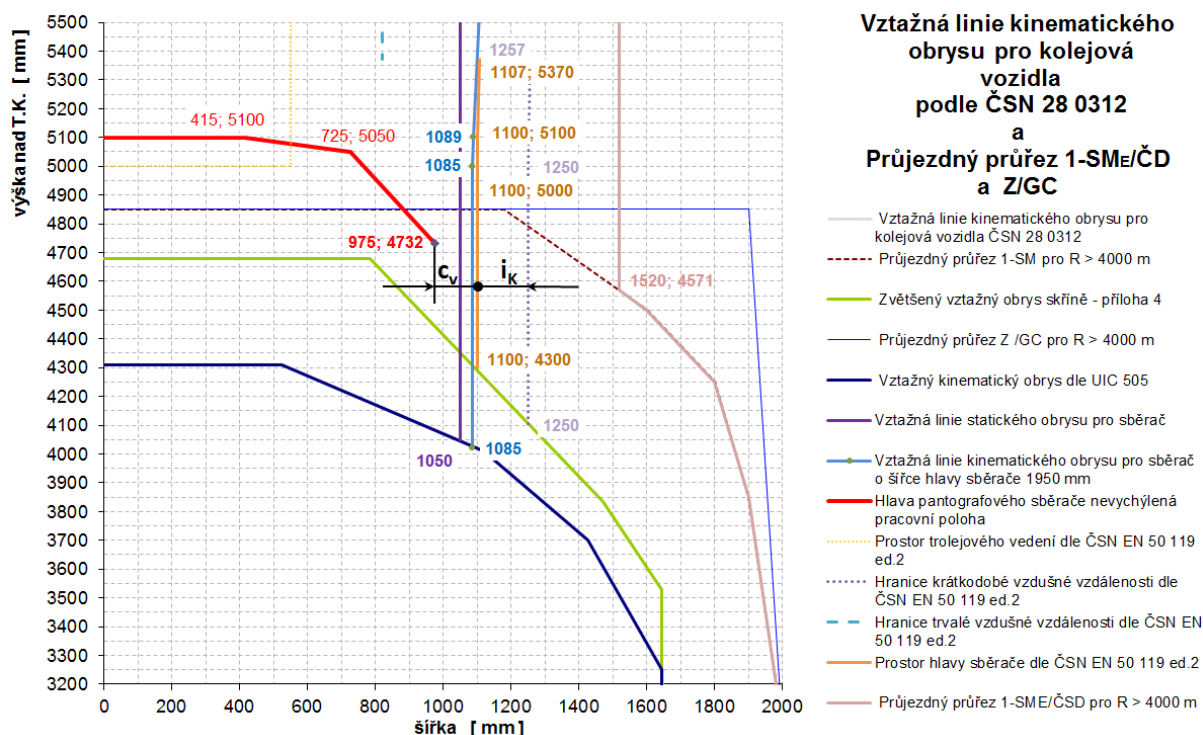
Obr. 14 Porovnání pr jezdnych pr ez a kinematických obrys platných pro vozidla elektrické trakce

Porovnání požadavk vyplývajících pro pantografový sb ra z normy SN EN 50119 a z normy SN 28 0312 dokumentuje obrázek Obr. 14. Detailn j-í zobrazení horní partie dokumentuje obrázek Obr. 15.





Z obrázk Obr. 14 a Obr. 15 je patrné, že vztahné linie statického i kinematického obrysu mají menší šířku, než linie pro prostor hlavy sbírače definovaný podle SN EN 50 119 ed. 2, který zaručuje, že od hlavy linie hlavy sbírače k linii hranice krátkodobé vzdušné vzdálenosti zůstává vzduchová mezera  $i_K = 150 \text{ mm}$ .



**Obr. 15** Detail z porovnání pr jezdných pr ez a kinematických obrys platných pro vozidla elektrické trakce

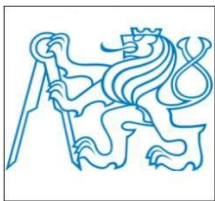
Z obrázku Obr. 15 vyplývá, že ve výšce 5000 mm má spodní bod nevychýlené hlavy pantografického sbírače, tj. bod o souřadnicích [975, 4732] k vztahné linii kinematického obrysu pro sbírač v li  $y_v = (1085 - 975) = 110 \text{ mm}$  a k linii prostoru pro hlavu sbírače definované dle SN EN 50 119 ed.2 má v li  $c_v = (1100 - 975) = 125 \text{ mm}$ .

To znamená, že linie prostoru pro hlavu sbírače definovaná dle SN EN 50 119 ed.2 je o cca 15 mm širší, než vztahná linie kinematického obrysu pro sbírač o šířce hlavy sbírače 1950 mm.

Pro výrobce kolejového fletzni ního vozidla je závazná linie vztahného kinematického obrysu, kterou nesmí pantografický sbírač za normou definovaných podmínek překročit.

Chce-li výrobce hnacího vozidla elektrické trakce schválit vozidlo u Drážní úřadu R bez výjimky z normy SN 28 0312, resp. z vyhlášky UIC 505-1, nesmí krajní bod hlavy pantografického sbírače o šířce hlavy sbírače 1950 mm při smluvně definovaných podmínkách překročit linii vztahného kinematického obrysu pro sbírač.

To znamená, že výrobce je povinen nastavit parametry vypružení vozidla (příčné v le  $q$ ,  $w$ , pracovní sednutí i odlehění vypružení, jeho úhlovou tuhost a souinitel náklonu tak, aby při jízdě s nedostatkem i p ebytkem převýšení 50 mm nepřekročil linii vztahného kinematického obrysu pro sk í vozidla a vztahného kinematického obrysu pro sbírač.



### 2.2.1 Díl í záv r zpracovatele

Velikost polo-í ky vztafného obrysu  $b_{Ps(5100)}$  pro pantografický trolejový sb ra o -í ce hlavy  $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$  lze pro vý-ku  $h = 5,1 \text{ m}$  nad rovinou TK  $2b_{PPs(5100)}$ , tj. pro  $\Delta h = 100 \text{ mm}$  lze vyjád it vztahem

$$b_{Ps(5100)} = \frac{b_{Ps(6500)} - b_{Ps(5000)}}{6500 - 5000} \cdot \Delta h + b_{Ps(5000)} = \frac{1145 - 1085}{1500} \cdot 100 + 1085 = 1089 \text{ mm}$$

TM ka prostoru vztafného obrysu pro trolejový sb ra o -í ce hlavy 1950 mm je tedy podle normy SN 28 0312 ve vý-ce  $h = 5,1 \text{ m}$  nad rovinou TK  $2b_{Ps(5100)} = (2 \cdot 1089) = 2178 \text{ mm}$ , viz obrázky Obr. 14 a Obr. 15.

Ode teme-li od této hodnoty -í ku hlavy pantografického sb ra e  $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$ , obdrflíme mezní hodnotu pro oboustranné vybo ení hlavy pantografu  $2E_{HPs}$ .

$$2E_{Ps(5100)} = 2b_{PPs(5100)} - 2b_{HPs} = 2178 - 1950 = 228 \text{ mm}.$$

Aby nedo-lo k p ekro ení linie vztafného kinematického obrysu pro pantografický sb ra vozidla, nesmí výsledná p í ná výchylka hlavy p í n posunutého a naklopeného sb ra e ve vý-ce  $h = 5,1 \text{ m}$  p ekro it  $\Delta_{Ps(5,1)K} = 114 \text{ mm}$ .

Aby nedo-lo k p ekro ení linie vztafného statického obrysu pro pantografický sb ra vozidla, nesmí p í ná výchylka hlavy sb ra e ve vý-ce  $h = 5,1 \text{ m}$  p ekro it  $\Delta_{Ps(5,1)S} = 75 \text{ mm}$ , viz obrázek Obr. 15, ze kterého m fleme ode íst  $\Delta_{Ps(5,1)S} = (1050 - 975) = 75 \text{ mm}$ .

Zadavatelem odborného posouzení je uvedená maximální provozní rychlost v tunelu  $V=100 \text{ km/h}$ . To znamená, tra lze za adit do rychlostní kategorie **RP3** ( $90 < V \leq 120 \text{ km/h}$ ). Pro tuto provozní rychlost je povolena maximální provozní odchylka rozchodu koleje 10 mm, z toho vyplývá maximální rozchod koleje  $e_{kolmax} = 1445 \text{ mm}$ .

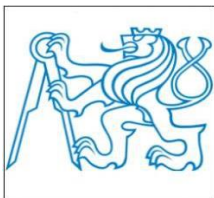
P ipustíme-li, fle v daném úseku pojedí hnací vozidlo závislé trakce s maximáln opot ebenými okolky, tj. fle rozchod opot ebeného dvojkolí bude mít mezní hodnotu  $e_{DVmax} = 1410 \text{ mm}$ , potom jednostranná v le dvojkolí v koleji m fle dosáhnout mezní hodnoty: <sup>3)</sup>

$$\sigma = \frac{e_{KOL} - e_{DV}}{2} + \Delta e_H = \frac{1445 - 1410}{2} + 2 = 19,5 \text{ mm}.$$

Metodika výpo tu obrysu pro konstrukci sk ín vozidla dle statického obrysu p edpokládá pro výpo et -í kového statického zúflení zapo ítání pouze vlivu p í ných pohyb vozidla.

<sup>3)</sup> Hodnota  $\Delta e_H$  p edstavuje zv t-ení skute né v le dvojkolí vlivem rozdílné vý-ky p í m ení rozchodu koleje  $e_{KOL}$  a dvojkolí  $e_{DV}$ .

$$\Delta e_H = R_{hk} - \sqrt{R_{hk}^2 - (h_K - h_{DV})^2} = 13 - \sqrt{13^2 - (17 - 10)^2} = 2 \text{ mm}$$



Odečteme-li hodnotu vypočtené mezní provozní jednostranné vlny  $\sigma$  od mezní píchné statické výchylky  $\Delta_{Ps(5,1)S} = 75 \text{ mm}$ , obdržíme požadavek na maximální součet píchných vln vozidla v píchné trati

$$(q + w_{\infty}) \leq \Delta_{Ps(5,1)S} - \sigma = 75 - 19,5 = 55,5 \text{ mm.}^{4)}$$

Rozdíl  $(\Delta_{Ps(5,1)K} - \Delta_{Ps(5,1)S}) = 114 - 75 = 39 \text{ mm}$  představuje možnou kinematickou píchnou výchylku lišty sbírače  $z_{PS}$  způsobené náklonem skříně kolem podélné osy, ležící v pólu náklonu vozidla.

U hnacích vozidel lze očekávat, že výška pólu náklonu bude v rozmezí  $h_C \in (0,5 \div 0,8) \text{ m}$  a souinitel náklonu  $s \in (0,225 \div 0,3)$ .

Budeme-li uvažovat výšku pólu náklonu hnacího vozidla  $h_C = 0,5 \text{ m}$ , souinitel náklonu hnacího vozidla  $s = 0,225$  a úhel statického náklonu skříně vozidla  $\eta_0 \leq 1$ , potom výšku  $h = 5,1 \text{ m}$  lze stanovit kinematickou píchnou výchylku  $z$  dosazením do vztahu

$$z = \frac{s}{30} \cdot |h - h_C| = \frac{0,225}{30} \cdot |5100 - 500| = 34,5 \text{ mm}.$$

Této kinematické výchylce  $z = 34,5 \text{ mm}$  odpovídá změna úhlu náklonu skříně kolem pólu náklonu  $\varphi_{sx}$

$$\operatorname{tg} \varphi_{sx} = \frac{z}{|h - h_C|} = \frac{34,5}{|5100 - 500|} = 0,0075 \Rightarrow \varphi_{sx} = 0,43^\circ.$$

Budeme-li uvažovat výšku pólu náklonu hnacího vozidla  $h_C = 0,8 \text{ m}$ , souinitel náklonu hnacího vozidla  $s = 0,3$  a úhel statického náklonu skříně vozidla  $\eta_0 \leq 1$ , potom výšku  $h = 5,1 \text{ m}$  lze stanovit kinematickou píchnou výchylku  $z$  dosazením do vztahu

$$z = \frac{s}{30} \cdot |h - h_C| = \frac{0,3}{30} \cdot |5100 - 800| = 43 \text{ mm}.$$

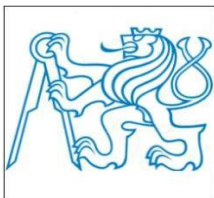
Této kinematické výchylce  $z = 43 \text{ mm}$  odpovídá změna úhlu náklonu skříně kolem pólu náklonu  $\varphi_{sx}$

$$\operatorname{tg} \varphi_{sx} = \frac{z}{|h - h_C|} = \frac{43}{|5100 - 800|} = 0,01 \Rightarrow \varphi_{sx} = 0,573^\circ.$$

To znamená, nechceme-li aby píchný vyerpání píchných vln došlo překročení linie vztafňného kinematického obrysu pro sbírač, měl by úhel náklonu skříně

$$s_z = \frac{\eta}{\delta} = \frac{(1 + \varphi_{sx})}{\operatorname{tg} \left( \frac{p_{st}}{2s} \right)} = \frac{(1 + \varphi_{sx})}{\operatorname{tg} \left( \frac{150}{1500} \right)} = \frac{(1 + \varphi_{sx})}{5,71} = \frac{(1,5)}{5,71} = 0,263$$

4) U hnacích vozidel se součet vln  $(q + w_{\infty})$  v píchné trati pohybuje do 65 mm. V praktickém provozu lze na dobu udržované pevné trati očekávat, že píchný vjezd do píchného úseku trati v-ak takto velký píchný posuv skříně vozidla, který by vyerpál píchné vlny vozidla nenastane. Nebo jak je uvedeno v úvodní části, nevyrovnané kvazistatické píchné zrychlení vozidla dosahuje hodnoty  $a_y = 0,28 \text{ m.s}^{-2}$ .



## 2.3 Výpo et obrysu pro konstrukci sb ra e podle SN 28 0312

Vyhlá-ka UIC 505-1 a norma SN 28 0312 udává v kap. 6.5 výpo etní vztahy pro zúřlení pouřlíváné pro vozidla s pantografovým trolejovým sb ra em proudu, cituji:

### š 6.5.1 Pantografový trolejový sb ra e proudu ve zvednuté poloze

Aby hnací vozidla s pantografovými trolejovými sb ra i proudu mohla dodrřlet maximální konstruk ní prostor, vyplývající ze vztařné linie kinematického obrysu pantografového trolejového sb ra e proudu uvedené na obr. 7, (viz obrázek Obr.16 ), musí znaky t chto vozidel (v le, sou initel naklon ní ástí nesoících pantografové trolejové sb ra e proudu) a poloha pantografového trolejového sb ra e proudu v i dvojkolím takové, aby hodnoty  $E_i'$  nebo  $E_a'$  (pantografové trolejové sb ra e proudu zvednuté do vý-ky 6,5m nad TK) hodnoty  $E_i''$  nebo  $E_a''$  (pantografové trolejové sb ra e proudu zvednuté do vý-ky 5m nad TK) byly záporné, nebo nulové.õ

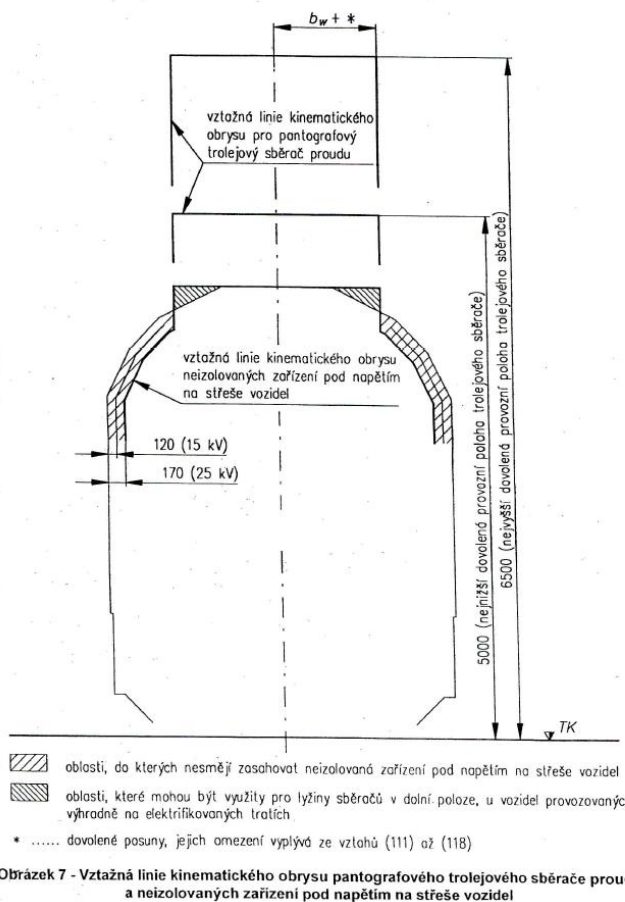
Konec citace.

V této citaci  $E_i''$ ,  $E_a''$  p edstavují vnit ní, nebo vn j-í vybo ení kontrolního bodu pantografového trolejového sb ra e nad TK, tj. posuny ozna ené na obrázku Obr. 16 \*.

P i znalosti polo-í ky hlavice sb ra e  $b_w$  a jejího vybo ení (\*) lze v li v p řslu-né výpo tové vý-ce  $h$  mezi linií polo-í ky vztařného kinematického obrysu pro sb ra  $b_{PS(h)}$  a hlavicí sb ra e ve vychýlené poloze, lze obecn ř vyjád řit vztahy:

- je-li osa pr řezu hlavice pantografového sb ra e uvnit ř vzdálenosti oto ných ep podvozk  $y_{v(h)} = (b_{OS(h)} \text{ ó } (b_w \text{ ó } E_{i(h)}))$
- je-li osa pr řezu hlavice pantografového sb ra e vn ř vzdálenosti oto ných ep podvozk  $y_{v(h)} = (b_{OS(h)} \text{ ó } (b_w \text{ ó } E_{a(h)}))$

Vztařná linie kinematického obrysu pantografového trolejového sb ra e proudu a neizolovaných zařizení pod napětím na střeše vozidel je uvedena na obrázku 7.



Obr. 16

Scan Obrázku 7 z návrhu normy SN 280312 z února 1999



**A)** Je-li  $n_i = n$  potom pro výpočet  $E_i''$  postupujeme následujícím způsobem:

|            |                                    |  |
|------------|------------------------------------|--|
| - je-li:   | $a.n - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 5$ | $a.n - n^2 + \frac{p^2}{4} > 5$  |
| potom pro: |                                    |  |
| $h = 6,5m$ | $E_i' = j_i' + z' \quad (111)$     | $E_i' = \frac{a.n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 5}{300} + j_i' + z' \quad (112)$   |
| $h = 5m$   | $E_i'' = j_i' + z'' \quad (115)$   | $E_i'' = \frac{a.n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 5}{300} + j_i' + z'' \quad (116)$ |

**B)** Je-li  $n_a = n$  potom pro výpočet  $E_a''$  postupujeme následujícím způsobem:

|            |   |   |
|------------|---|---|
| - je-li:   | $a.n + n^2 - \frac{p^2}{4} \leq 5$                                      | $a.n + n^2 - \frac{p^2}{4} > 5$   |
| potom pro: |   |   |
| $h = 6,5m$ | $E'_a = j'_a + z' + \frac{1465-d}{2} \cdot \frac{2n}{a} \quad (113)$    | $E'_a = \frac{a.n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 5}{300} + j'_a + z' + \frac{1465-d}{2} \cdot \frac{2n}{a} \quad (114)$    |
| $h = 5m$   | $E''_a = j''_a + z'' + \frac{1465-d}{2} \cdot \frac{2n}{a} \quad (117)$ | $E''_a = \frac{a.n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 5}{300} + j''_a + z'' + \frac{1465-d}{2} \cdot \frac{2n}{a} \quad (118)$ |

$$\text{kde: } j_a' = q \cdot \frac{2n+a}{a} + w_a \cdot \frac{n+a}{a} + w_i \cdot \frac{n}{a} - 0,0375$$

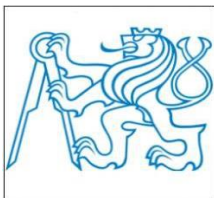
pro  $s \leq 0,225$  (obecný p ípad)

$$\begin{aligned} z'' &= \frac{6}{30} \cdot s + \sqrt{\left(t \cdot \frac{h-h_t}{6,5-h_t}\right)^2 + \tau^2 + (\Theta \cdot (h-h_c))^2} - 0,0925 \\ z' &= \frac{8}{30} \cdot (s-0,225) + (t-0,03) + (\tau-0,01) + 6 \cdot (\Theta-0,005) \end{aligned}$$

pro  $s > 0,225$

$$\begin{aligned} z'' &= \frac{6}{10} \cdot s + \sqrt{\left(t \cdot \frac{h-h_t}{6,5-h_t}\right)^2 + \tau^2 + (\Theta \cdot (h-h_c))^2} - 0,1825 \\ z' &= \frac{8}{10} \cdot (s-0,225) + (t-0,03) + (\tau-0,01) + 6 \cdot (\Theta-0,005) \end{aligned}$$

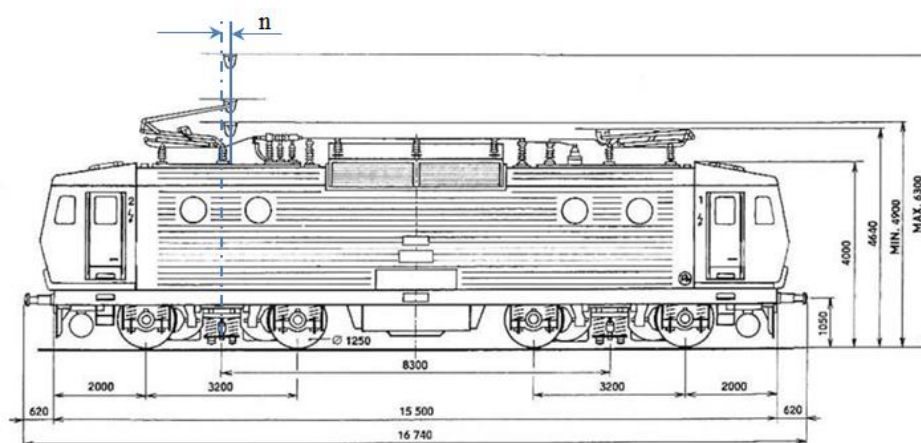




kde:  $a$  [m] í . vzdálenost oto ných ep nebo st edových rovin podvozk  
 $p$  [m] í . rozvor podvozk  
 $d$  [m] í . rozchod opot ebeného dvojkolí  
 $w_a$  [m] í . vn j-í p í ná v le mezi podvozkem a sk íní vozidla  
 $w_i$  [m] í . vnit ní p í ná v le mezi podvozkem a sk íní vozidla  
 $q$  [m] í . p í ná v le mezi rámem podvozkem a dvojkolím  
 $t$  [m] í . p í ný pohyb smykadla sb ra e, zdviženého do vý-ky 6,5m ,  
 p sobí-li na n ho p í ná síla 300 N  
 $h$  [m] í . vý-ka výpo tového bodu nad TK  
 $h_c$  [m] í . vý-ka pólu náklonu vozidla nad TK  
 $h_t$  [m] í . vý-ka dolního kloubového spojení pantografového sb ra e nad TK  
 $\tau$  [m] í . dovolená odchylka mezi st ední rovinou sk ín vozu a p edpokládaným  
 st edem smykadla sb ra e, zdviženého do vý-ky 6,5m, za p edpokladu,  
 fle není sk í p í n zatížená  
 $\Theta$  [rad] í . naklon ní, které m fle zaujmout sk í vozidla v d sledku nedokonalého  
 nastavení vypružení, kdyfl je vozidlo v klidu a v prázdném stavu  
 na vodorovné koleji

### 2.3.1 Ilustrativní p íklad výpo tu zúžení kinematického obrysu pro sb ra podle normy UIC 505-1.

U lokomotiv <sup>TM</sup>koda . 363 jsou tyto v le p í né v le  $q = 2$  mm,  $w = 60$  mm. Rozm rové parametry jsou patrné z obrázku Obr. 17. Z obrázku lze p íblifn ode íst  $n = n_i = 250$  mm.



Obr. 17 Lokomotiva . 363

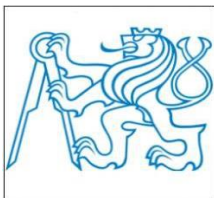
Provedeme-li pro tento p ípad výpo et zúžení kinematického obrysu pro sb ra , obdrflíme:

$$a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 5 \quad \Rightarrow \quad 8,3 \cdot 0,25 - 0,25^2 + \frac{3,2^2}{4} \leq 5$$

$$2,075 - 0,0625 + 2,56 \leq 5$$

$$4,5725 \leq 5$$





Potom

$$j_i' = q + w_i - 0,0375 = 0,002 + 0,06 - 0,0375 = 0,0245 \text{ m}$$

Pro kvalifikovaným odhadem stanovené parametry  $s = 0,3$ ,  $t = 0,01 \text{ m}$ ,  $\tau = 0,01 \text{ m}$   
 $a \Theta = 0,005 \text{ rad}$ ,  $h_t = 4,260 \text{ m}$ ,  $h_c = 0,8 \text{ m}$  obdržíme:

$$s = 0,3 > 0,225$$

$$z'' = \frac{6}{10} \cdot s + \sqrt{\left(t \cdot \frac{h - h_t}{6,5 - h_t}\right)^2 + \tau^2 + (\Theta \cdot (h - h_c))^2} - 0,1825$$

$$z'' = \frac{6}{10} \cdot 0,3 + \sqrt{\left(0,03 \cdot \frac{5,1 - 4,26}{6,5 - 4,26}\right)^2 + 0,01^2 + (0,005 \cdot (5,1 - 0,8))^2} - 0,1825$$

$$z'' = 0,18 + \sqrt{1,265 \cdot 10^{-4} + 0,01^2 + 0,000462} - 0,1825$$

$$z'' = 0,18 + 0,0262 - 0,1825 = 0,0237 \text{ m}$$

$$z' = \frac{8}{10} \cdot (s - 0,225) + (t - 0,03) + (\tau - 0,01) + 6 \cdot (\Theta - 0,005)$$

$$z' = \frac{8}{10} \cdot (0,3 - 0,225) + (0,03 - 0,03) + (0,01 - 0,01) + 6 \cdot (0,005 - 0,005)$$

$$z' = 0,06 - 0 - 0 + 0 = 0,06 \text{ m}$$

$$h = 6,5 \text{ m} \quad E_i'' = j_i' + z' = 0,0245 + 0,06 = 0,0845 \text{ m}$$

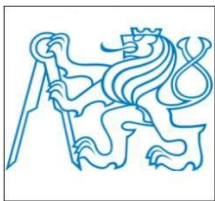
$$h = 5 \text{ m} \quad E_i'' = j_i' + z'' = 0,0245 + 0,0237 = 0,0482 \text{ m} \quad \text{tato hodnota je menší než vypočtená}$$

$\Delta_{PS(5,1)K} = 114 \text{ mm}$ , hlavice pantografického sbírače  
nepřekračuje linii vtaženého kinematického obrysu

Podle obrázku Obr.16 je položena linie pro konstrukci hlavy sbírače ve výšce

$$h = 6,5 \text{ m} \quad \text{í í} \quad b_{PS} = b_w + E_i'' = 0,975 + 0,0845 = 1,0595 \text{ m} \Rightarrow 2b_{PS(6500)} = 2119 \text{ mm}$$

$$h = 5 \text{ m} \quad \text{í í í} \quad b_{PS} = b_w + E_i' = 0,975 + 0,0482 = 1,0232 \text{ m} \Rightarrow 2b_{PS(5000)} = 2046,4 \text{ mm}$$



## **Záv r**

Ústav U 12 120 FS VUT, ani zpracovatel odborného posudku nemá k dispozici dostate né konstruk ní podklady, aby mohl detailn ji posoudit jednotlivé typy hnacích vozidel st ídavé trakce, které budou provozovány v modernizované St elenském tunelu, nebo tato konstruk ní data jednotlivých hnacích vozidel se budou li-it.

U hnacích fležni ních vozidel se sou et v lí  $(q + w_{\infty})$  v p ímé trati pohybuje do 65 mm. V praktickém provozu lze na dob e udrfvané pevné fležni ní trati o ekávat, fle p í vjezdu do p ímého úseku trati v-ak takto velký p í ný posuv sk ín vozidla, který by vy erpal p í né v le vozidla nenastane. Nebo , jak je uvedeno v úvodní ásti, nevyrovnané kvazistatické p í né zrychlení vozidla dosahuje hodnoty  $a_y = 0,28 \text{ m.s}^{-2}$ .

Norma SN EN 50119 ed. 2 p ípou-tí maximální horizontální výchylku pantografového sb ra e  $c_v$  p í nejv t-í pracovní poloze, tj. ve vý-ce  $h = 6,5 \text{ m}$  nad rovinou TK maximáln  $c_{vmax} = 162 \text{ mm}$ . Pro p epo et maximální horizontální výchylky pantografického sb ra e do pracovní vý-ky  $h = 5,1 \text{ m}$  dostaneme pro  $h_c = 0,5 \text{ m}$ .

$$C_{vmax(5,1m)} = (5,1-h_c)/(6,5-h_c) \cdot 162 = (5,1-0,5)/(6,5-0,5) \cdot 162 = 4,6/6 \cdot 162 = 124,2 \text{ mm}.$$

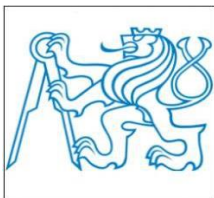
Z provedeného rozboru je patrné, fle pokud hnací vozidla plní pofladavky vyhlá-ky UIC 505-1, nebo normy SN 28 0312 mohou bezpe n projífd t p ímým úsekem dvoukolejné trati pod snífenou trolejí ve vý-ce 5 100 mm, viz obr. 15.

Pro ú ely posouzení interakce pantografového sb ra e proudu -í ky  $2b_w = 1\,950 \text{ mm}$  s ost ním St elenského tunelu pro systém trakce 25kV/50Hz doporu ujeme s ohledem na pr jezdný pr ez **Z - G D** uvařovat tyto minimální hodnoty: vý-ku troleje  $V_{tr} = 5\,100 \text{ mm}$ ,  $c_v = 110 \text{ mm}$  a  $i_K = 150 \text{ mm}$ .

Lze tedy prohlásit, fle hnací fležni ní vozidla se -í kou hlavy pantografového sb ra e proudu  $2b_w = 1\,950 \text{ mm}$ , která jsou homologována Dráfním ú adem R a bez výjimky spl ují z hlediska rozm r pofladavky vyhlá-ky UIC 505-1 nebo normy SN 28 0312 budou moci projífd t ve St elenském tunelu provozní rychlostí  $V = 100 \text{ km/h}$ .

V Praze dne 11. 2. 2019

doc. Ing. Josef Kolář, CSc.



## Znalecká zpráva

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel, **Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze**, Technická 4, Praha 6, vypracoval toto odborné vyjádření jako ústav kvalifikovaný pro znaleckou činnost v oboru Dopravní technika - Kolejová vozidla, zapsaný ve druhém oddílu seznamu Ministerstva spravedlnosti na základě rozhodnutí ministra č. M 1009/2002.

Odborné vyjádření připravil doc. Ing. Josef Kolář, CSc. z Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel (U 12 120), který je také pověřen, aby v případě potřeby osobně potvrdil správnost odborného vyjádření a podal případná vysvětlení.

.....  
Doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.  
vedoucí Ú12 120, Fakulty strojní, ČVUT v Praze

V Praze dne 11. 2. 2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
12120 - Ústav automobilů, spalovacích motorů  
a kolejových vozidel  
166 07 Praha 6, Technická 4