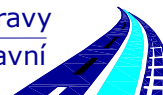




EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Doprava

Ministerstvo dopravy
Státní fond dopravní
infrastruktury



Jiná ověření:

Paré:

Orientační schéma:




Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

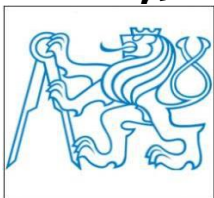
Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
001	29.1.2023	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Jiří Pelc

Stavebník/Investor:	Správa železnic, státní organizace		SPRÁVA ŽELEZNIC
Adresa:	Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1		
Zástupce investora:	Stavební správa východ		
Adresa:	Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc		

Zhotovitel díla:	SUDOP Brno, spol. s r.o.	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno	
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Zhotovitel objektu:	SUDOP Brno, spol. s r.o.	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno	
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Hlavní projektant (HIP):	Ing. Jiří Pelc	Specialista: Doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.

Název stavby/akce:	Státní hranice Slovenská republika (Střelná) – Vsetín (mimo) – konverze	Označení investora: S621800296
		Označení zhotovitele: 21097-01-0922
Název části:	Odborné stanovisko k horizontální výchylce sběrače proudu při jízdě vlaku rychlostí 100 km/h a výšce trolejového drátu 510 cm nad TK ve Střelenském tunel	Označení části: B.11
Název objektu/díle části:		Označení objektu/komplexu:
Název přílohy:		Číslo přílohy:
Název díle části přílohy:		
Odpovědný projektant:	Zpracovatel přílohy: Doc. Ing. Josef Kolář	Měřítko: Formáty:
Doc. Ing. Josef Kolář		
Kraj:	Katastrální území: viz část A. dokumentace	TUDU: viz část A. dokumentace
Zlínský		
		29.01.2023

Označení investora:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podobek:	Příloha:	Revize:
S 6 2 1 8 0 0 2 9 6	- D U R X	- B 1 1 X X	- X X X X X X X X X X	- X X	- X - X X X X	- 0 0 1



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
sběrače proudu 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

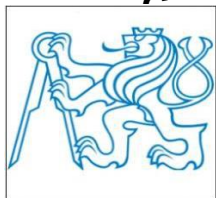
Technická 4

166 07 Praha 6

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

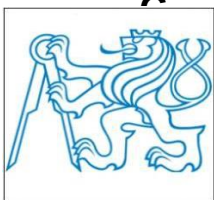
Odborné vyjádření zpracoval: doc. Ing. Josef KOLÁŘ, CSc.

2022



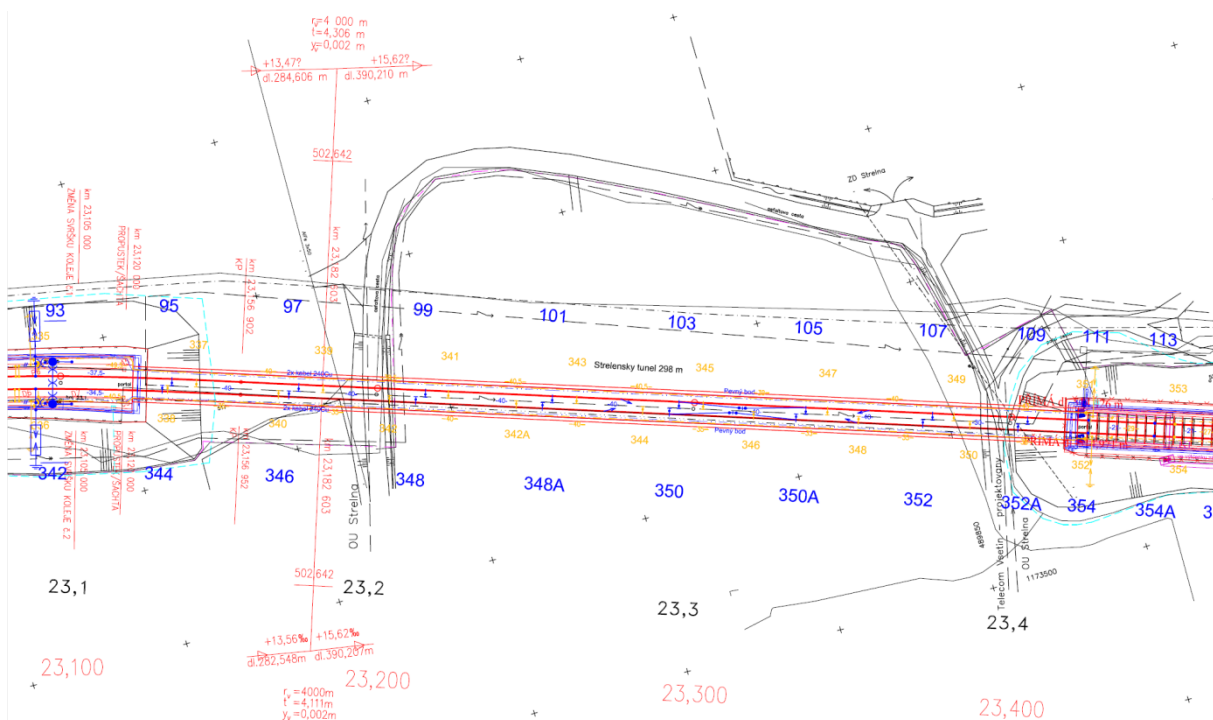
Obsah

1	Úvod.....	3
2	Vzájemná vazba vozidlo – trať, trolej.....	12
2.1	Průjezdny průřez.....	12
2.2	Obrys pro konstrukci vozidla	15
2.2.1	Dílčí závěr zpracovatele	20
2.3	Výpočet obrysu pro konstrukci sběrače podle ČSN 28 0312.....	22
2.3.1	Ilustrativní příklad výpočtu zúžení kinematického obrysu pro sběrač podle normy UIC 505-1.	24
	Závěr.....	27

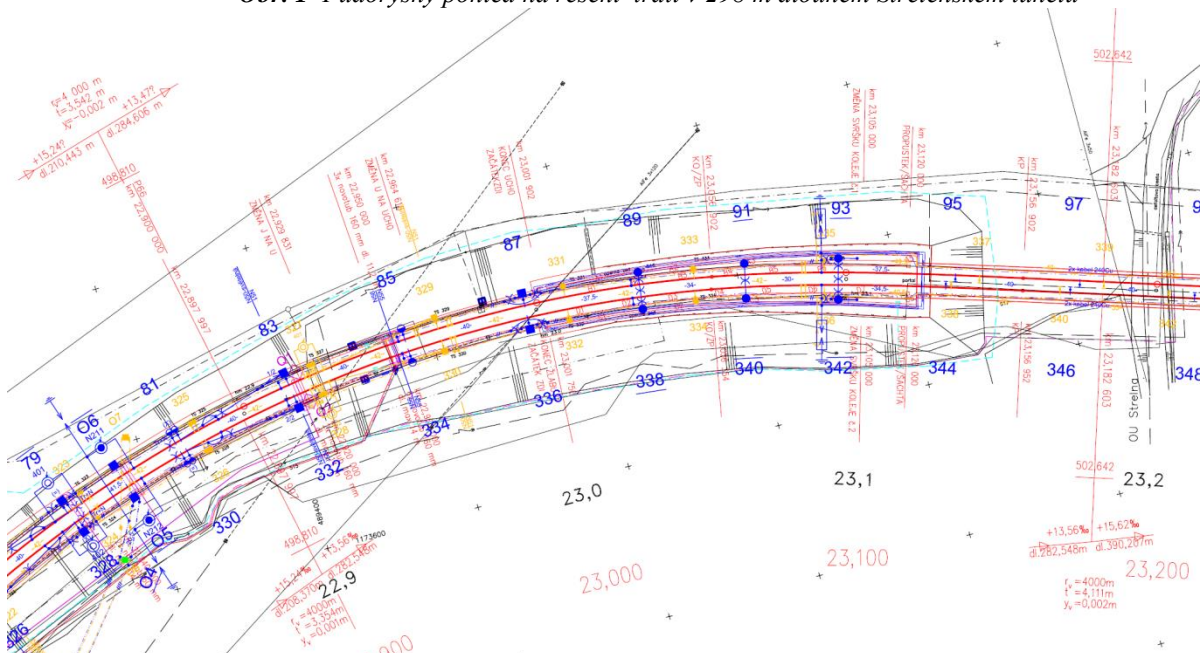


1 Úvod

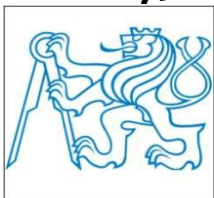
V rámci přechodu ČR na střídavou trakční soustavu 25kV/50Hz SUDOP BRNO spol. s r.o., řeší otázku prostorové průchodnosti ve Střelenském tunelu, viz obrázek Obr. 1, který je v současnosti elektrizován stejnosměrnou trakční soustavou 3kV.



Obr. 1 Půdorysný pohled na řešení trati v 298 m dlouhém Střelenském tunelu



Obr. 2 Půdorysný pohled na řešení trati před vjezdem do Střelenského 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 šterkovém loži, v tunelu položena pevná jízdní dráha.

Zpracovateli odborného posouzení, tj. Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS ČVUT byly vedle situačního půdorysného pohledu, viz obrázky Obr. 1 a Obr. 2 na ukázkou poslány vybrané typové příčné řezy navržené situace ve Střelenském tunelu, viz obrázky Obr. 3 až Obr. 5. Ve dvoukolejném tunelu je položen cca 298 m přímý úsek normálně rozchodné trati.

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

Příčné řezy P73 mají od počátku přechodnice vzdálenost $x_1 = 77 \text{ m}$. Z příčných průřezů patrné, že vnější kolej má v tomto místě stavební převýšení $p = 28 \text{ mm}$. Zavedeme-li si vzdálenost od konce přechodnice, tj. od počátku přímé trati 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 Střelenského tunelu ve vzdálenosti $x_1 = 77 \text{ m}$ od počátku přechodnice při jízdě maximální rychlostí $V = 100 \text{ km/h}$ na vozidlo působí nevyrovnané kvazistatické příčné zrychlení

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

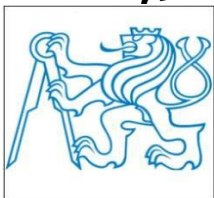
Okamžitý poloměr vnitřní koleje lze vyjádřit vztahem

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

V tomto místě vjezdu do Střelenského tunelu ve vzdálenosti $x_1 = 77 \text{ m}$ od počátku přechodnice při jízdě maximální rychlostí $V = 100 \text{ km/h}$ působí na vozidlo nevyrovnané kvazistatické příčné 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 příčném zrychlení nelze předpokládat vyčerpání jednostranných příčných vůlí vozidla $(q + w_\infty)$ hnacího vozidla. Jejich součet v přímé trati, zpravidla nepřesahuje 65 mm, tj. $(q + w_\infty) \leq (5+60) = 65 \text{ mm}$.

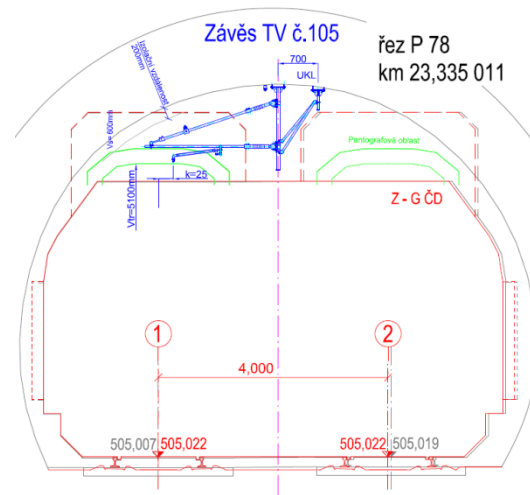
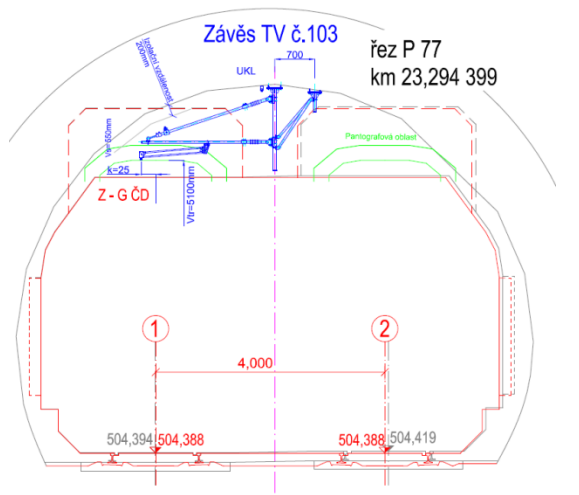
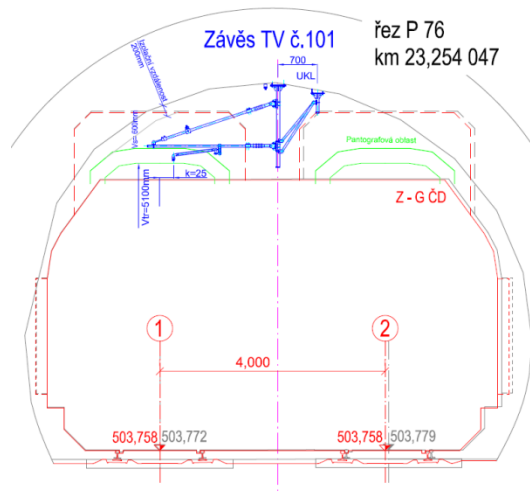
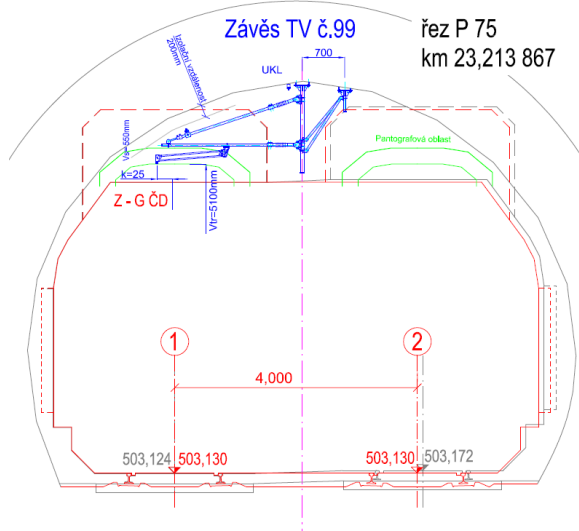
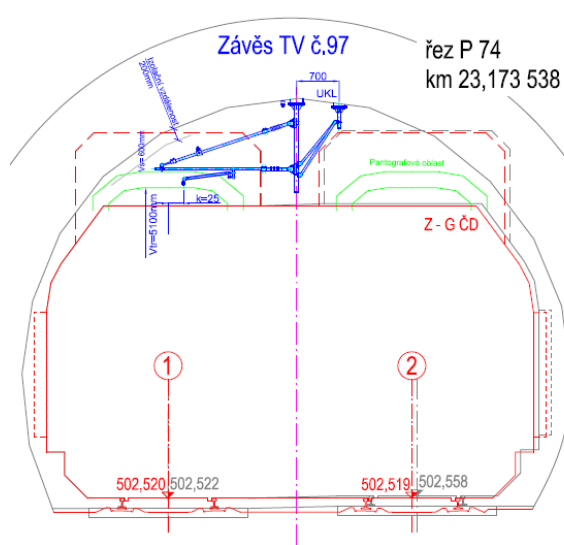
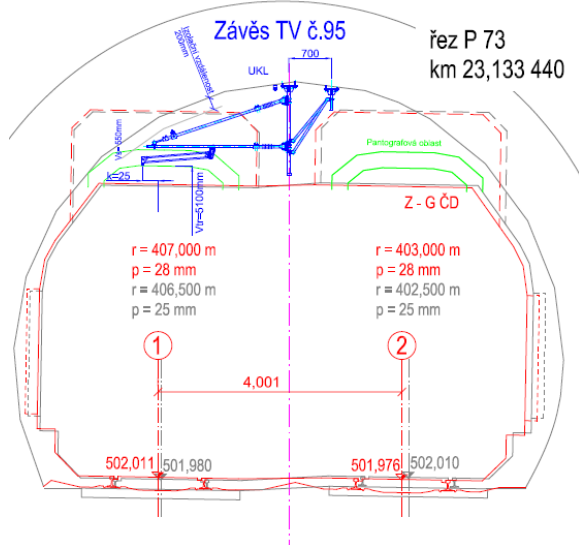


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

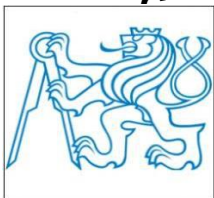
FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Obr. 3 Půdorysný pohled na řešení trati v 298 m dlouhém Střelenském tunelu – trolej č.1, řezy P73 až P78

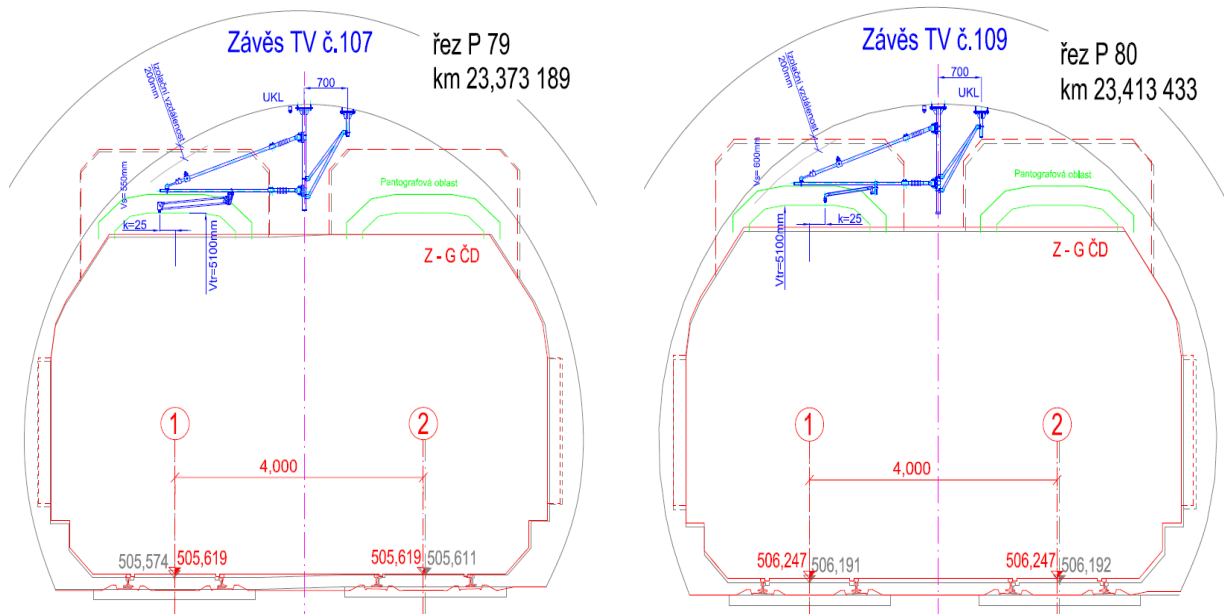


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

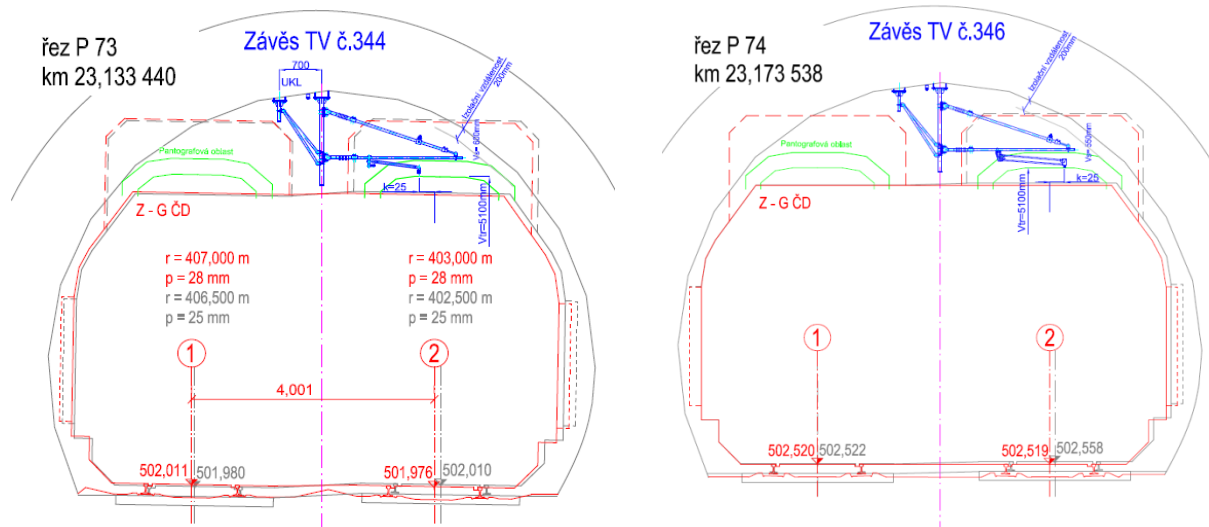
U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



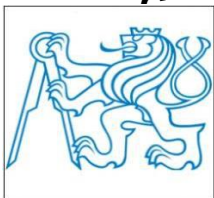
Obr. 4 Půdorysný pohled na řešení trati v 298 m dlouhém Střelenském tunelu – trolej č.1, řezy P79 až P80

Z uvedených obrázků dílčích průřezů dvoukolejné trati je patrné, že technologie stavby nepřekračují parametry průjezdného průřezu Z – G ČD pro dvoukolejnou trať a projektovaná výška upevnění troleje č.1 nad první kolejí zajišťuje výškovou polohu 5100 mm nad TK. Obdobná situace platí pro trolej č.2 umístěnou nad druhou kolejí, viz následující obrázky Obr. 5 a Obr.6 .

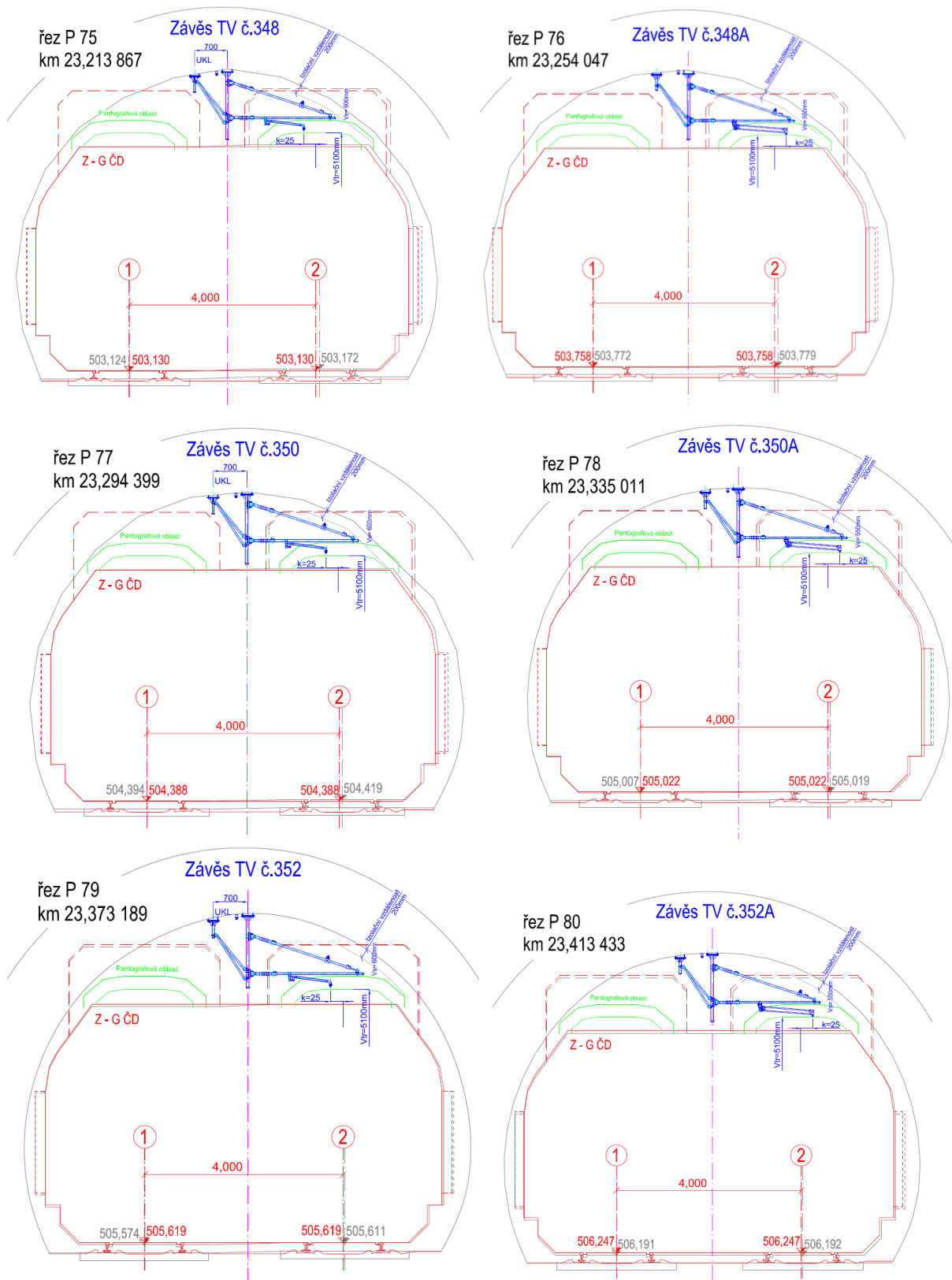
Z obrázků je patrné, že minimální přípustná výška troleje $h_{Trmin} = 5\,100\text{ mm}$, která je instalovaná ve Střelenském tunelu, se nachází 100 mm nad nejnižší dovolenou provozní výškou trolejového sběrače, uvedeného v normě ČSN 28 0312 – Obrisy pro kolejová vozidla s rozchodem 1435 mm – Technické předpisy.



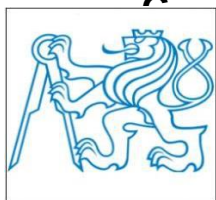
Obr. 5 Půdorysný pohled na řešení trati v 298 m dlouhém Střelenském tunelu – trolej č.2, řezy P73 a P74



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
 Technická 4, 166 07 Praha 6
 U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Obr. 6 Půdorysný pohled na řešení trati v 298 m dlouhém Střelenském tunelu – trolej č.2, řezy P75 až P80



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Zpracovatel odborného posouzení k výtce SŽ k dokumentaci, cituji z e-mailu ing. Jiřího Pelce ze dne 17. května 2022:

„V příloze A Odborné stanovisko ČVUT je pro průjezdné průřezy uváděna již **od roku 1997 neplatná norma ČSN 28 0312**. Průjezdný průřez I-SM/ČSD se tak již nadále neposuzuje. Je nutné postupovat podle platné legislativy, která pro průjezdné průřezy vychází z ČSN 73 6320 Prostorová průchodnost na dráze celostátní, drahách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky platné od 2/2019. V této normě jsou rovněž stanoveny požadavky pro nástavec průjezdného průřezu pro elektrizované tratě a řešení pro stísněné poměry. Pokud nelze zavést standardní průjezdný průřez Z-GC zavedený na trati, lze v tunelu zavést omezení na průjezdné průřezy Z-G2 nebo Z-GCZ3. Dále je nutné vycházet ze stávajícího zavedeného průjezdného průřezu v tunelu. V zápisu z jednání ze dne 24. 4. 2019 je uvedeno, že v tunelu je omezení na průřez Z-GCZ3. Ale ve všech příčných řezech v dokumentaci jsou znázorněny průjezdné průřezy odpovídající průjezdnému průřezu Z-G2, který nahradil dříve zavedený profil Z-GCD. **Metodiku posouzení průjezdného průřezu je tedy nutné vztáhnout pro platný průjezdný průřez Z-G2 dle z ČSN 73 6320 a nástavec průjezdného průřezu sběrače podle čl. 4.2.6 a obr. 1 uvedené normy.**“ si dovoluje konstatovat, že rekonstrukce tunelu byla vyprojektovaná společností SUDOP Brno v prosinci 2009, viz níže uvedené razítko Fig. 1. To jest v době, kdy ČSN 73 6320 z února 2019 ještě platná a platila norma ČSN 73 6320 z června 1997.



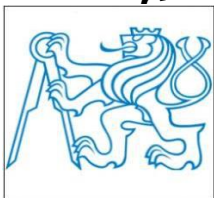
OBJEDNAVATEL:	 Správa železniční dopravní cesty, státní organizace v zastoupení: SZDC, s.o., Stavební správa Olomouc, Nerudova 1, 772 58	tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz
PROFESNÍ SKUPINA:	23 TRAKČNÍ VEDENÍ	VEDOUcí PROF. SKUPINY Ing. Jiří Molák
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Monika Chrenková MCO a.s. 	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Ing. Jiří Pelc 	NAVŘHL, VYPRACOVAL Ing. Jiří Pelc 
KRAJ: Zlínský		KONTROLOVAL Ing. Jiří Molák 
POVĚŘENÝ OÚ: Horní Lideč		STUPEŇ: Projekt
Rekonstrukce Střelenského tunelu, vč. kol.č.1 a 2 v km 22,480 - 23,610 a kol. č.1 v km 21,110 - 27,261 trati Horní Lideč - st.hr. SR		ZAK. ČÍSLO 1937-01-1209
SO 01-01-01 TRAKČNÍ VEDENÍ		ARCH. ČÍSLO 2009230023
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY		MĚŘITKO 1:50
		POČET FORMÁTŮ 17x44
		DATUM: 12/2009
		ČÁST DOKUM. E.3.1
		PŘÍLOHA 17

Fig. 1 Rohové razítko výkresu

Zpracovatel odborného posouzení pracoval pouze s pdf. soubory, které obdržel od projektanta, tj. od společnosti SUDOP Brno a které odpovídaly dokumentaci předané SŽDC, s.o. v prosinci 2019.

Zpracovatel odborného posouzení, tj. znalec U 12 120 FS ČVUT, nemá k dispozici originální „živou“ dokumentaci a nemůže překreslit příčné řezy profilu Z-GCD uvedené v obrázcích Obr. 4 až Obr. 6 na řezy Z-G2 respektive Z-GCZ3. Zakreslení profilu Z-GCZ3 by vyžadovalo kompletní přepracování projektové dokumentace, které by bylo nutné objednat u SUDOPU.

Zpracovatel odborného posouzení, objednaného dle smlouvy dne 21. ledna 2019, se měl vyjádřit, cituji: „**Vypracování odborného stanoviska horizontální výchylky sběrače proudu při jízdě vlaku rychlosti 100 km/h a výšce trolejového drátu 510 cm nad TK ve Střelenském tunelu.**“ Zpracovatel odborného posouzení neměl za úkol posoudit metodiku průjezdného průřezu pro průjezdný průřez Z-GCZ3.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

V platné normě ČSN 73 6320 z února 2019 je v článku 4.2.2 **Rozšíření základního průjezdného průřezu v závislosti na poloměru oblouku** uvedeno, cituji: „V obloucích o poloměrech menších než 250 m se šířka základního průjezdného průřezu včetně spodní části průjezdných průřezů (od výšky 30 mm nad spojnici TK) rozšiřuje podle následující tabulky 1:

Tabulka 1 – Zvětšení poloviční šířky základních průjezdných průřezů včetně postranních volných prostorů průjezdných průřezů a části nástavce průjezdného průřezu pro elektrizované tratě vymezené pro sběrač proudů.

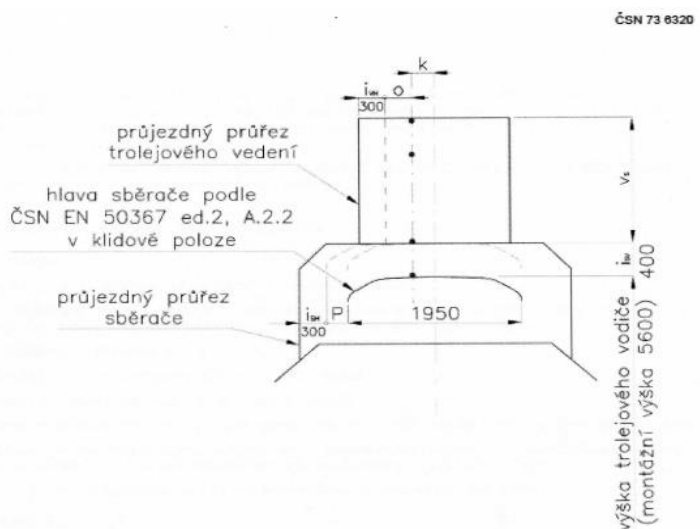
Poloměr oblouku	Zvětšení poloviční šířky		
	průjezdného průřezu – postranních volných prostorů		v části nástavce průjezd. průřezu na elektriz. tratích vymezené pro sběrač
	na vnitřní straně oblouku	na vnější straně oblouku	
[m]	[mm]	[mm]	obě strany
$150 \leq R < 250$	$\frac{50\,000}{R} - 185$	$\frac{60\,000}{R} - 225$	$\frac{2\,500}{R}$

V článku 4.2.6 **Nástavec průjezdného průřezu pro elektrifikované tratě** je uvedeno, cituji: Průjezdné průřezy pro elektrifikovanou trať jsou v horní části doplněny o průjezdný průřez sběrače, jež definuje maximální přiblížení staveb a pevných zařízení (mimo pevná trakční vedení) k projíždějícímu sběrači a o průjezdný průřez trolejového vedení, jež definuje přiblížení staveb a pevných zařízení (mimo pevná trakční vedení) k vodičům trolejového vedení. Oba průřezy již zahrnují vzdušné izolační vzdálenosti a společně tvoří tzv. nástavec průjezdného průřezu pro elektrifikované tratě. Základní průřezy sběrače a trolejového vedení jsou uvedeny na obrázcích B1, B2, B3 a B4.

Ve stísněných poměrech se výška průjezdného průřezu sběrače a trolejového vedení stanoví podle obrázku 1.

Zpracovatel odborného posouzení si dovoluje upozornit, že před vjezdem do tunelu je stavebně převýšený oblouk o směrovém poloměru pro první kolej $R_{01} = 407\text{ m}$ a pro druhou kolej $R_{02} = 403\text{ m}$.

To znamená, že nejde o stísněné poměry (směrový oblouk $R < 250\text{ m}$) a v souladu z výše uvedenou citací není v těchto poloměrech směrového oblouku provedeno rozšíření šířky průjezdného průřezu pro sběrač a šířka je totožná s hodnotou šířky průjezdného průřezu pro sběrač v přímé části koleje, tj. $2 \times 1520 = 3\,040\text{ mm}$. V tunelu je přímá kolej v pevné jízdni dráze, a tedy šířka průjezdného průřezu pro sběrač je $3\,040\text{ mm}$.

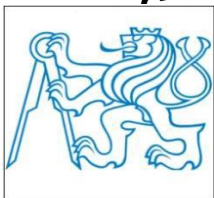


Legenda:

- P šířková přírážka pro sběrač podle článku 5.2:
 $p = Qe + T1 + T2, g + Te, d + T3, e + T4 + T5$ pro vnější stranu oblouku;
 $p = Qi + T1 + T2, g + T2, d + T3, i + T4 + T5$ pro vnitřní stranu oblouku a přímou
- i_{sh} horizontální izolační vzdálenost pro sběrač včetně montážních tolerancí a příčné poddajnosti sběrače, $i_{sh} = 300\text{ mm}$
- i_{sv} vertikální izolační vzdálenost pro sběrač včetně zdvihu, $i_{sv} = 400\text{ mm}$
- vs výška sestavy trolejového vedení v posuzovaném místě stanovená podle průběhu sestavy TV nebo podle ČSN 73 6201:2008, tabulky 5.1
- k klikatost trolejového vedení v posuzovaném místě
- i_{th} horizontální izolační vzdálenost pro trolejové vedení včetně montážních tolerancí, $i_{th} = 300\text{ mm}$
- o odvanutí trolejového vedení v posuzovaném místě

Obrázek 1 – Nástavec pro elektrizované tratě včetně průjezdného průřezu trolejového vedení

POZNÁMKA Při výpočtu odvanutí trolejového vedení lze postupovat jako při výpočtu průhybu napjatého vodiče zatíženého v kolmém směru, přičemž výpočet spojitěho zatížení od větru udává ČSN EN 50119 ed. 2:2010, 6.2.4.2 a 6.2.4.3.



Šířkové přírážky není nutné počítat, neboť se v těchto úsecích pracuje se šířkami základního průjezdného průřezu Z, který je totožný z referenčním průřezem Z-GCZ3.

Na základě výše uvedené výtky, viz výše uvedená citace z e-mailu Ing. Pelce, zpracovatel v tomto revidovaném odborném posouzení provedl porovnání průjezdných průřezů a konstatuje, že šířka citovaného průjezdného průřezu Z-GCZ3 pro sběrač (pantograf) v přímé a ve směrovém oblouku o poloměru $R > 250$ m je shodná se šířkou průjezdného průřezu pro sběrač dle původního průřezu 1-SME/ČSD pro směrový oblouk $R > 4000$ m, viz obrázek Fig. 2. Ponížená je pouze výška tohoto prostoru z 6500 mm na 6000 mm.

To pro výslednou situaci ve Střelenském tunelu nemá žádný vliv, neboť zde je navržena trolej v pracovní výšce 5100 mm a minimální poloha horní linie průjezdného průřezu pro sběrač musí být v souladu s obrázkem 1 dle ČSN 73 6320 ve výšce 5500 mm, aby zůstala zachována kóta $i_w = 400$ mm.

Směrové oblouky obou kolejí mají poloměry větší než 250 m, to prakticky znamená, že šířka prostoru pro sběrač v těchto směrových obloucích o poloměru $R > 250$ m je totožná se šířkou používanou dle starší normy pro situaci na přímé trati.

V obloucích o poloměru $R > 250$ m tedy není v souladu s platnou normou ČSN 73 6320 (z února 2019) článkem 4.2.2 provedeno rozšíření průjezdného prostoru pro sběrač.

V tunelu je navržena pracovní výška troleje 5100 mm, tj. trolej se nachází v prostoru PP sběrače průřez Z-GCZ3 a v prostoru trolejového vedení dle ČSN EN 50 119 ed.2. .

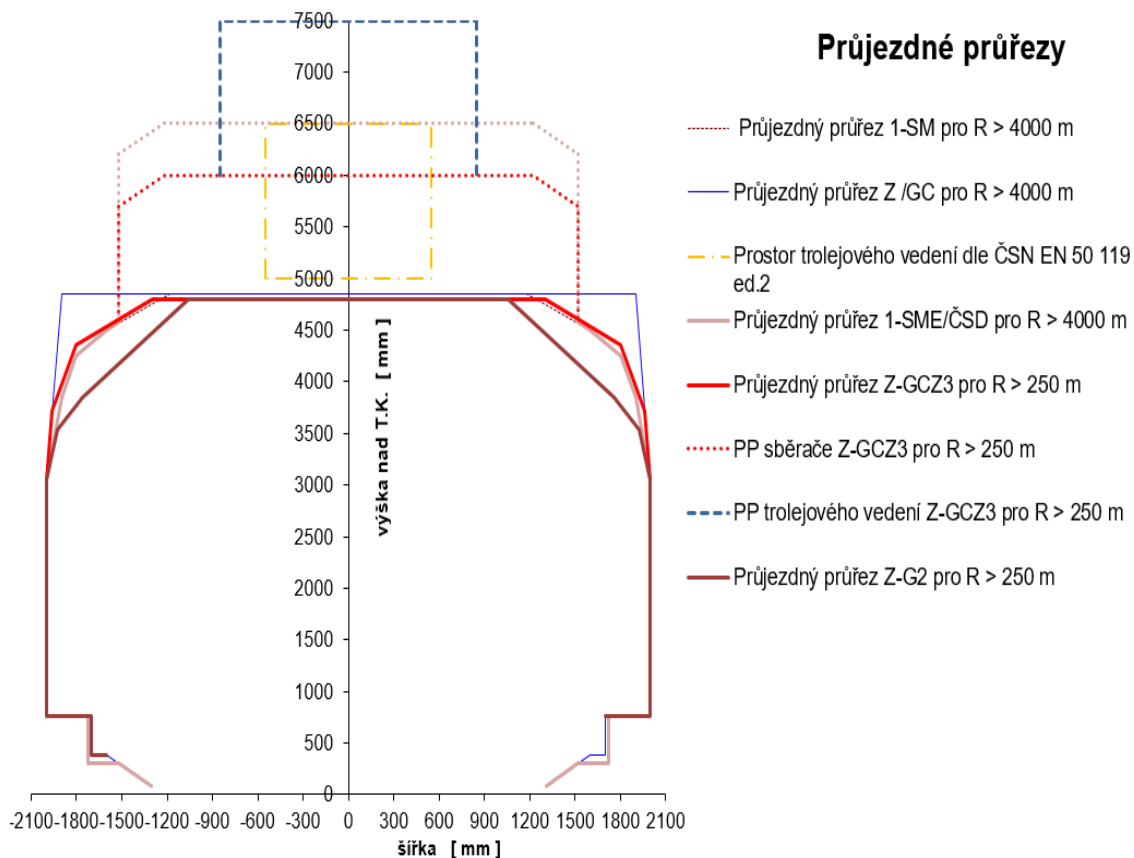
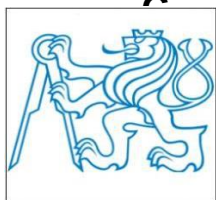


Fig. 2 Porovnání vztahných linií průjezdných průřezů



Z obrázku Fig. 2 je patrné, že průřezný průřez Z-GCZ3 ve své horní linii (červená plná čára) ve směrových obloucích o poloměru $R > 250$ m nevyčerpává průřezný prostor definovaný dle původního průřezného průřezu 1-SME/ČSD pro směrový oblouk $R > 4000$ m (hnědá plná čára). To znamená, že mezi horní linií průřezného průřezu Z-GCZ3 a vztaznou linií vztazného kinematického obrysu je větší bezpečnostní prostor.

Z obrázku Fig. 2 je dále patrné, že průřezný průřez Z-GCZ3 ve své horní linii (červená plná čára) ve směrových obloucích o poloměru $R > 250$ m nevyčerpává průřezný prostor definovaný podle zakresleného průřezu Z-G2 pro směrový oblouk $R > 250$ m (tmavěhnědá plná čára). To znamená, že mezi horní linií průřezného průřezu Z-GCZ3 a vztaznou linií vztazného kinematického obrysu zůstává větší bezpečnostní prostor, viz obrázek Fig. 3.

Zakreslení profilu **Z-GCZ3** do příčných řezů na obrázcích Obr. 3 až Obr. 6 by vyžadovalo kompletní přepracování projektové dokumentace, které by bylo nutné objednat u SUDOPU, nikoliv u zpracovatele odborného posouzení.

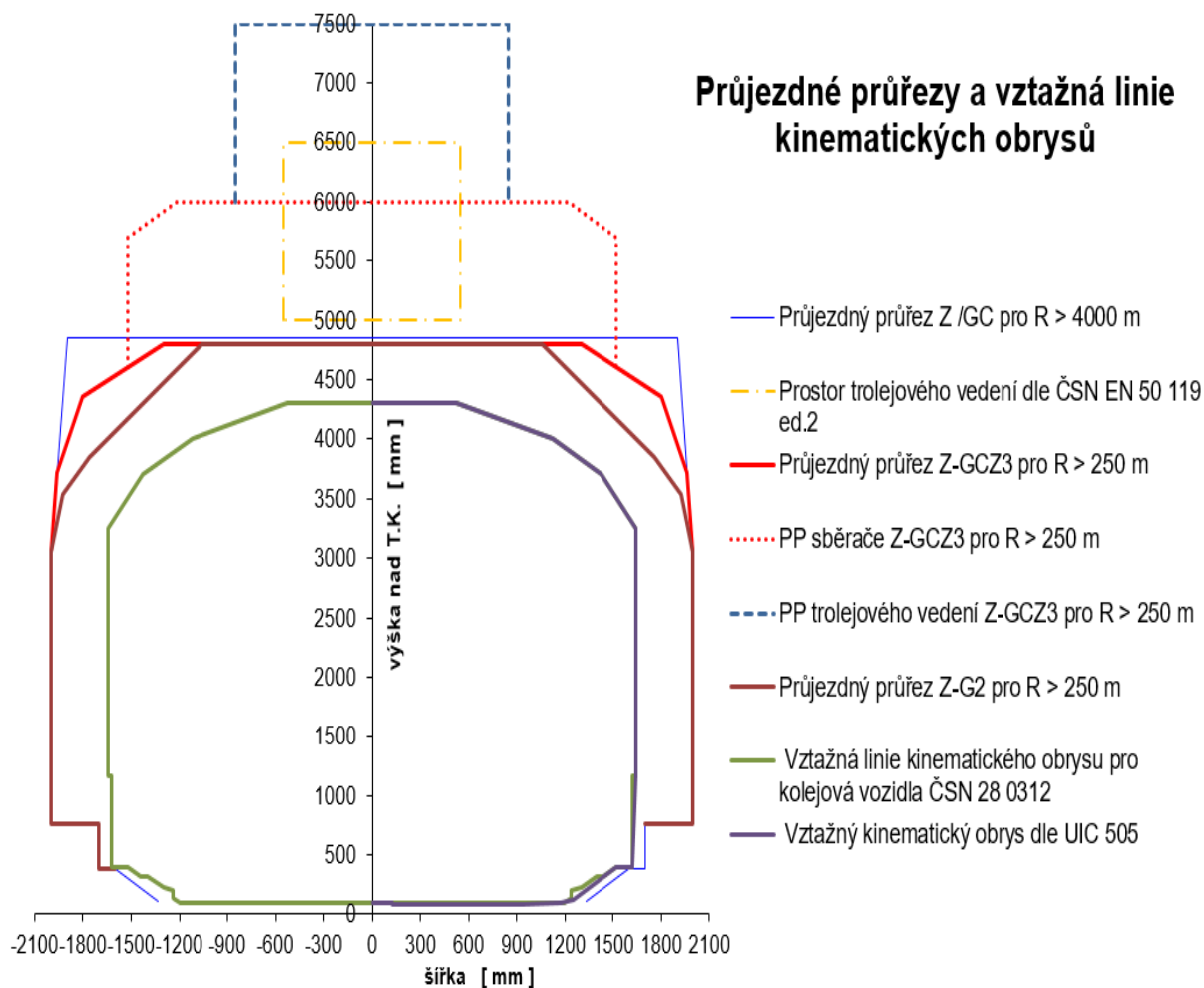
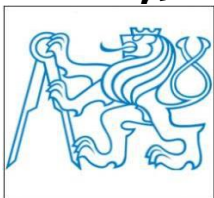


Fig. 3 Porovnání vztazných linií průřezných průřezů Z-G2 a ZGCZ3 a vztazné linie kinematických obrysů



2 Vzájemná vazba vozidlo – trať, trolej

Z normativních podkladů vyplývá, že důsledky vzájemné vazby vozidla na kolej, respektive trať a její strukturu musí být plně respektovány při návrhu rozměrů kolejového vozidla. Jeho příčné průřezy musí být rozměrově omezeny tak, aby byla vyloučena kolize některé jeho části s pevnými částmi stavby a její technologickou infrastrukturou nebo míjejících se vozidel navzájem. Omezujícími vlivy rozměrů vozidla jsou především svislé a příčné pohyby, vyplývající z použitého způsobu vypružení kolejového vozidla, dále otázky tolerancí geometrické změny polohy koleje a infrastruktury stavby. Obecně lze konstatovat, že otázka zajištění bezpečného průjezdu vozidla daným traťovým úsekem je společným úkolem výrobce vozidla a provozovatele vozidla.

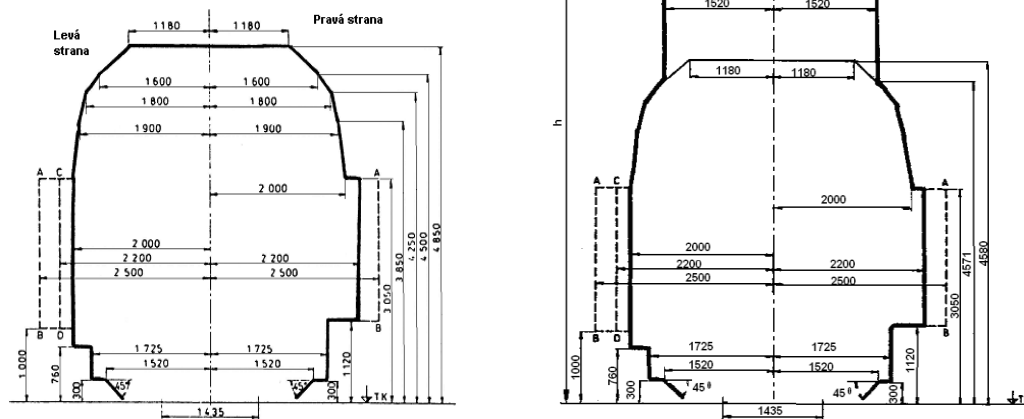
Výrobce vozidla musí zajistit, aby konstrukčním řešením vozidla byly za provozu vozidla důsledně dodrženy požadované provozní a technické parametry vozidla, tj. například podmínky definované ČSN 28 0312 a vyhláškou UIC 505-1.

Provozovatel kolejového vozidla musí zajistit, že okamžitý technický stav provozovaného vozidla odpovídá technickým a legislativním parametrům uvedených výrobcem v technických podmínkách vozidla.

Správce dopravní cesty musí zajistit, aby stavba a její infrastruktura nepřekročila linii průjezdného průřezu. Tvar a rozměry průjezdného průřezu železničních tratí udávají příslušné normy.

2.1 Průjezdný průřez

Je obrys obrazce v rovině kolmé k ose koleje, svislá osa průřezu je kolmá k rovině temene koleje a prochází střednicí koleje. Šířkové rozměry průjezdného průřezu se měří rovnoběžně se spojnici temen kolejnic a výškové rozměry se měří kolmo na rovinu temene koleje, viz obr. 7. Průjezdný průřez vymezuje vzdálenosti vně ležících staveb, zařízení, předmětů a jiných kolejových vozidel na sousední koleji.



Obr. 7 Horní část průjezdných průřezů železniční trati pro přímou trať směrové oblouky $R_o > 4000$ m bez převýšení (levá část 1-SM/ČSD pravá část 1-SM_E/ČSD)

Pro železniční tratě neelektrifikované byl normou ČSN 28 0315 předepsán průjezdný průřez 1-SM/ČSD, pro elektrifikované tratě průřez 1- SM_E /ČSD, viz obrázek Obr. 7. Jeho základní tvar (průřez) je definován pro přímou trať a stavebně nepřevýšený směrový oblouk o poloměru $R_0 = 4\,000\text{ m}$. Ve směrových obloucích $R_0 < 4000\text{ m}$ se provádí jeho šířkové, případně i výškové rozšíření. Celková výška h průjezdného průřezu pro elektrifikované tratě závisí na poloze vodivých částí troleje, rozměrech staveb, druhu koleje a jejím provozním využití. Minimální hodnota výšky $h = 6\text{ m}$.

Levé strany obrázků průjezdných průřezů platí pro hlavní koleje na širé trati a pro staniční koleje, poježděné vlaky, určenými k přepravě cestujících. Právě strany průjezdných průřezů platí pro ostatní koleje v železničních stanicích. Čára C-D vymezuje hranici pro stavby a zařízení mezi kolejemi, čára A-B hranici pro stavby a zařízení na vnější straně koleje. Průjezdné průřezy jsou samostatně definovány pro horní a spodní část.

Při *novostavbách a modernizaci železničních tratí* se dnes používá průjezdný **průřez Z-GC**, který platí pro přímou kolej a pro kolej ve směrovém oblouku o poloměru $R_o \geq 250$ m, viz obrázek Obr. 8 a předchozí obrázky Fig. 2 a Fig.3. V porovnání s původními průjezdnými průřezy 1-SM/ČSD je patrné rozšíření obrysu v horní části, způsobené tím, že obrys je platný již pro směrové oblouky $R_o \geq 250$ m.

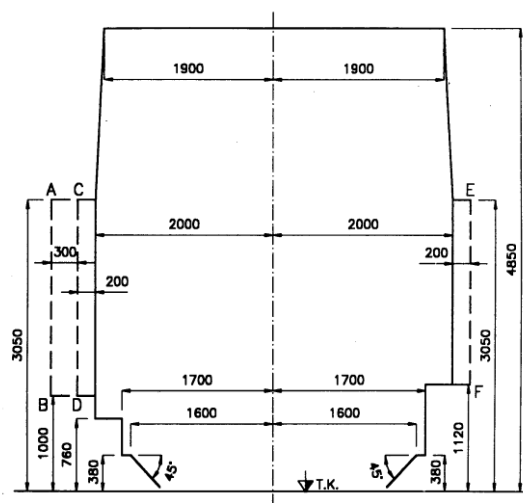
Z obrázku Obr. 8 vyplývá, že výška průjezdného průřezu Z – GC je shodná s výškou průřezu 1-SM/ČSD a činí 4 850 mm nad rovinou temene koleje.

V případě Střelenského tunelu jde o elektrifikovaný přímý úsek dvojkolejných tratí s osovou vzdáleností kolejí 4 m. V jednotlivých příčných průřezích, viz obrázky Obr. 3 až Obr. 6 jsou červenou čárkovanou čarou zobrazeny prostory pro pohyb pantografového sběrače vozidla. Podle normy ČSN 28 0312 je v České republice pro trakci 25kV/50Hz požadován pantografový sběrač o šířce hlavy 1950 mm typu 1 nebo typu 2, viz obrázek Obr. 9 ¹⁾

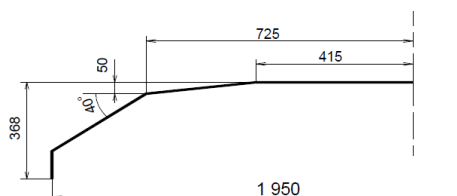
Podle normy ČSN 34 1530 je maximální výška troleje, tj. mimořádně zvýšená výška trolejového vodiče až 6,3 mm nad rovinou TK.

Naopak ve stísněných poměrech lze u průjezdného průřezu Z–GC umístit trolejový vodič do minimální snížené výšky 5,1 m (viz ČSN 34 1530, Tab.1, strana 9). **Z tohoto pohledu navržené řešení vedení troleje splňuje požadavky normy ČSN 34**

1530. V praktickém provedení je trolej vedena klikatě a pro normálně rozchodnou trať nesmí být klikatost větší jak ± 500 mm oproti ose projektované koleje.

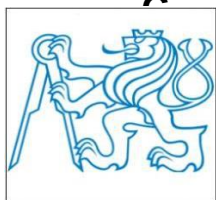


Obr. 8 Průjezdový průřez Z – GC

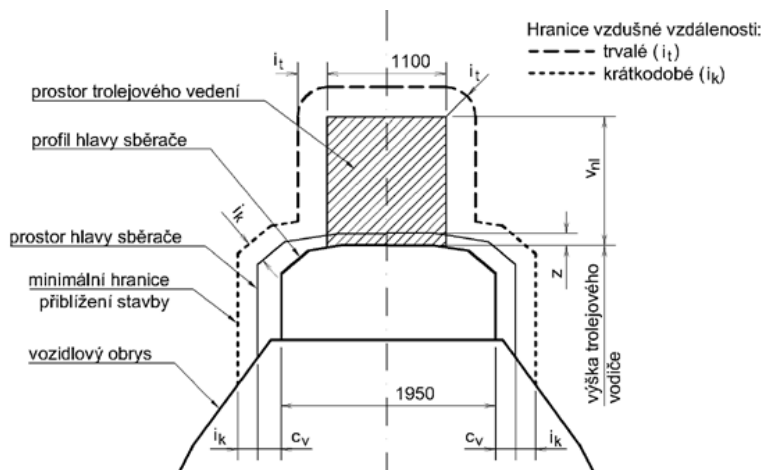


Obr. 9 Rozměry hlavy sběrače
profilu B5 - typ2

1) Pro všechny budoucí vysokorychlostní trať s trakční soustavou 25kv/50Hz je v normě ČSN 28 0312, Tab. 1 určena šířka smykadla sběrače $2b_w = 1\,600\text{ mm}$.



Mezi trolejí a stavbu musí být v závislosti na napětí v troleji dodržována minimální vzdušná vzdálenost. S ohledem na průřez troleje činí pro normálně rozchodnou trať šířka prostoru pro trolejové vedení 1100 mm, tj. ± 550 mm od osy koleje, viz obrázek Obr. 10 a žluté čerchované linie v obrázcích Fig.2 a Fig.3.



Legenda:

- c_v horizontální výchylka sběrače proudu při jízdě vozidla (maximálně 162 mm při největší pracovní výšce sběrače)
- i_k krátkodobá vzdušná vzdálenost podle ČSN EN 50 119 ed.2, tabulka 2 $\Rightarrow 150$ mm
- i_t trvalá vzdušná vzdálenost podle ČSN EN 50 119 ed.2, tabulka 2 $\Rightarrow 270$ mm
- v_{nl} vzdálenost nosného lana a trolejového vodiče (u závěsu rovna výšce sestavy)
- z zdvih trolejového vodiče při průjezdu sběrače podle ČSN EN 50 119 ed.2, článek 5.10.2.

Obr. 10 Minimální hranice přiblížení stavby

Střídací trakční soustava 25kV/50 Hz vyžaduje oproti stejnosměrné trakční soustavě 3kV větší dynamickou izolační vzdálenost.

Na příčných průřezích, viz předchozí obr. 3 až 6, je zakótována minimální poloha pantografu $h = 5,1$ m a dále je zde uvedena linie pantografové oblasti. Odečtením z výkresu lze odhadnout její výšku cca $h = 5,37$ m. Skříň hnacího vozidla se za jízdy příčně posouvá a dále naklápí kolem pólu náklonu vozidla. Pokud jeho polohu neznáme, můžeme dle ČSN EN 28 0312 uvažovat minimální hodnotu $h_c = 0,5$ m. Vlivem těchto dílčích pohybů dochází k vybočování pantografu z osy koleje v horizontální rovině.

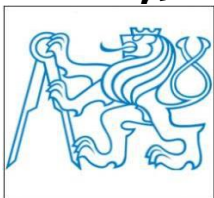
Norma ČSN EN 50119 ed. 2 připouští maximální horizontální výchylku pantografového sběrače c_v při největší pracovní poloze, tj. ve výšce $h = 6,5$ m nad rovinou TK maximálně $c_{vmax} = 162$ mm. Pro přepočítání maximální horizontální výchylky pantografického sběrače do pracovní výšky $h = 5,1$ m dostaneme

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

Pro přepočítání maximální horizontální výchylky pantografického sběrače do pracovní výšky $h = 5,37$ m dostaneme

$$C_{vmax(5,37m)} = (5,37 - h_c) / (6,5 - h_c) \cdot 162 = (5,37 - 0,5) / (6,5 - 0,5) \cdot 162 = 4,87 / 6 \cdot 162 = 132 \text{ mm.}$$

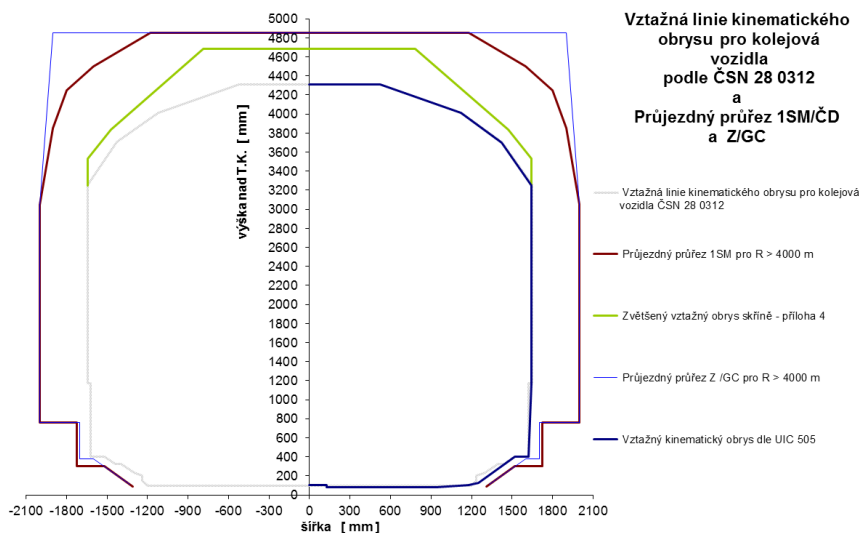
Podle vyjádření zástupce SUDOPU (ing. Jiřího Pelce) je v projektu „Rekonstrukce Střelenského tunelu“ při posuzování interakce sběrače s ostěním tunelu uvažována maximální horizontální výchylka sběrače proudu c_v , tj. hodnota $c_v = 162$ mm (dle ČSN 34 1530 ed.2).



2.2 Obrys pro konstrukci vozidla

Právě tak jako je definován průřezný průřez ve vztahu k trati a ostatním pevným stavbám, jsou rozměry hnacího kolejového vozidla v jeho příčném řezu omezeny obrysem pro konstrukci vozidla. Při projektování železničních kolejových vozidel se v současnosti používá metoda **smluvního výpočtu obrysu pro konstrukci**.

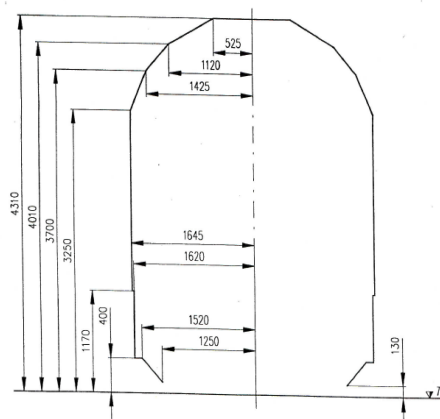
Tato metodika vychází z definice společné vztažné linie pro vozidlo a infrastrukturu, tj. z definice mezního průřezného průřezu ²⁾, který se nachází uvnitř bezpečnostního prostoru mezi obrysem pro kolejové vozidlo nezávislé trakce a průřezným průřezem trati, viz obrázek Obr. 11 a obrázek Fig. 3. Od této společné linie jsou smluvně stanoveny **linie průřezného průřezu** (platí pro infrastrukturu) a **linie vztažného obrysu** (statického nebo kinematického), ze které se smluvně definovaným postupem vypočítá jednostranné zúžení (E_a , E_i) omezení výšky v závislosti na vybraných parametrech vozidla a koleje.



Obr. 11 Porovnání průřezných průřezů a kinematických obrysů

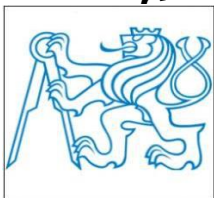
Vzhledem k tomu, že funkční předpis pro výpočet jednostranného zúžení (E_i , E_a) nepostihuje největší možné příčné pohyby a při výpočtu kinematického zúžení pracuje s přebytkem nebo nedostatkem převýšení $p_{ch} = 50 \text{ mm}$, tomu odpovídá nevyrovnané příčné zrychlení vozidla $a_y = \pm 0,327 \text{ m.s}^{-2}$, je mezi linií kinematického vztažného obrysu a průřezným průřezem ponechán jistý bezpečnostní prostor, patrný z obrázku Obr. 11. Z porovnání horních částí vztažného kinematického obrysu dle ČSN 28 0312 a dle UIC 505, viz obrázek Obr. 11, vyplývá, že tyto průběhy jsou totožné.

Rozměry horní části vztažné linie kinematického obrysu platné pro kolejová vozidla definuje obrázek Obr. 12.



Obr. 12 Vztažná linie horní části kinematického obrysu dle ČSN 28 0312

²⁾ Platná UIC 505 již mezní průřezný průřez nedefinuje a pracuje pouze s linií průřezného průřezu a s linií vztažného kinematického obrysu.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

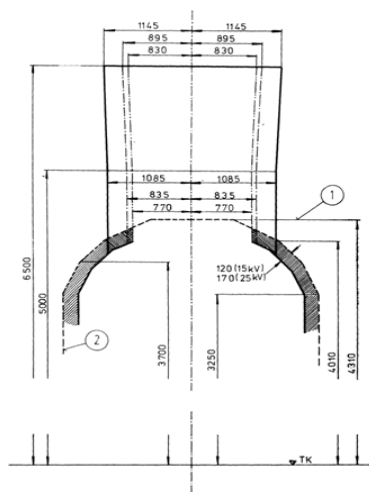
FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

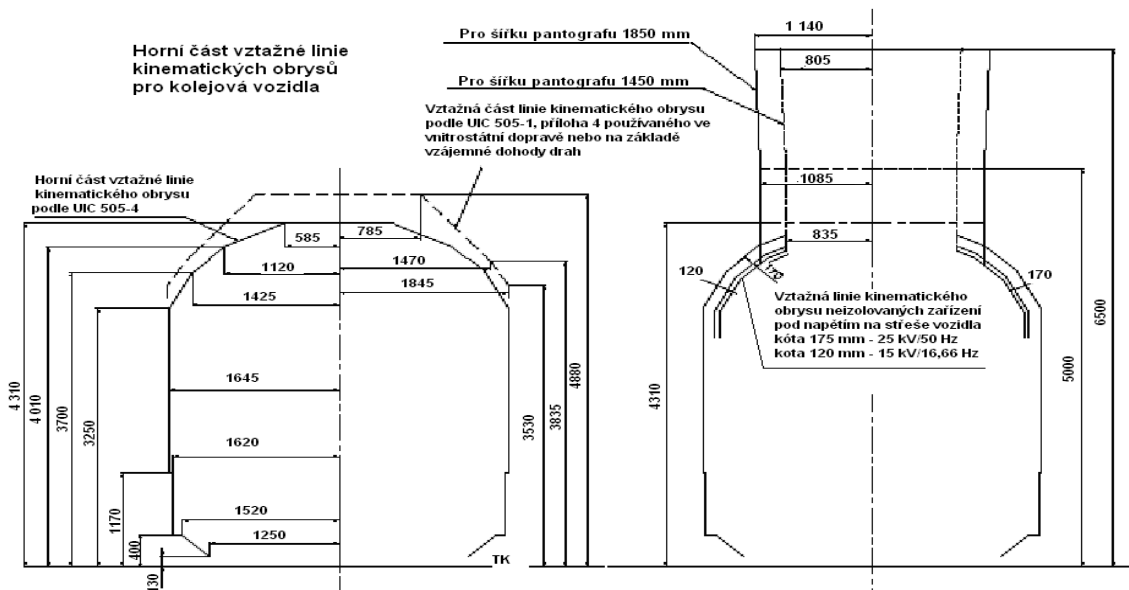
Tato linie je platná pro hnací kolejová vozidla nezávislé trakce, která nepoužívají pantografové sběrače proudů. Splňuje-li střecha jednopodlažního hnacího vozidla nezávislé trakce požadavky normy ČSN 28 0312 a vyhlášky UIC 505-1 nesmí při propružení vozidla překročit horní linii 4 310 mm. To znamená, že u jednopodlažního vozidla nezávislé trakce by při jízdě ve Střelenském tunelu měla být mezi trolejí a střechou vzdušná vzdálenost 790 mm. Pro patrové jednotky je možné využít linii zvětšeného vztažného obrysu skříně, viz obr. 11 zelená čára, jejíž maximální výška je 4 680 mm. To znamená, že pokud patrová jednotka nezávislé trakce splňuje požadavky normy ČSN 28 0312 a vyhlášky UIC 505-1 je při propružení vozidla při jízdě ve Střelenském tunelu mezi trolejí a střechou vzdušná vzdálenost 420 mm.

V modernizovaném Střelenském tunelu mají být provozována elektrická vozidla střídavé trakce 25kV/50Hz. Proto bude v následující části provedena analýza vazby průjezdného průřezu a obrysů pro vozidla elektrické střídavé trakce.

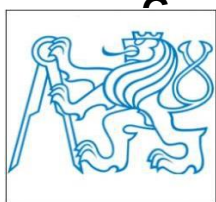


Legenda k obrázku z ČSN 28 0312:

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



Obr. 13 Porovnání vztažných linií kinematických- obrysů pantografového trolejového sběrače proudů a neizolovaných zařízení pod napětím na střechě vozidel, dle ČSN 280312 (horní obrázek) a dle UIC 505 (spodní obrázek)



Na základě uvedené výtky ze zápisu z jednání ze dne 24. 4. 2019, zpracovatel v tomto revidovaném odborném posouzení provedl porovnání průjezdných průřezů Z-G2 a Z-GCZ3 a kinematických obrysů, viz Fig. 4.

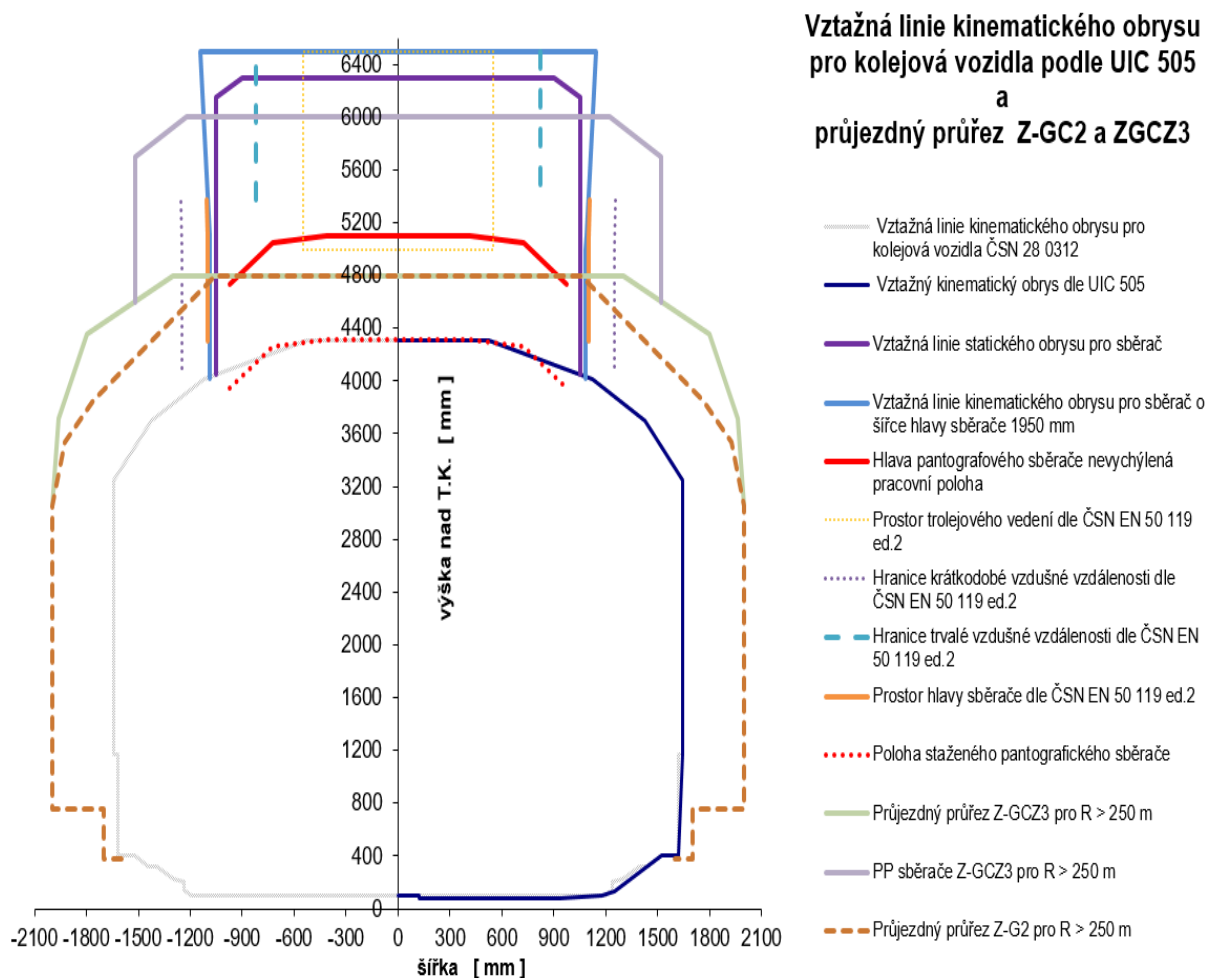
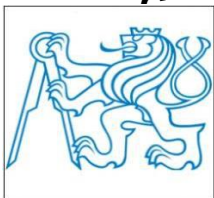


Fig. 4 Porovnání vztažných linií průjezdných průřezů Z-G2 a ZGCZ3 a vztažné linie kinematických obrysů

Porovnání požadavků vyplývajících pro pantografový sběrač z normy ČSN EN 50119 a z normy ČSN 28 0312 dokumentují obrázky Obr. 14 a Fig. 4. Detailnější zobrazení horní partie dokumentuje obrázek Obr. 15 a Fig.5.

Z porovnání vztažných linií průjezdných průřezů pro sběrač dle 1-SME/ČSD pro $R > 4000$ m a PP pro sběrač Z-GCZ3 pro $R > 250$ m, viz Fig. 2, vyplývá, že jsou šířkově shodné a tedy i bezpečnostní prostory mezi vztažnou linií statického obrysu pro sběrač a kinematického obrysu pro sběrač o šířce hlavy sběrače 1950 mm jsou stejné. Z pohledu řešení troleje ve Střeleckém tunelu nás zajímají prostory kolem výšky 5100 mm.

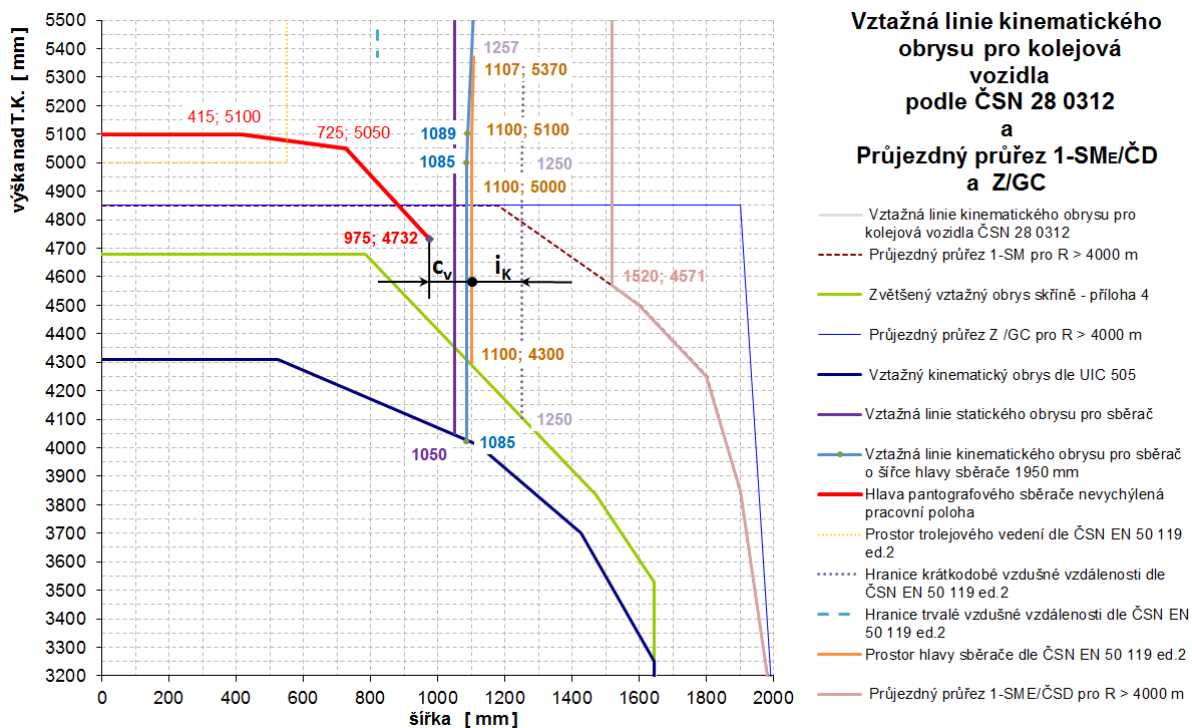
Z obrázků Obr. 14 a Obr. 15 je patrné, že vztažné linie statického i kinematického obrysu mají menší šířku, než linie pro prostor hlavy sběrače definovaný podle ČSN EN 50 119 ed. 2, který zaručuje, že od hlavy linie hlavy sběrače k linii hranice krátkodobé vzdušné vzdálenosti zůstává vzduchová mezera $i_K = 150$ mm.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6
U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Obr. 15 Detail z porovnání průřezných průřezů a kinematických obrysů platných pro vozidla elektrické trakce

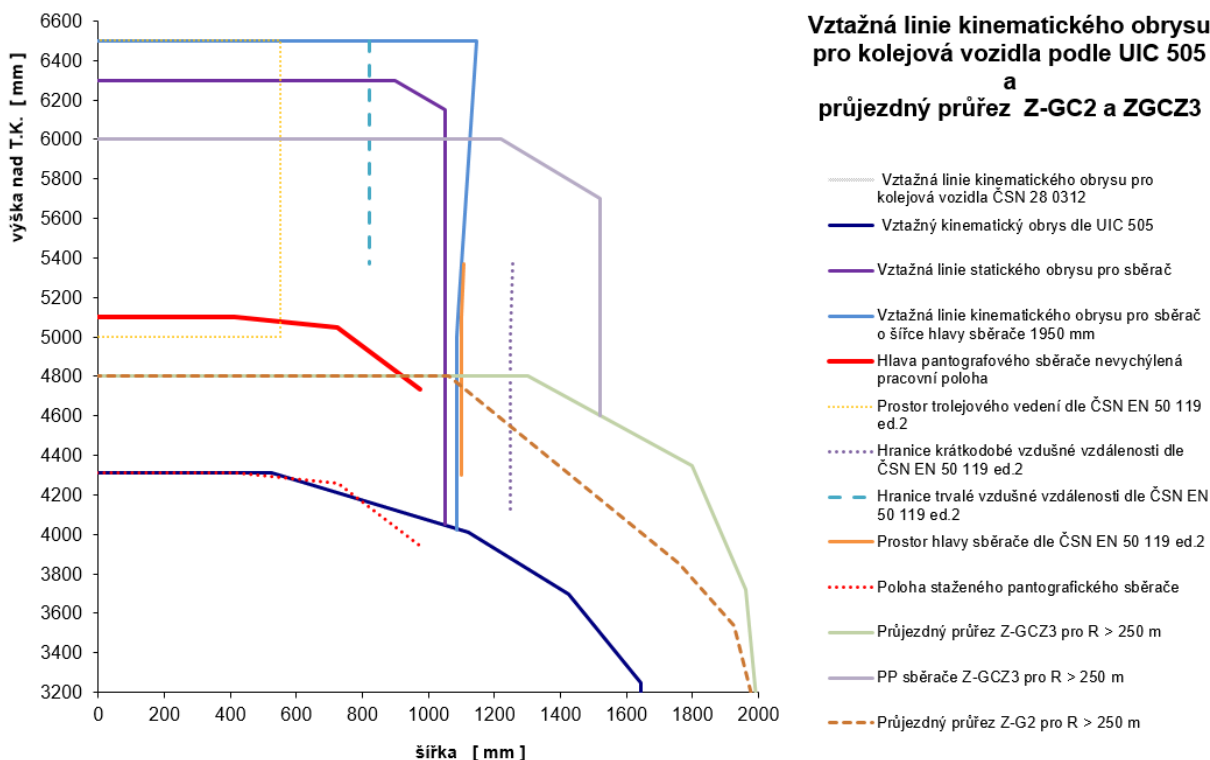
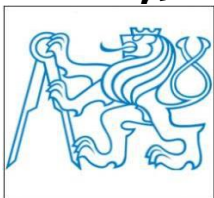


Fig. 5 Detail v porovnání vztažných linií průřezných průřezů Z-G2 a ZGCZ3 a vztažné linie kinematických obrysů elektrické trakce



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

Z obrázku Obr. 15 vyplývá, že ve výšce 5000 mm má spodní bod nevychýlené hlavy pantografického sběrače, tj. bod o souřadnicích [975, 4732] k vztažné linii kinematického obrysu pro sběrač vůli $y_v = (1\ 085 - 975) = 110 \text{ mm}$ a k linii prostoru pro hlavu sběrače definované dle ČSN EN 50 119 ed.2 má vůli $c_v = (1\ 100 - 975) = 125 \text{ mm}$.

To znamená, že linie prostoru pro hlavu sběrače definovaná dle ČSN EN 50 119 ed.2 je o cca 15 mm širší, než vztažná linie kinematického obrysu pro sběrač o šířce hlavy sběrače 1950 mm.

Pro výrobce kolejového železničního vozidla je závazná linie vztažného kinematického obrysu, kterou nesmí pantografický sběrač za normou definovaných podmínek překročit.

Chce-li výrobce hnacího vozidla elektrické trakce schválit vozidlo u Drážního úřadu ČR bez výjimky z normy ČSN 28 0312, resp. z vyhlášky UIC 505-1, nesmí krajní bod hlavy pantografického sběrače o šířce hlavy sběrače 1950 mm při smluvně definovaných podmínkách překročit linii vztažného kinematického obrysu pro sběrač.

To znamená, že výrobce je povinen nastavit parametry vypružení vozidla (příčné vůle q , w , pracovní sednutí či odlehčení vypružení, jeho úhlovou tuhost a součinitel náklonu tak, aby při jízdě s nedostatkem či přebytkem převýšení 50 mm nepřekročil linii vztažného kinematického obrysu pro skříň vozidla a vztažného kinematického obrysu pro sběrač.

2.2.1 Dílčí závěr zpracovatele

Velikost pološířky vztažného obrysu $b_{Ps(5100)}$ pro pantografický trolejový sběrač o šířce hlavy $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$ lze pro výšku $h = 5,1 \text{ m}$ nad rovinou TK $2b_{PPs(5100)}$, tj. pro $\Delta h = 100 \text{ mm}$ lze vyjádřit vztahem

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

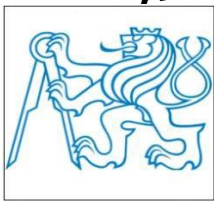
Šířka prostoru vztažného obrysu pro trolejový sběrač o šířce hlavy 1950 mm je tedy podle normy ČSN 28 0312 ve výšce $h = 5,1 \text{ m}$ nad rovinou TK $2b_{Ps(5100)} = (2 \cdot 1089) = 2\ 178 \text{ mm}$, viz obrázky Obr. 14 a Obr. 15.

Odečteme-li od této hodnoty šířku hlavy pantografického sběrače $2b_{HPs} = 1950 \text{ mm}$, obdržíme mezní hodnotu pro oboustranné vybočení hlavy pantografu $2E_{HPs}$.

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

Aby nedošlo k překročení linie vztažného kinematického obrysu pro pantografický sběrač vozidla, nesmí výsledná příčná výchylka hlavy příčně posunutého a naklopeného sběrače ve výšce $h = 5,1 \text{ m}$ překročit $\Delta_{Ps(5,1)K} = 114 \text{ mm}$.

Aby nedošlo k překročení linie vztažného statického obrysu pro pantografický sběrač vozidla, nesmí příčná výchylka hlavy sběrače ve výšce $h = 5,1 \text{ m}$ překročit $\Delta_{Ps(5,1)S} = 75 \text{ mm}$, viz obrázek Obr. 15, ze kterého můžeme odečíst $\Delta_{Ps(5,1)S} = (1050 - 975) = 75 \text{ mm}$.



Zadavatelem odborného posouzení je uvedená maximální provozní rychlost v tunelu $V=100 \text{ km/h}$. To znamená, trať lze zařadit 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 $e_{kolmax} = 1\,445 \text{ mm}$.

Připustíme-li, že v daném úseku pojede hnací vozidlo závislé trakce s maximálně opotřebenými okolky, tj. že rozchod opotřebeného dvojkolí bude mít mezní hodnotu $e_{DVmax} = 1\,410 \text{ mm}$, potom jednostranná vůle dvojkolí v koleji může dosáhnout mezní hodnoty: ³⁾

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

Metodika výpočtu obrysu pro konstrukci skříně vozidla dle statického obrysu předpokládá pro výpočet šířkového statického zúžení započítání pouze vlivu příčných pohybů vozidla.

Odečteme-li hodnotu vypočtené mezní provozní jednostranné vůle σ od mezní příčné statické výchylky $\Delta_{Ps(5,1)S} = 75 \text{ mm}$, obdržíme požadavek na maximální součet příčných vůlí vozidla v přímé 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 příčnou výchylku lišty sběrače 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 součinitel náklonu $s \in (0,225 \div 0,3)$. Budeme-li uvažovat výšku pólu náklonu hnacího vozidla $h_C = 0,5 \text{ m}$, součinitel 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 příčnou výchylku z , dosazením do vztahu

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

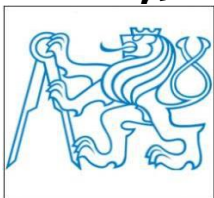
Této kinematické výchylce $z = 34,5 \text{ mm}$ odpovídá změna úhlu náklonu skříně kolem pólu náklonu φ_{Sx}

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

³⁾ Hodnota Δe_H představuje zvětšení skutečné vůle dvojkolí vlivem rozdílné výšky při měření rozchodu koleje e_{KOL} a dvojkolí e_{DV} .

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

⁴⁾ U hnacích vozidel se součet vůlí $(q + w_\infty)$ v přímé trati pohybuje do 65 mm. V praktickém provozu lze na dobře udržované pevné trati očekávat, že při vjezdu do přímého úseku trati však takto velký příčný posuv skříně vozidla, který by vyčerpал příčné vůle vozidla nenastane. Neboť jak je uvedeno v úvodní části, nevyrovnané kvazistatické příčné zrychlení vozidla dosahuje hodnoty $a_y = 0,28 \text{ m.s}^{-2}$.



Budeme-li uvažovat výšku pólu náklonu hnacího vozidla $h_c = 0,8 \text{ m}$, součinitel 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 příčnou 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 φ_{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 při vyčerpání příčných vůlí došlo překročení linie vztažného kinematického obrysu pro sběrač, měl by úhel náklonu skříně

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

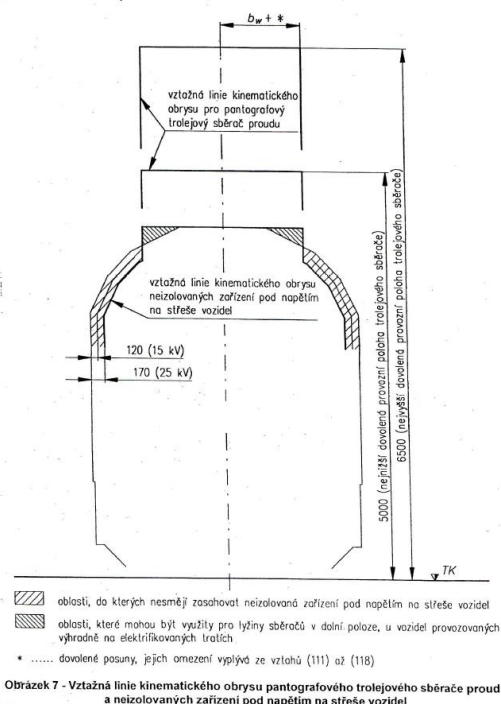
2.3 Výpočet obrysu pro konstrukci sběrače podle ČSN 28 0312

Vyhláška UIC 505-1 a norma ČSN 28 0312 udává v kap. 6.5 výpočetní vztahy pro zúžení používané pro vozidla s pantografovým trolejovým sběračem proudu, citují:

„ 6.5.1 Pantografový trolejový sběrač proudu ve zvednuté poloze

Aby hnací vozidla s pantografovými trolejovými sběrači proudu mohla dodržet maximální konstrukční prostor, vyplývající ze vztažné linie kinematického obrysu pantografového trolejového sběrače proudu uvedené na obr. 7, (viz obrázek Obr. 16), musí znaky těchto vozidel (vůle, součinitel naklonění částí nesoucích pantografové trolejové sběrače proudu) a poloha pantografového trolejového sběrače proudu vůči dvojkolím takové, aby hodnoty E_i' nebo E_a' (pantografové trolejové sběrače proudu zvednuté do výšky 6,5m nad TK) hodnoty E_i'' nebo E_a'' (pantografové trolejové sběrače proudu zvednuté do výšky 5m nad TK.) byly záporné, nebo nulové.“ Konec citace.

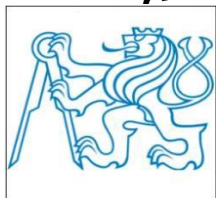
Vztažná linie kinematického obrysu pantografového trolejového sběrače proudu a neizolovaných zařízení pod napětím na střeše vozidel je uvedena na obrázku 7.



Obrázek 7 - Vztažná linie kinematického obrysu pantografového trolejového sběrače proudu a neizolovaných zařízení pod napětím na střeše vozidel

Obr. 16

Scan Obrázku 7 z návrhu normy ČSN 280312 z února 1999



V této citaci E_i'' , E_a'' představují vnitřní, nebo vnější vybočení kontrolního bodu pantografového trolejového sběrače nad TK, tj. posuny označené na obrázku Obr. 16 *.

Při znalosti pološířky hlavice sběrače b_w a jejího vybočení (*) lze vůli v příslušné výpočtové výšce h mezi linií pološířky vztažného kinematického obrysu pro sběrač $b_{PS(h)}$ a hlavicí sběrače ve vychýlené poloze, lze obecně vyjádřit vztahy:

- je-li osa průřezu hlavice pantografového sběrače uvnitř vzdálenosti otočných čepů podvozků $y_{v(h)} = (b_{OS(h)} - (b_w - E_{i(h)}))$
- je-li osa průřezu hlavice pantografového sběrače vně vzdálenosti otočných čepů podvozků $y_{v(h)} = (b_{OS(h)} - (b_w - E_{a(h)}))$

Hlavice pantografového sběrače proudy se zpravidla nacházejí v rovině osy podvozků nebo ve velmi malé vzdálenosti n_a nebo n_i od této roviny.

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

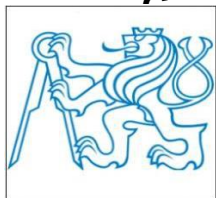
- je-li:	$a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 5$	$a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} > 5$
potom pro:		
$h = 6,5m$	$E_i' = j_i' + z' \quad (111)$	$E_i' = \frac{a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 5}{300} + j_i' + z' \quad (112)$
$h = 5m$	$E_i'' = j_i' + z'' \quad (115)$	$E_i'' = \frac{a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4}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

kde: $j_i' = q + w_i - 0,0375$

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

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

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 případ)

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

pro $s > 0,225$

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

kde: a [m] vzdálenost otočných čepů nebo středových rovin podvozků

p [m] rozvor podvozků

d [m] rozchod opotřebovaného dvojkolí

w_a [m] ... vnější příčná vůle mezi podvozkem a skříní vozidla

w_i [m] vnitřní příčná vůle mezi podvozkem a skříní vozidla

q [m] příčná vůle mezi rámem podvozkem a dvojkolím

t [m] příčný pohyb smykadla sběrače, zdviženého do výšky 6,5m , působí-li na něho příčná síla 300 N

h [m] výška výpočtového bodu nad TK

h_c [m] ... výška pólu náklonu vozidla nad TK

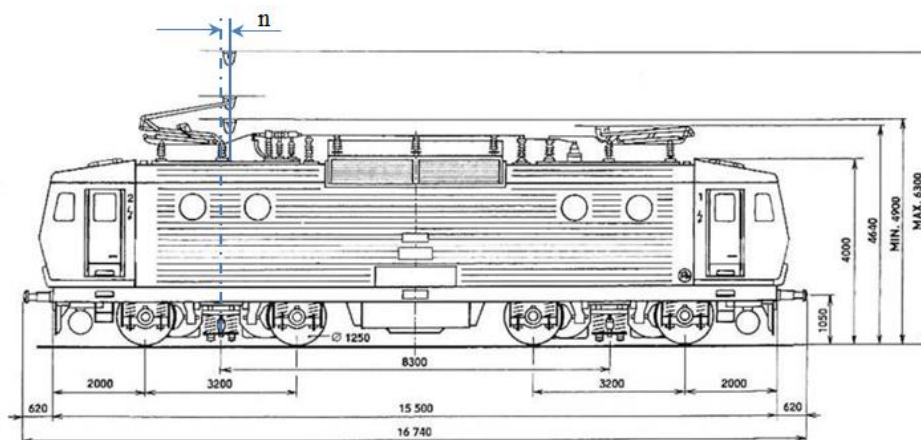
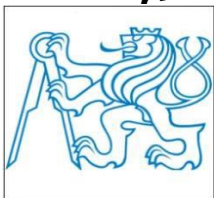
h_t [m] výška dolního kloubového spojení pantografového sběrače nad TK

τ [m] dovolená odchylka mezi střední rovinou skříně vozu a předpokládaným středem smykadla sběrače, zdviženého do výšky 6,5m, za předpokladu, že není skříň příčně zatížená

Θ [rad] naklonění, které může zaujmout skříň vozidla v důsledku nedokonalého nastavení vypružení, když je vozidlo v klidu a v prázdném stavu na vodorovné koleji

2.3.1 Ilustrativní příklad výpočtu zúžení kinematického obrysu pro sběrač podle normy UIC 505-1.

U lokomotiv Škoda ř. 363 jsou tyto vůle příčné vůle $q = 2$ mm, $w = 60$ mm. Rozměrové parametry jsou patrné z obrázku Obr. 17. Z obrázku lze přibližně odečíst $n = n_i = 250$ mm.



Obr. 17 Lokomotiva ř. 363

Provedeme-li pro tento případ výpočet zúžení kinematického obrysu pro sběrač, obdržíme:

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

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

$$4,5725 \leq 5$$

Potom

$$\dot{j}_i = q + w_i - 0,0375 = 0,002 + 0,06 - 0,0375 = 0,0245 \text{ m}$$

Pro kvalifikovaným odhadem stanovené parametry $s = 0,3$, $t = 0,01 \text{ m}$, $\tau = 0,01 \text{ m}$

a $\Theta = 0,005 \text{ rad}$, $h_i = 4,260 \text{ m}$, $h_c = 0,8 \text{ m}$ obdržíme:

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

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

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

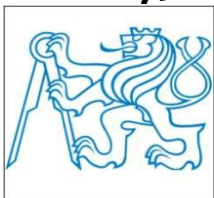
$$z'' = 0,18 + \sqrt{1,265 \cdot 10^{-4} + 0,01^2 + 0,000462} - 0,1825$$

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

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

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

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



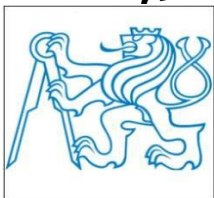
$$h = 6,5m \quad E_i'' = j_i' + z' = 0,0245 + 0,06 = 0,0845 \text{ m}$$

$$h = 5m \quad E_i'' = j_i' + z' = 0,0245 + 0,0237 = 0,0482 \text{ m} \quad \text{tato hodnota je menší než vypočtená}$$
$$\Delta_{Ps(5,1)K} = 114 \text{ mm} , \text{ hlavice pantografického sběrače}$$
$$\text{nepřekračuje linii vtažného kinematického obrysu}$$

Podle obrázku Obr.16 je pološířka linie pro konstrukci hlavy sběrače ve výšce

$$h = 6,5 \text{ m} \quad \dots\dots \text{bps} = b_w + E_i'' = 0,975 + 0,0845 = 1,0595 \text{ m} \Rightarrow 2b_{PS(6500)} = 2 \text{ 119 mm}$$

$$h = 5 \text{ m} \quad \dots\dots\dots \text{bps} = b_w + E_i' = 0,975 + 0,0482 = 1,0232 \text{ m} \Rightarrow 2b_{PS(5000)} = 2 \text{ 046,4 mm}$$



Závěr

Ústav U 12 120 FS ČVUT, ani zpracovatel odborného posudku nemá k dispozici dostatečné konstrukční podklady, aby mohl detailněji posoudit jednotlivé typy hnacích vozidel střídavé trakce, které budou provozovány v modernizované Střelenském tunelu, neboť tato konstrukční data jednotlivých hnacích vozidel se budou lišit.

U hnacích železničních vozidel se součet vůlí ($q + w_{\infty}$) v přímé trati pohybuje do 65 mm. V praktickém provozu lze na dobře udržované pevné železniční trati očekávat, že při vjezdu do přímého úseku trati však takto velký příčný posuv skříně vozidla, který by vyčerpал příčné vůle vozidla nenastane. Neboť, jak je uvedeno v úvodní části, nevyrovnané kvazistatické příčné zrychlení vozidla dosahuje hodnoty $a_y = 0,28 \text{ m.s}^{-2}$.

Norma ČSN EN 50119 ed. 2 připouští maximální horizontální výchylku pantografového sběrače c_v při největší pracovní poloze, tj. ve výšce $h = 6,5 \text{ m}$ nad rovinou TK maximálně $c_{vmax} = 162 \text{ mm}$. Pro přepočítání maximální horizontální výchylky pantografického sběrače do pracovní výšky $h = 5,1 \text{ m}$ 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, že pokud hnací vozidla plní požadavky vyhlášky UIC 505-1, nebo normy ČSN 28 0312 mohou bezpečně projíždět přímým úsekem dvoukolejné trati pod sníženou trolejí ve výšce 5 100 mm, viz obr. 15.

Pro účely posouzení interakce pantografového sběrače proudu šířky $2b_w = 1\,950 \text{ mm}$ s ostěním Střelenského tunelu pro systém trakce 25kV/50Hz doporučujeme s ohledem na průřezný průřez **Z - G ČD** uvažovat tyto minimální hodnoty: výšku troleje $V_{tr} = 5\,100 \text{ mm}$, $c_v = 110 \text{ mm}$ a $i_K = 150 \text{ mm}$.

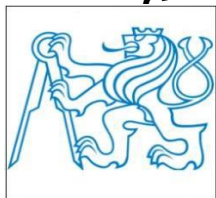
Lze tedy prohlásit, že hnací železniční vozidla se šířkou hlavy pantografového sběrače proudu $2b_w = 1\,950 \text{ mm}$, která jsou homologována Drážním úřadem ČR a bez výjimky splňují z hlediska rozměrů požadavky vyhlášky UIC 505-1 nebo normy ČSN 28 0312 budou moci projíždět ve Střelenském tunelu provozní rychlostí $V = 100 \text{ km/h}$.

V Praze dne 11. 2. 2019

doc. Ing. Josef Kolář, CSc.

Zpracovatel odborného posouzení k výtce SŽ, blíže viz citace z e-mailu ing. Jiřího Pelce ze dne 17. května 2022, doplnil původní odborné stanovisko modrými texty a obrázky označenými Fig. 1 až Fig. 5.

V Praze dne 14. 07. 2022



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Technická 4, 166 07 Praha 6

U 12 120 – Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Znalecká doložka

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 čj. 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 stvrdil správnost odborného vyjádření a podal žádaná 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