



28. ročník konference



## SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

30. ledna 2024

Pořadatelé



# ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY 2024

setkání správců, investorů, projektantů a stavitelů

## SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

28. ročník konference

1. vydání, 2024

Vydavatel: SUDOP PRAHA a.s.

Praha 3, Olšanská 1a, 130 80 Praha 3

**ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY 2024**

setkání správců, investorů, projektantů a stavitelů



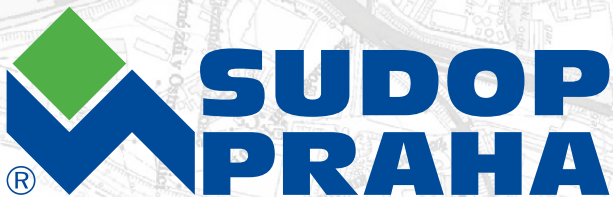
Rekonstrukce  
**Vilémovského viaduktu**



Modernizace trati  
**Sudoměřice - Votice**



Rekonstrukce  
**Negrelliho viaduktu**



**projekty - inženýring - konzultace**

Olišanská 1a, 130 00 Praha 3, praha@sudop.cz, www.sudop.cz



zdroj: Deutsche Bahn AG / Oliver Lang

# Vysokorychlostní tratě: Technika pro koleje budoucnosti

**České vysokorychlostní tratě budou kompatibilní s vysokorychlostními vlaky běžnými v Evropě. Zajistí to evropské nařízení TSI – Technické specifikace pro interoperabilitu. V ČR tak budou moci jezdit kterékoli vlaky, které TSI vyhovují - tedy skoro všechny stávající vysokorychlostní soupravy v Evropě. Vlaky na vysokorychlostní trati vyberou dopravci.**

## TYPY VLAKŮ

Na většině plánovaných vysokorychlostních tratích v ČR budou jezdit pouze osobní vlaky s výjimkou úseku mezi Litoměřicemi, Ústím nad Labem a hranicí ČR s Německem, kde nákladní soupravy projedou Středohorským a Krušnohorským tunelem. Všechny vysokorychlostní tratě budou přístupné pro nákladní vlaky kategorie Cargo Sprinter přepravující lehký náklad na europaletách, poštu nebo zásilky.

## RYCHLOST

Lehké vysokorychlostní jednotky s nápravovými tlaky menšími než 18 t využijí maximální provozní rychlost na vysokorychlostní trati až 320 km/h. Návrhová rychlost je ale ještě vyšší, až 350 km/h, a výhledově ji tak bude možné zavést. Zvyšováním rychlosti roste atraktivita železnice. Na vysokorychlostní trati se počítá se čtyřmi kategoriemi vlaků: regionální expres s rychlostí 200 km/h, rychlík na cca 230 km/h a expres až na 320 km/h. Stejně rychlosti by měla dosahovat i kategorie Sprinter propojující významné metropole.



## Kontakt

**Správa železnic, státní organizace  
Stavební správa vysokorychlostních tratí**  
V Celnici 1028/10, 110 00 Praha 1

[www.spravazeleznic.cz/vrt](http://www.spravazeleznic.cz/vrt)  
[facebook.com/SpravazeleznicVRT](https://facebook.com/SpravazeleznicVRT)  
[vrt@spravazeleznic.cz](mailto:vrt@spravazeleznic.cz)



Spolufinancováno  
Evropskou unií



STÁTNÍ FOND DOPRAVNÍ  
INFRASTRUKTURY



**SPRÁVA  
ŽELEZNIC**

# OBSAH

1	<b>Nový most přes Labe na trati Pardubice – Jaroměř</b>	<b>8</b>
	Ing. Jiří Jirásko, Ing. Vít Prášek, Ing. Karel Krčma, Ing. Roland Mikulička, SUDOP PRAHA a.s.	
2	<b>Výroba a montáž ocelové konstrukce železničního mostu v km 2,184 přes Labe</b>	<b>15</b>
	Ing. Gabriela Šoukalová, Ing. Libor Kožík, Ing. Petr Štasta, Ing. Ondřej Bartošek, Ing. Radim Bílek, FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.	
3	<b>Analýza účinnosti stavebních počinů na historických nýtovaných konstrukcích</b>	<b>22</b>
	Ing. Pavla Fialová, Ing. Milan Kučera, Správa železnic, státní organizace	
4	<b>Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů</b>	<b>31</b>
	Ing. Bohumil Kučera, JEKU, s.r.o. Ing. Václav Podlipný, Ing. Jan Šimon, Správa železnic, státní organizace	
5	<b>Studie aerodynamických efektů v tunelech na IV. TŽK</b>	<b>40</b>
	Ing. Emanuel Mergl, VÚKV a.s. Ing. Josef Bednář, Správa železnic, státní organizace	
6	<b>Představení Smaragdové knihy FIDIC</b>	<b>47</b>
	Ing. Michal Uhrin, Klee Consulting s.r.o.	
7	<b>Příprava tunelů novostavby trati Praha-Smíchov – Beroun</b>	<b>49</b>
	Ing. Michal Uhrin, Ing. Pavel Utinek, Ing. Jakub Střížík, SUDOP PRAHA a.s. Ing. Marcela Domanická, Správa železnic, státní organizace Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, METROPROJEKT Praha a.s.	
8	<b>ŽSR, modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR SO 12.33.04 Kúty – št. hranica SR/ČR, nový železničný most nad Moravou v nžkm 74,306 koľaj č.2.</b>	<b>65</b>
	Ing. Roman Štalmašek, Ing. Peter Melicher, Železnice Slovenskej republiky	
9	<b>Aktuální stav přípravy VRT</b>	<b>75</b>
	Ing. Jakub Bazgier, Ing. Jiří Merta, Správa železnic, státní organizace	
10	<b>Tunely na VRT v ČR</b>	<b>84</b>
	Ing. Jiří Velebil, Správa železnic, státní organizace	
11	<b>Mostní objekty na VRT</b>	<b>95</b>
	Ing. Jan Kubelka, MBA Správa železnic, státní organizace	

12	<b>MVL 102 Přechodové oblasti a ukončení nosných konstrukcí železničních mostů</b>	102
	Ing. Miloš Novák, Správa železnic, státní organizace prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. a kolektiv, Fakulta stavební ČVUT v Praze	
13	<b>Rekonstrukce mostu v km 21,510 trati Tábor – Písek, Sepekovský viadukt</b>	108
	Ing. Matěj Mikšovský, Ing. Daniel Novotný, TOP CON SERVIS s.r.o.	
14	<b>Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně, v ev.km 458,756</b>	114
	Ing. Tomáš Badár, DT Mostárna, a.s.	
15	<b>Zkušenosti z realizací železničních mostů s extrémně stlačenou stavební výškou</b>	124
	Ing. Libor Kožík, Ing. Gabriela Šoukalová, FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.	
16	<b>Mostní stavby pro veřejnost – podchody, lávky. Poznatky z navrhování, realizace a provozu</b>	130
	Ing. Petr Žákovec, Správa železnic, státní organizace	
17	<b>Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú. Mstětice – Praha-Vysočany)</b>	135
	Ing. Filip Kutina, Ing. Jan Bartaloš, SUDOP PRAHA a.s.	
18	<b>Dynamické zkoušky na železničních mostech při rychlosti 200 km/h</b>	142
	prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., prof. Ing. Michal Polák, Ph.D., Bc. Vojtěch Dynybyl, Fakulta stavební ČVUT v Praze	
19	<b>Most na železniční trati přes D7 u obce Chlumčany</b>	149
	Ing. Martin Sedmík, Ing. Tomáš Jakubíček, Valbek, spol. s r.o. Ing. Petr Berník, Ing. Oleksandr Chudik, Metrostav Infrastructure a.s.	
20	<b>Vybrané železniční mosty realizované jako prefabrikované klenby a rámy</b>	156
	Ing. Pavel Bulejko, Ing. Rastislav Schreiber, Ing. Tomáš Brzák, ABM Mosty s.r.o., člen skupiny ABM Europe	
21	<b>Poruchy předpjatých železničních mostů Failures of prestressed railway bridges</b>	161
	Ing. Milan Holý, Ph.D., Ing. David Čítek, Ph.D., Ing. Stanislav Řeháček, Ph.D., prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Kloknerův ústav, ČVUT v Praze	
22	<b>Navrhování D-oblastí v mostních konstrukcích pomocí CSFM</b>	170
	Ing. Pavel Kaláb, Ph.D., Ing. Lukáš Bobek, IDEA StatiCa s.r.o.	

## Nový most přes Labe na trati Pardubice – Jaroměř

Ing. Jiří Jirásko, Ing. Vít Prášek, Ing. Karel Krčma, Ing. Roland Mikulička,  
SUDOP PRAHA a.s.

### Anotace

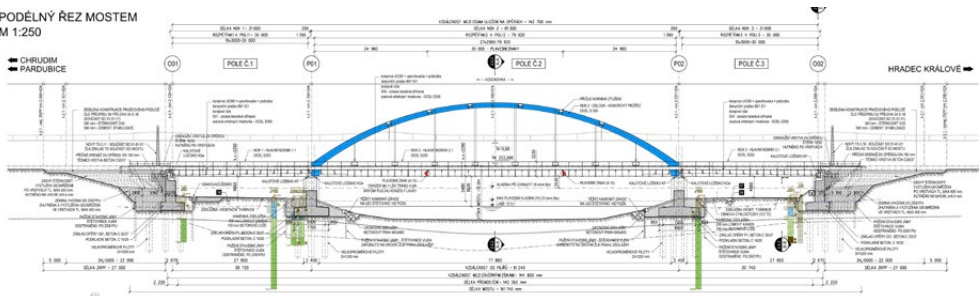
V rámci zdvoukolejnění trati mezi Pardubicemi a Hradcem Králové byla realizována i komplexní přestavba stávajícího jednokolejného mostního objektu přes Labe v Rosicích n/L. Nový dvoukolejný most s průběžným kolejovým ložem překonává řeku Labe, její inundační území a místní komunikace pro pěší a cyklisty na nábřežích třemi prostými poli o rozpětí 30,000 + 79,920 + 30,000 m. Nosná konstrukce je v prvním a třetím poli tvořena dvojkolejnými konstrukcemi se dvěma plnostěnnými hlavními nosníky a dolní ortotropní mostovkou, střední pole potom dvojkolejnou konstrukcí tvořenou trámem vyztuženým obloukem (tzv. Langrův trám). Hlavní nosníky jsou přes kalotová ložiska uloženy na novou železobetonovou spodní stavbu založenou na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Projekt a provádění stavby zahrnovalo zřízení provizorní přeložky trati vytvořené příčným přesunem stávající konstrukce na provizorní spodní stavbu, nové nosné konstrukce byly do definitivní polohy usazeny po realizaci podélného výsunu z montážní plochy na pravém břehu řeky.





## Nový most přes Labe na trati Pardubice – Jaroměř

PODÉLNÝ ŘEZ MOSTEM  
M 1:250



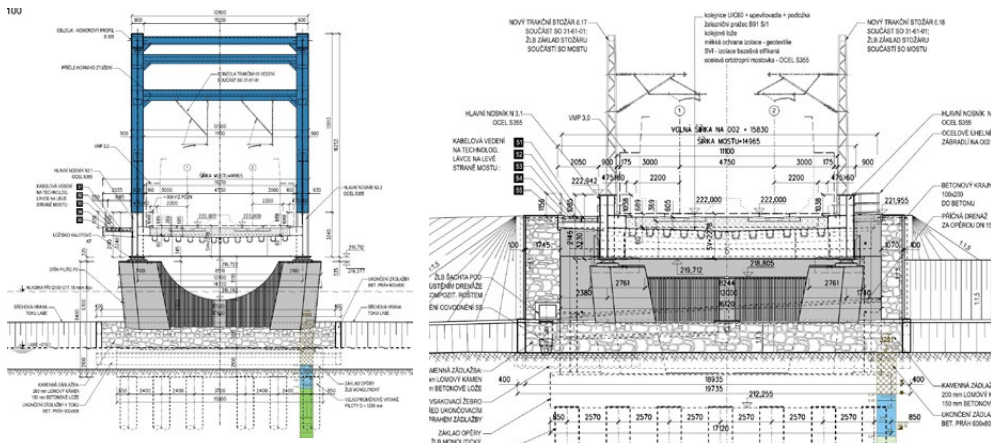
Obr. 1 – Fotografie a podélný řez z výsuvu nové NK

### 1. Územní podmínky, původní stav mostního objektu

Železniční trať mezi Pardubicemi a Hradcem Králové překonává v km 2,184 tok řeky Labe v bezprostřední blízkosti ŽST Pardubice – Rosice n/L. Dosavadní jednokolejné přemostění délky 148,9m bylo tvořeno ocelovou spojitou trémovou konstrukcí se dvěma svařovanými plnostěnnými nosníky a dolní prvkovou mostovkou o rozpětí polí 30,0+40,0+40,0+30,0m. Konstrukce z roku 1966 s přechodností (po poslední opravě v roce 2004) D4/80 byla pro provoz na modernizované trati nevyužitelná zejména z důvodu zdvoukolejnění daného traťového úseku.

### 2. Celková koncepce řešení

10/3



Obr. 2 – Příčný řez spřaženou ocelobetonovou konstrukcí NK1

Nový dvoukolejný most s průběžným kolejovým ložem zcela nahrazující původní přemostění překonává tok řeky Labe, její inundační území a místní komunikace pro pěší a cyklisty na nábrežích třemi prostými poli o rozpětí 30,000 + 79,920 + 30,000m. Nosná konstrukce je v prvním a třetím poli tvořena dvojkolejnými konstrukcemi se dvěma plnostěnnými hlavními nosníky a dolní ortotropní mostovkou, střední pole potom dvojkolejnou konstrukcí tvořenou trémami vyztuženým obloukem (tzv. Langrův trém). Hlavní nosníky jsou přes kalotová ložiska uloženy na novou železobetonovou spodní stavbu založenou na velkopřůměrových

vrtaných pilotách. Kolej na mostě je v přímé a vodorovné, před mostem se v kolejích nachází kolejové spojky, za mostem začíná větvení jižního zhlaví ŽST Rosice nad Labem.

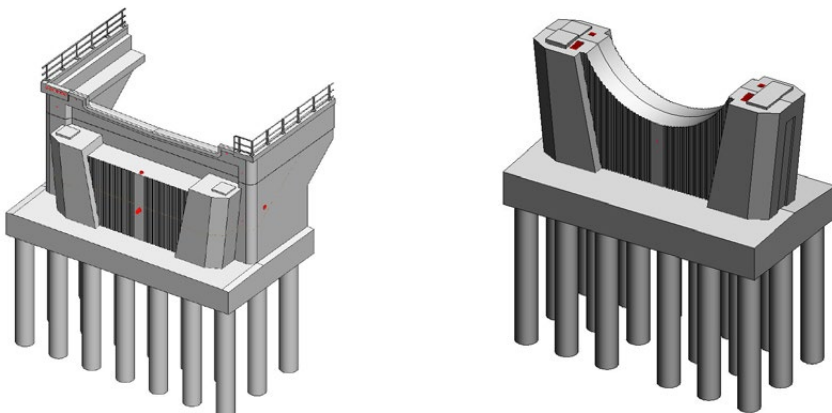
### 3. Nová mostní konstrukce

#### Založení mostu

Geologické poměry v místě mostní konstrukce jsou složité s mocnou vrstvou hlinito-písčitých navážek s balvanitými příměsemi. Pro úspěšné provádění stavby byl předepsán potápěčský průzkum dna ve středu toku a dále beraníci zkoušky štětovic s cílem zjistit skutečnou polohu skalního podloží a prověřit předpokládanou míru obtížnosti provádění jímek pro základové konstrukce podpěr. Na základě výsledků provedených průzkumů byl projekt jímek upraven tak, aby byly minimalizovány možné kolize zejména se zbytky konstrukcí pocházejících z realizace původního mostu. Spodní stavba mostu je založena na velkopřůměrových pilotách průměru 1200 mm ukončených ve vrstvách skalního podloží R4 (geotechnický typ KS3). Hloubení pilot ve vrstvách navážek a zvodnělých polosoudrzných až nesoudrzných sedimentů pod hladinou podzemní vody probíhalo s hluchým vrtáním z pracovních úrovní zřízených po beraní štětovicových stavebních jímek.

#### Spodní stavba

Masivní železobetonová spodní stavba mostu sestává ze dvou opěr a dvou pilířů. Opěry jsou navrženy jako masivní, železobetonové, založené na velkopřůměrových pilotách. Z důvodu zřízení stavební připravenosti na možný budoucí zdvih konstrukce mostu na volnou výšku na plavební cestě 7,0 m jsou opěry navrženy ze dvou vzájemně trvale nepropojených částí. Smyslem této úpravy je vyhovět Plavební správě a jejímu požadavku opírajícímu se o textaci vyhlášky 259/2016 Sb. provést přestavbu mostu na vyšší podjezdnu výšku „bez demoličních prací“. Dolní, trvalá část opěry tak tvoří „podnož“ pro horní část opěry sestávající z monolitické římsové zídky půdorysného tvaru „U“ uložené (přes ozub na rubu) volně na dolní část. Tak je vytvořena jasně definovaná část opěry, která bude v případě zdvihu mostu „demontována“ a nahrazena novou částí odpovídající výšky.



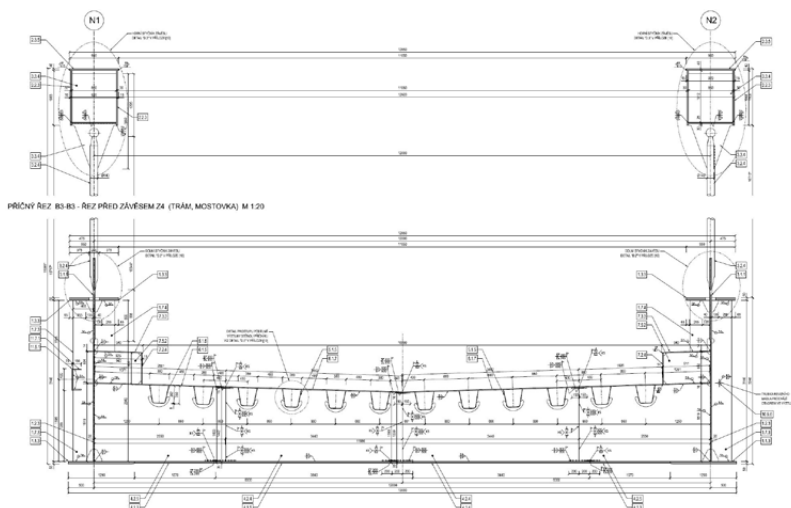
Obr. 3 – NKO2 – příčný řez ocelovou konstrukcí

Pilíře jsou navrženy jako masivní, železobetonové, založené na velkopřůměrových pilotách. Pilíře se skládají ze základu a dřívku. Základy pilířů, do nichž jsou vetknuty hlavy pilot mají obdélníkový tvar, horní plochy základu jsou střechovitě spádovány v podélném směru mostu. Dřívky pilířů identických rozměrů u P01 a P02 sestávají ze dvou pylonů, na jejichž horních plochách jsou přes úložné bločky umístěny vždy dvě ložiska NOK krajního a středního pole, a z propojovací stěny. Proměnný tvar pylonů je shodný s tvarem těchto částí u obou opěr. Propojovací stěna má na horní ploše kružnicové vybrání poloměru 4,65 m.

## **Nosná konstrukce**

Příčný řez nosných konstrukcí NOK1 a NOK3 (nosné kce v předpolích) byl navržen tak, aby přirozeně navazoval na nosnou konstrukci NOK2 v hlavním poli. Hlavní nosné konstrukce v krajních polích jsou tvořeny dvojicemi hlavních nosníků průřezu „I“ výšky 3250 mm. Horní pásnice nosníků má konstantní šířku 900 mm, stojina nosníku je opatřena oboustrannými svislými výztuhami, dolní pásnice má šířku 850 mm na opěrách rozšířenou na 1000 mm. Dolní mostovka je navržena jako ortotropní s příčnými výztuhami tvaru obráceného T a podélnými trapézovými výztuhami. Podporové příčné výztuhy jsou zesílené (včetně zesíleného spolupůsobícího pásu mostovky) z důvodu nutnosti zvýšit ohybovou tuhost pro splnění kritérií mezních deformací dle ČSN EN 1990. Vzdálenost příčniců je 3000 mm. Podélné trapézové výztuhy umístěné v osové vzdálenosti 860 mm procházejí výřezy ve stěnách příčniců navržených v „jablkovitém“ tvaru. Na plech mostovky navazují boky žlabu pro kolejové lože a chodníkový plech připojený k podélné výztuze stojiny hlavního nosníku. Ocelová konstrukce je navržena s nulovým podélným sklonem, dostředný příčný sklon plechu do úžlabí v ose konstrukce je 3,0 %. V ose úžlabí jsou umístěny odvodňovače v osové vzdálenosti 3,0 m. Nosné konstrukce jsou navrženy z oceli S355 a S420.

Nosná konstrukce NOK2 v hlavním poli je tvořena dvěma plnostěnnými trámy profilu „I“ ztuženými obloukem. Ztužující oblouk má vzepětí od osy ztužovaného hlavního nosníku 13,100 m, tj. cca  $L / 6,1$ , což odpovídá optimálnímu rozsahu poměru vzepětí ku rozpětí běžně navrhovanému mezi cca  $L/5 - L/7$ . Oblouk má uzavřený truhlíkový průřez proměnné výšky řízené nesoustřednými kružnicemi, příčný řez oblouku je ztužen radiálními diafragmaty. Dvoustěnný oblouk je do jednostěnného trámu vetknut prostřednictvím soustavy výztuh, které vytvářejí uzavřenou svařovanou krabici. Navržené provedení vychází ze vzorových listů Deutsche Bahn bez použití odlítků či výkovek. Příčná výztuha mostovky prochází vnitřní stěnou krabice bez přerušení. Čelo nosníku je uzavřeno jako poslední čelními deskami připojenými jednostrannými koutovými svary na kovovou podložku. Stabilita oblouku je zajištěna horním příčným ztužením sestávajícím ze šesti rámových příčlů uzavřeného obdélníkového průřezu. Do oblouku jsou příčle vetknuty prostřednictvím soustavy diafragmat. Na krajních příčlích jsou umístěny konzoly pro konzoly trakčního vedení. Závěsy jsou navrženy jako subtilní tyčové tahové prvky z kulatiny průměru 140 mm. Mostovka hlavního pole je shodného uspořádání jako v předpolích, příčné výztuhy (příčníky) mostovky jsou navrženy rovněž jako svařované obrácené T-profilové. Podporové příčné výztuhy jsou zesílené, včetně zesíleného spolupůsobícího pásu mostovky), osová vzdálenost příčných výztuh je 2960 mm. Nosná konstrukce je navržena z oceli S355, S420 a S460.

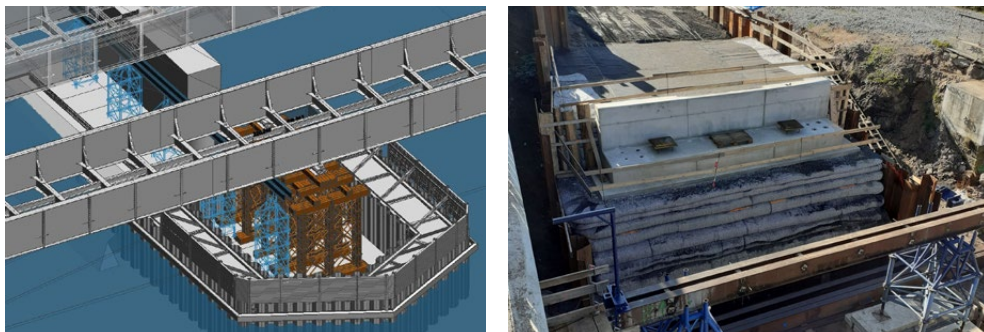


Obr. 4 – NKO2 – příčný řez ocelovou konstrukcí

Na levé straně mostu je přes čelní desky na příčných výtuhách trámů osazena ocelová lávka sloužící pro převedení kabelových vedení a pro služební přístup k výhybkám na pardubické straně mostu.

#### 4. Výstavba mostu

Návrh stavebních postupů pro výstavbu nového mostu byl zásadně ovlivněn požadavky na zachování provozu na rekonstruované trati. Z tohoto důvodu bylo navrženo zřízení objízdné trasy spočívající v příčném přesunu stávajícího mostu do provizorní polohy mezi budoucím novým mostem a stávajícím silničním mostem. Přesun byl realizován po příčných vyvázečích dráhách zřízených poblíž os stávajícího uložení. Pilíře provizorního přemostění byly navrženy z těžkých montážní skruží PIŽMO, opěry pak z bloků armovaných zemin se žlb úložnými prahy. V toku řeky byl provizorní pilíř založen na ztuhněný podsyp ve dvojité těsněné štětovicové jínce. Brzdny pilíř provizorního přemostění byl přes žlb základovou desku založen na sloupy tryskové injektáže.



Obr. 5 – Model provizorního pilíře v toku a pohled na provizorní opěru z armovaných zemin



Obr. 6 – Dvojitá jímka v toku a provizorní podpory připravené pro příčný přesun stávající konstrukce

Pro uložení stávajícího mostu byla použita původní ložiska fixovná k roštovým nosníkům pilířů PIŽMO tak, aby byla umožněna jejich výšková rektifikace. Během prvních týdnů provozu byl pak na přeložce navržen a prováděn geodetický monitoring, jehož výsledky byly pravidelně vyhodnocovány za účelem realizace rektifikace geometrie konstrukce přemostění v případě překročení limitních nerovnoměrných poklesů stanovených statickým přepočtem.

Všechny části nové spodní stavby byly vzhledem k vysoké hladině spodní vody korespondující s hladinou Labe budovány v těsněných štětovicových jímkách s šikmými rampami pro přístup mechanizace.

Montáž ocelových nosných konstrukcí nového mostu probíhala na montážní plošině zřízené na pravém břehu řeky, odkud byly konstrukce následně podélně vysouvány do definitivní polohy. O výrobě a montáži NOK detailně informuje příspěvek „Výroba a montáž OK železničního mostu v km 2,184 přes Labe“ od kol. autorů z FIRESTA a. s. dále v tomto sborníku.



Obr. 7 – Pohled na provizorní trasu (vlevo) a vysouvanou nosnou konstrukci (vpravo)



Obr. 8 – Pohled na most před dokončením

## 5. Účastníci výstavby

Odborní zástupci objednatele:	Ing. V. Podlipný, Ing. M. Netolický; Správa železnic s.o.
Zhotovitel SO:	Ing. J. Pospíšil, R. Flor, J. Ambrož; Skanska a.s.
Přesun stávající OK:	I. Navrátil, Skanska CZ a.s.
Zakládání, geotechnické kce:	Zakládání staveb, a.s.
Výroba OK + montážní práce:	Ing. L. Kožík, Ing. R. Bílek, P. Houser; FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.
Výsun NOK:	Ing. J. Bursa, MDS projekt s.r.o. Ing. D. Václavík, Ing. O. Bartošek, FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.
Demontáž stávající OK:	V. Michalík, Lodě Helios s.r.o.

**Ing. Jiří Jirásko**  
SUDOP PRAHA a.s.  
+ 420 605 229 074  
jiri.jirasko@sudop.cz

# Výroba a montáž ocelové konstrukce železničního mostu v km 2,184 přes Labe

## SO 31-34-01 v ŽST Rosice n/L, 3. stavba, zdvoukolejnění Pardubice – Rosice nad Labem – Stéblová

Ing. Gabriela Šoukalová, Ing. Libor Kožík, Ing. Petr Štasta,  
Ing. Ondřej Bartošek, Ing. Radim Bílek  
FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a. s.

### 1. Úvod

Od poloviny roku 2022 společnost Firesta-Fišer, rekonstrukce, stavby a. s. realizovala výrobu a montáž ocelové konstrukce mostu, která se nachází na železniční trati Pardubice – Hradec Králové. Tato trať spojuje dvě krajská města a slouží k napojení Hradce Králové na koridorovou trať Praha – Pardubice – Brno / Olomouc. Trať je intenzivně zatížena osobní i nákladní dopravou, v úseku u žst. Opatovice nad Labem je využívána pro zásobování Elektrárny Opatovice uhlím ze severočeské uhelné pánve.

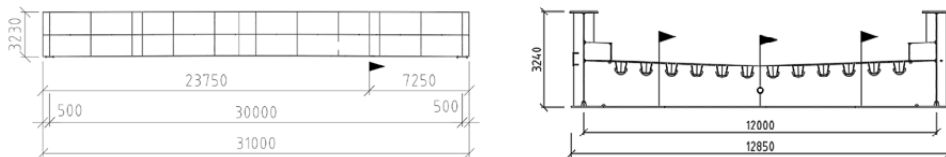


Obr. 1 – Umístění stavby

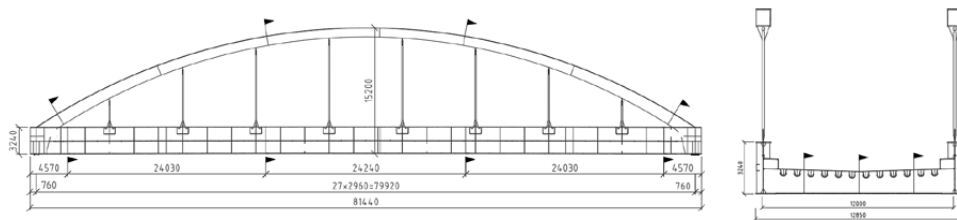
Nový železniční dvoukolejný most SO 31-34-01 je budován ve 3. stavbě „Zdvoukolejnění úseku Pardubice – Rosice nad Labem – Stéblová“, které předcházela 1.stavba „Zdvoukolejnění úseku Stéblová – Opatovice nad Labem“ a 2.stavba „Zdvoukolejnění úseku Opatovice nad Labem – Hradec Králové“. Účelem stavby je zdvoukolejnění tratě a tím zvýšení kapacity, kvality a bezpečnosti drážního provozu a zlepšení podmínek pro organizaci dopravy

## 2. Popis konstrukce mostu

Jde o celkovou přestavbu původního jednokolejného mostu na dvoukolejný most s průběžným kolejovým ložem. Nový most překonává tok řeky Labe, inundační území a místní komunikace pro pěší a cyklisty, třemi prostými poli o rozpětích 30,000 + 79,920 + 30,000m. Nosná konstrukce je v prvním a třetím poli tvořena shodnými dvoukolejnými trámovými konstrukcemi se dvěma plnostěnnými hlavními nosníky a dolní ortotropní mostovkou, střední pole přemostující Labe je tvořeno dvoukolejnou trámovou konstrukcí vyztuženou obloukem (tzv. Langerův trám).



Obr. 2 a 3 – Nosná konstrukce v 1. a 3. poli



Obr. 4 a 5 – Nosná konstrukce ve 2. poli

## 3. Výroba ocelové konstrukce

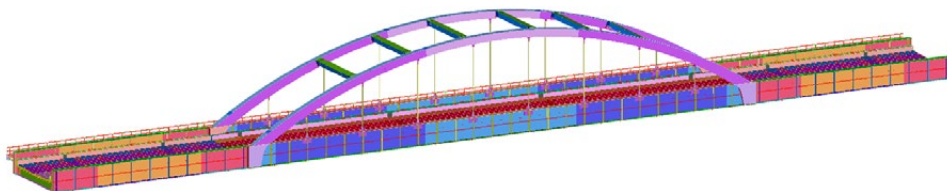
Vlastní výroba ocelové konstrukce probíhala v mostárně společnosti FIRESTA-Fišer rekonstrukce, stavby a.s. Zahájení výroby objednááním plechů s atestem kontroly 3.2 v hutích bylo realizováno téměř v souběhu s propuknutím válečného konfliktu na Ukrajině. V důsledku války byl na několik měsíců paralyzován trh s ocelovými výrobky včetně plechů. Plechy pro vlastní výrobu byly nakonec zajištěny z hutí v Makedonii a Dánska. Pro výrobu ocelové konstrukce bylo spotřebováno cca 1400 tun oceli.

V příčném řezu byla mostovková část každé konstrukce rozdělena na čtyři dílce, a to krajními dvojicemi nosníků a dvěma mostovkovými dílci. Svary v průběhu výroby byly kontrolovány vizuálně, metodou UT, TOFD a tlakovými zkouškami. Před zahájením dílenských nátěrů byla vždy provedena dílenská přejímka v černém stavu, v případě navazujících dílců s návazností tzv. na otisk.

Všechny ocelové díly nosné konstrukce byly opatřeny protikorozní ochranou. Pro celou ocelovou konstrukci mimo vnitřní části vany kolejového lože se použil systém ŽSP+ONS 03. Mostní oblouky byly natírány do vrchního odstínu RAL 5009 azurově modrá, trámy mostovky a lávka RAL 7044 hedvábně šedá.



Po dokončení dílenských nátěrů byly dílce expedovány s využitím nadměrné přepravy na předmontážní plošinu.



Obr. 6 – 3D model pro výrobní dokumentaci (software Advance steel)

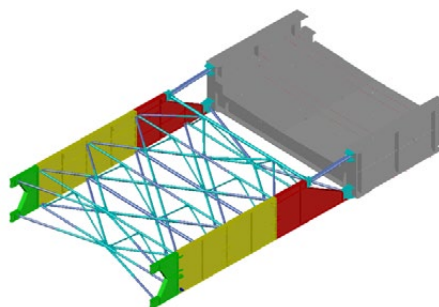
#### 4. Předmontáž

Doprava dílců ocelové konstrukce na předmontážní plošinu byla rozdělena do šesti montážních etap a to následovně:

- Etapa 1 – konstrukce NK1 a montáž výsuvného krakorce
- Etapa 2 – konstrukce NK2 - 1/3 mostovek
- Etapa 3 – konstrukce NK2 - 2/3 mostovek
- Etapa 4 – konstrukce NK2 - 3/3 mostovek
- Etapa 5 – konstrukce NK2 - oblouky, příčle a táhla
- Etapa 6 – konstrukce NK3 a propojení konstrukcí

Montážní dílce byly ukládány na připravený montážní rošt ze šesti dvojic profilů I500 osazeném v příčném směru na výsuvnou dráhu před a za montážními styky a uprostřed rozpětí. Po svaření dílců jednotlivých etap do jednoho celku, byly dvojice profilů I500 vytaženy a konstrukce byla přeložena na výsuvné vozíky. Pro pokračování svařování byly znovu použity profily I500 pro další etapy.

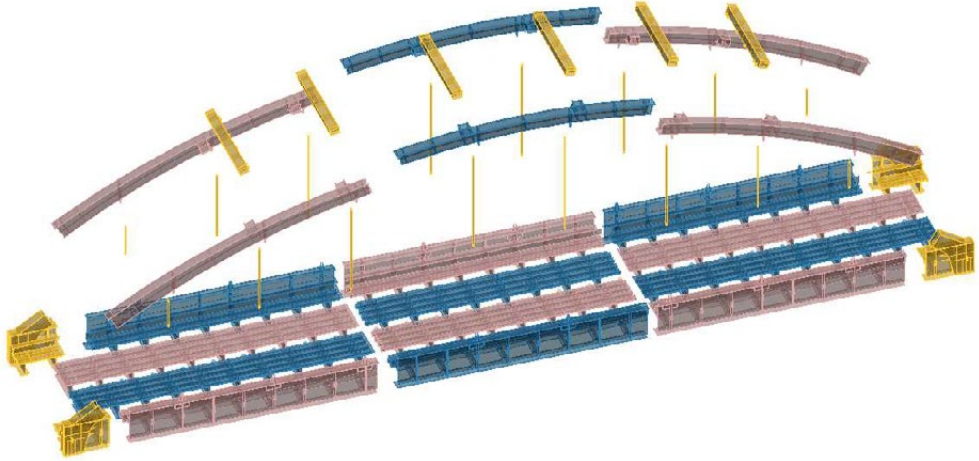
První etapa montáže ocelové konstrukce proběhla začátkem listopadu roku 2022. Nosná konstrukce č. 1 byla podélně dělena na dvě části a příčně na čtyři. Do konce roku 2022 byla svařená NK1. Začátkem roku 2023 byla započata montáž výsuvného krakorce, který byl přivařen k hlavním nosníkům NK1. Po dokončení montáže krakorce byla provedena první etapa výsuvu, aby bylo možné poskládat na výsuvnou dráhu největší konstrukci NK2.



Obr. 7 – 3D model pro výrobní dokumentaci (software Advance steel)

Koncem ledna 2023 po první etapě výsuvu byla započata montáž NK2. Hlavní nosníky a mostovka byla pro svařování v podélném směru rozdělena na tři části, hlavní trámy včetně zárodku se skládaly z pěti dílců. Trámy s mostovkou mají po celé délce 28ks příčnicků

a v příčném řezu 12 ks podélných výztuh ve tvaru korýtkka, které byly v místech montážních styků vkládány o délce cca 1 m. Svařování trámů a mostovky probíhalo do poloviny dubna 2023. Souběžně probíhaly práce PKO na NK1.



Obr. 8 – Model – montážní dílce NK2

Před návozem montážních dílců oblouku na stavbu byla zahájena montáž podpěrných konstrukcí. Pro sestavení a svaření ocelové konstrukce byly zapotřebí čtyři podpůrné pižmo věže. Celkem 14 věží bylo doplněno pro výsun, tedy sedm pod každým jednotlivým obloukem, tyto věže plnily funkci vzpěry, aby do táhel nebyly vneseny v průběhu výsunu tlakové síly. Přístup k montážním stykům na oblouku a k příčnému ztužení byl zajištěn lešením o hmotnosti cca 55 tun.



Obr. 9 – Montáž oblouků

Dílensky byl oblouk rozdělen na 3 díly. Po zkompletování oblouků byly uvolněny podpěrné konstrukce. Levý a pravý oblouk byl propojen šesti příčnicí. Po svaření oblouků a příčného ztužení, byla zahájena montáž táhel, jejich výšková a polohová rektifikace je znázorněna na obrázcích číslo 17 a 18. Většina příčných montážních svarů na všech konstrukcích byla kontrolována nedestruktivní metodou zkoušení TOFD. Po svaření a zabroušení táhel bylo provedeno PKO oblouku. Pro výsuv byly konstrukce NK1 +NK2 spojeny svařením do jednoho celku. Následně se na všech podpůrných konstrukcích znovu podepřel oblouk a proběhla druhá etapa výsuvu. Tím vznikl prostor na montážní plošině pro navezení poslední části konstrukce NK3. Souběžně s prováděním PKO byla osazena na konstrukci technologická lávka.

Dokončení NK3 včetně PKO, svaření propojení mezi NK2 a NK3, vytažením montážního roštu a přeložení na výsuvné vozíky byly poslední kroky potřebné před poslední etapou výsuvu.

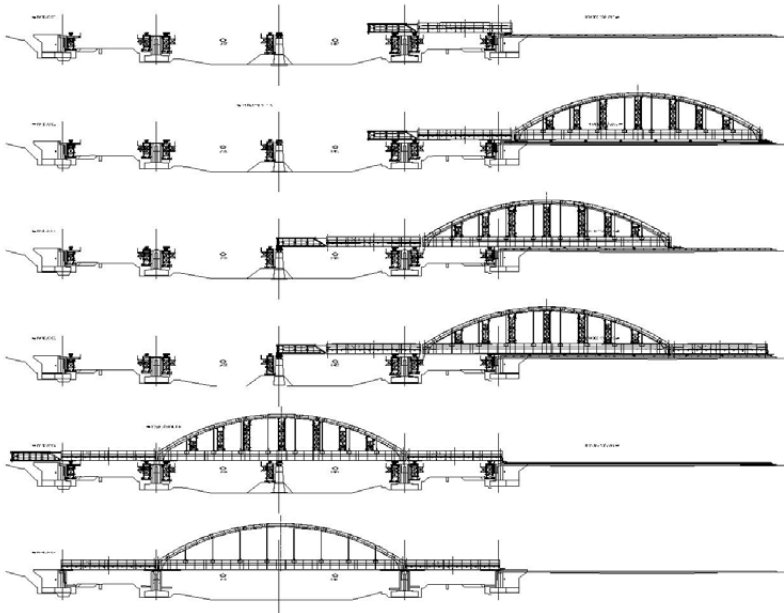


*Obr. 10 – Kompletní NOK připravena pro podélný výsuv*

## **5. Výsuv a spouštění**

Montáž a svaření ocelové nosné konstrukce mostu na stavbě proběhla na montážní plošině, která zároveň plnila funkci výsuvné dráhy. Dráha se nacházela za opěrou O02, skládala se z prvků PIŽMO a její délka byla cca 90 m. Samotný výsuv byl realizován částečně na výsuvné dráze a na montážních podpěrách. Celkem bylo 7 montážních podpěr, které sloužili pro výsuv, rektifikaci i pro spouštění ocelové konstrukce. Podpěry byly tvořeny materiálem PIŽMO a částečně byl při výsuvu využit i původní pilíř, na kterém byla umístěna výsuvná stolice.

Ze statického hlediska bylo nutné vysouvat konstrukci jako spojitý nosník s výsuvným křakovcem, a po ukončení výsuvu došlo k rozpálení ocelové konstrukce na jednotlivé prosté pole. Výsuv probíhal ve zvýšené poloze.



Obr. 11 – Fáze výstavby pro podélný výsun

Montáž a výsun proběhl ve třech fázích. Po svaření NK1 byla tato část konstrukce spojena s krakorcem o délce 16,5 m a vysunuta o 45 m, tím se uvolnilo místo na montážní plošině pro svaření největší části mostu. V druhé fázi byla svařena mostovka středního pole NK2, proběhla montáž podpěr potřebných pro svaření oblouku a podpěr určených pro podepření oblouku během výsunu. Po svaření oblouku byla tato část připojena k již vysunuté konstrukci a následoval výsun o délce 30 m. Po připojení poslední části konstrukce mostu NK3 následoval nejdelší výsun o délce cca 87 m.

Po rozpojení vysunuté konstrukce následovalo spouštění jednotlivých konstrukcí jako prostá pole, výška spouštění byla 0,7 m. Pro spouštění byly použity dvojice nebo čtveřice hydraulických válců, které byly umístěny vedle definitivních ložisek na místech určených pro jejich výměnu. Spouštění probíhalo po krocích 120 mm a konstrukce byly odkládány na montážní podpěry. Před montáží a podlitím ložisek došlo finální úpravě polohy dle geodetického zaměření.

Celková délka výsunu byla cca 162 m. V průběhu celého výsunu byly sledovány a korigovány reakce na výsuvných vozících montážní plošiny a stolicích montážních podpěr, průběžně docházelo k jejich rektifikacím, tak aby vlivem nadvýšeného tvaru nedošlo k jejich přetížení nebo odlehčení. Výsun byl realizován pomocí hydraulických válců o zdvihu 460 mm.

## 6. Závěr

Děkujeme především všem účastníkům výstavby za konstruktivní přístup, a hlavně za možnost aktivně se podílet na výstavbě jednoho z největších dvoukolejných železničních mostů.

## Výroba a montáž ocelové konstrukce železničního mostu v km 2,184 přes Labe

Zdvoukolejnění mostu přes Labe umožní zintenzivnění železniční dopravy. Bylo odstraněno omezující místo na frekventované železniční trati. Dalším pozitivním aspektem realizace mostu je snížení hlukové zátěže díky kolejovému loži, zlepšení jízdního komfortu, zvýšení traťové rychlosti se zkrácením jízdních dob a zvýšení bezpečnosti provozu.

V současné době probíhají dokončovací práce na mostě, aktuálně probíhá kompletní výluka mezi Rosicemi a hlavním nádražím v Pardubicích a zároveň mezi Rosicemi a Chrudimí. Během výluky se převede provoz z provizorního mostu na nový most.



Obr. 12 Podélný výsuv



Obr. 13 – Hotový most

**Ing. Gabriela Šoukalová, Ing. Libor Kožik, Ing. Petr Štasta,  
Ing. Ondřej Bartošek, Ing. Radim Bílek**  
FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.  
Mlýnská 68, 602 00 Brno  
[www.firesta.cz](http://www.firesta.cz)

# **Analýza účinnosti stavebních počinů na historických nýtovaných konstrukcích**

Ing. Pavla Fialová, Ing. Milan Kučera, Správa železnic, státní organizace

## **1. Cíle analýzy**

V železniční síti je Správou železnic spravováno přibližně 6 728 mostů a 1 271 nosných ocelových konstrukcí nýtovaných nebo šroubovaných. Historické nýtované konstrukce jsou v řadě případů opravovány z důvodu zachování jejich provozuschopnosti. Cílem analýzy bylo zjistit účinnost těchto oprav po uplynutí určité doby.



## 2. Nýtované mosty

V druhé polovině 19. a v první polovině 20. století byly nýtované spoje na konstrukci zcela běžné. Tento velmi pracný způsob výroby ocelových konstrukcí reflektoval tehdejší poměry, kdy práce byla ve srovnání s cenou materiálu levnější. S rozvojem technologií byly později tyto spoje nahrazeny šroubováním a především svařováním.

Samotné konstrukce jsou v porovnání s těmi současnými velmi složité. Vyznačují se velkým množstvím nýtovaných spojů, mnoha subtilními prvky a komplexními styčnickými. Mostní konstrukce byly z provozních důvodů v průběhu času postupně zesilovány a opravovány.

## 3. Analyzované mosty a konstrukce

V tabulce 1 je uvedeno 27 analyzovaných mostů, které jsou tvořeny celkem 55 nýtovanými nosnými konstrukcemi s rozpětím nad 18 m. Na těchto mostech byly provedeny opravy s celkovými náklady stavby většími než 5 mil. Kč. Od těchto oprav zároveň uběhlo alespoň 6 let.

Pro rozšíření analýzy byly řešeny i další opravované nýtované konstrukce, konkrétně 2 lávky a 1 točnice (viz tabulka 2).

Tabulka 1: Analyzované mosty

Č.	OŘ	Název úseku	km	Místní název	Délka přemostění [m]	Rok výroby	Stav. počin
1	BRN	Brno hl.n. (mimo) Slatinská (mimo)	2,569	Most přes řeku Svratka	75,70	1925	2014
2	HRK	Libuň (mimo) Turnov (mimo)	28,432	Turnovský příhradák	199,17	1903	2005
3	HRK	Chlumeck nad Cidlinou (mimo) – Miedzylesie (PKP) (mimo)	29,774	Labák	48,00	1934	2005
4	HRK	Chlumeck nad Cidlinou (mimo) Trutnov střed-obvod Poříčí (mimo)	106,610	Hostinné na soutoku	20,00	1875	2010
5	HRK	Martinice v Krkonoších (mimo) – Rokytnice nad Jizerou (včetně)	8,988	Horní Sytová	97,10	1899	2010
6	HRK	Liberec (mimo) Szklarska Poręba (PKP) (část)	36,628	Jizerský viadukt	108,08	1902	2015
7	OVA	Šternberk (mimo) – Hanušovice (vč.) (bez Hanuš.-Morava)	69,664	Hanušovický Moravní u pivovaru	21,41	1951	1998
8	PLZ	Ejpvovice (mimo) Stupno (včetně)	12,061	Klabava	103,87	1892	2003
9	PLZ	Bayerische Eisenstein (DBAG) (vč.) – Plzeň hl.n.-os.n. (mimo)	96,783	Radbuza	100,00	1876	2001

## Analýza účinnosti stavebních počinů na historických nýtovaných konstrukcích

Č.	OŘ	Název úseku	km	Místní název	Délka přemostění [m]	Rok výroby	Stav. počin
10	PLZ	Gmünd NÖ (ÖBB) (část) Plzeň hl.n.-os.n. (mimo)	213,710	Viadukt Rudolfovská	18,00	1906	2013
11	PLZ	Čičenice (mimo) Nové Údolí (včetně)	61,413	Studená Vltava	20,00	1908	2003
12	PLZ	Plzeň hl.n.-seř.n.(včet.jen seř.n.) – Mladotice (včetně)	29,557	Rybnice, Nebřeziny	148,32	1905	2007
13	PLZ	Plzeň hl.n.-seř.n.(včet.jen seř.n.) – Mladotice (včetně)	34,718	Horní Hradiště	56,78	1907	1999
14	PHA	Praha hl.n. (mimo) Praha-Vyšehrad (včetně)	3,545	Výtoň	77,50	1901	1998
15	PHA	Praha-Vyšehrad (mimo) Plzeň hl.n.-os.n. (včet., bez seř.n.)	16,700	Mokropsy	168,55	1910	1995
16	PHA	Rakona (mimo) Mladotice (mimo)	20,862	Břicháč	89,60	1898	2010
17	PHA	Nymburk hl.n. (mimo) Mladá Boleslav hl.n. (mimo)	29,048	Jizera	143,50	1898	2012
18	PHA	Praha-Vršovice os.n. (mimo) Praha-Vyšehrad (mimo)	0,731	Langr Vršovice	23,20	1926	2002
19	PHA	Dobříš (včetně) Vrané nad Vltavou (mimo)	29,319	Skochovice	222,05	1934	1998
20	PHA	Kutná Hora hl.n. (mimo) Zruč nad Sázavou (mimo)	3,485	Vrchlice	38,00	1905	2016
21	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	29,767	-	30,60	1898	2012
22	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	34,321	-	52,00	1898	2008
23	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	35,941	-	38,90	1898	2007
24	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	43,737	-	30,00	1898	2006
25	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	44,222	-	38,00	1898	2005
26	UNL	Bažantice (mimo) Vrbka (mimo)	0,587	Spojka Bažantice	88,56	1903	2010
27	UNL	Rumburk (mimo) – Sebnitz (DBAG) (část)(přes Šluknov)	24,627	Údolí Lučního potoka v Horní Poustevně	52,60	1904	2012



Tabulka 2: Analyzované lávky a točnice

Č.	OŘ	Název úseku	km	Místní název	Délka přemostění [m]	Rok výroby	Stav. počin
28	PHA	Praha hl.n. (mimo) Praha-Vyšehrad (včetně)	3,706	Lávky na mostě Pod Vyšehradem	216,00	1902	2019
29	PHA	Retz (ÖBB) (část) Kolín (mimo)	278,200	Lávka pro pěší Čáslav	122,42	-	2003
30	UNL	Mariánské Lázně (mimo) Karlovy Vary dol.n. (včetně)	33,363	Točnice Bečov	-	-	2014

V následujících kapitolách a tabulkách je zpracována analýza vybraných oprav.

#### 4. Stáří mostů a oprav

Průměrné stáří analyzovaných mostů je 117 let. Pouze 19 % jich nepřekročilo návrhovou životnost 100 let a téměř polovina má již více než 120 let. Nejvíce z nich bylo vyrobeno kolem roku 1900.

Analyzované opravy byly provedeny mezi roky 1995 a 2016.

Tabulka 3: Rok výroby nosných konstrukcí

Rok výroby	před rokem 1900	1901-1920	1921-1940	po roce 1940
Počet mostů	11 (41 %)	11 (41 %)	4 (15 %)	1 (4 %)

#### 5. Konstrukční uspořádání nosných konstrukcí

Pro analýzu byly vybrány mosty s nosnými konstrukcemi o rozpětí nad 18 m. Nejvíce jich má rozpětí do 40 m. Největší rozpětí je 83,55 m.

Tabulka 4: Rozpětí nosných konstrukcí

Rozpětí [m]	méně než 25	25-35	35-45	45-55	55-65	více než 65
Počet konstrukcí	18 (33 %)	13 (24 %)	13 (24 %)	3 (5 %)	7 (13 %)	1 (2 %)

Tabulka 5: Typy nosných konstrukcí

Typ konstrukce	Plnostěnná	Příhradová			Oblouková Langerův trám
		Násobná	Složená	Svislicová	
Počet konstrukcí	16 (29 %)	8 (15 %)	23 (42 %)	6 (11 %)	2 (4 %)

Tabulka 6: Typy mostovek

Typ mostovky	Prvková				Bez mostovky	
	Horní	Zapuštěná	Mezilehlá	Dolní	Mostnice	Kolejové lože
Počet konstrukcí	1 (2 %)	31 (56 %)	1 (2 %)	17 (31 %)	4 (7 %)	1 (2 %)

## 6. Parametry provozuschopnosti

Nejvíce analyzovaných mostů se nachází na tratích regionálních s nižší intenzitou dopravy, traťovou třídou zatížení C3 a obvyklá rychlost bývá 50-60 km/h.

Tabulka 7: Traťová třída zatížení na traťovém úseku mostu

Traťová třída zatížení	A	B2	C2	C3	D3
Počet mostů	2 (7 %)	2 (7 %)	5 (19 %)	15 (56 %)	3 (11 %)

Tabulka 8: Nejvyšší povolená rychlost na mostě

Rychlost na mostě	méně než 50 km/h	50-55 km/h	60 km/h	70-75 km/h	více než 80 km/h
Počet mostů	5 (19 %)	7 (26 %)	7 (26 %)	4 (15 %)	4 (15 %)

Tabulka 9: Intenzita dopravy

Řád koleje (mil. hrt/rok)	6 (pod 1,8)	5 (1,8-7,3)	4 (7,3-14,6)	3 (14,6-29,2)
Počet mostů	20 (74 %)	2 (7 %)	3 (11 %)	2 (7 %)

## 7. Charakter oprav

Nýtované mosty byly v průběhu své životnosti podrobeny již několika opravám. Především se jednalo o zesílení mostovky, výměnu podélníků, doplnění brzdných ztužidel, obnovu protikorozní ochrany a výměnu mostnic.

Během analyzovaných oprav bylo zasahováno zejména do mostovky a ztužení, včetně obnovy protikorozní ochrany. Většinou byly také v rámci stavebního počinu měněny mostnice i další prvky železničního svršku a byla provedena sanace spodní stavby.

Opravy na nýtovaných konstrukcích mohou probíhat přímo v mostním otvoru, nebo mimo otvor na vyhrazené ploše či v dílně. Při ponechání mostu v otvoru je nutné uvážit ztížené podmínky přístupnosti k jednotlivým prvkům a nižší možnou dosažitelnou kvalitou prováděných prací. V řadě případů je potřeba konstrukci v otvoru nadzdvihnout z ložisek, k čemuž nebývá uzpůsobena, a je proto nutné vytvořit dodatečná konstrukční opatření.

Výjmutí z otvoru je nákladnější způsob opravy, náročnější na manipulaci, přístupy a prostor staveniště. Přichází do úvahy u konstrukcí menších rozpětí s rozsáhlejšími zásahy do nosné konstrukce.

Výměna prvků na nýtovaných konstrukcích je obtížná. Komplexní styčníky sestavované daným postupem lokálně zamezují (z důvodu přístupnosti) technologii nýtování vůbec použít bez rozebrání daleko větší části konstrukce, než je potřeba vyměnit. Dalším významným aspektem je málo kvalifikovaných pracovníků, kteří dokáží nýtové spoje kvalitně zhotovit.

Náročnou součástí oprav je také obnova protikorozní ochrany. Probíhá za vyloučení, případně omezení provozu. Pro zřízení přístupu k jednotlivým prvkům se obvykle zhotovuje lešení, nebo jiné pomocné konstrukce. Dále je nutné přijmout dodatečná opatření dodržující ekologická omezení, např. týkající se likvidace odpadu. Kvůli členitosti prvků se na konstrukcích nachází řada míst, kde je obnova protikorozní ochrany velmi obtížná až technologicky nemožná. Jedná se především o úzké spáry mezi jednotlivými prvky.

## 8. Vývoj stavebního stavu

Analýza sledovala postupné snižování klasifikace stavebního stavu jednotlivých nosných konstrukcí po opravě. Na základě zhoršování stavebního stavu a vyvolané potřebě dalších větších stavebních zásahů byla účinnost oprav stanovena na maximálně 25-30 let.

Graf 1: Vývoj hodnocení stavebního stavu

pozn.: nosná konstrukce (K)/spodní stavba (S)



Rok	1993	1996	1999	2002	2005	2008	2011	2014	2017	2020
Hodnocení	K3/S2	K1/S1	K1/S1	K1/S2	K1/S2	K1/S2	K1/S2	K2/S2	K3/S2	K3/S2

Graf ukazuje příklad vývoje stavebního stavu na mostu v km 16,700 trati Praha – Plzeň (č. 15).

Tabulka 10: Aktuální hodnocení stavebního stavu nosných konstrukcí

Hodnocení nosných konstrukcí k roku 2023	1	2	3
Počet mostů	11 (41 %)	14 (52 %)	2 (7 %)

## 9. Poruchy na nosné konstrukci

Na nýtovaných konstrukcích se opakuje několik typů poruch. Nejzávažnější a nejrozšířenější jsou korozní poruchy a poruchy způsobené provozním zatížením.

Tabulka 11: Typy poruch na nosných konstrukcích

Koroze	Počet mostů	Zatížení dopravou	Počet mostů	Jiná	Počet mostů
Oslabení prvků	27 (100%)	Trhliny	4 (15%)	Deformace prvků	15 (56%)
Degradace PKO	27 (100%)	Poškození pohyblivých ložisek	12 (44%)	Rýhy, vrypy	7 (26%)
Spárová a šterbinová koroze	22 (81%)	Další poruchy v uložení	9 (33%)	Zanesená ložiska	8 (30%)
Koroze na plochách většího rozsahu	8 (30%)	Uvolněné nýty, šrouby	5 (19%)	Prasklé mostnice, napadené houbou	21 (77%)

Tabulka 12: Lokální korozní oslabení

Lokální korozní oslabení prvků	do 2mm	do 4mm	do 6mm	více než 6mm
Podélníky	12 (44%)	12 (44%)	2 (7%)	1 (4%)
Příčnický	7 (26%)	16 (59%)	3 (11%)	1 (4%)
Hlavní nosníky	8 (30%)	8 (30%)	9 (33%)	2 (7%)
Ztužení	10 (37%)	11 (41%)	4 (15%)	2 (7%)
Styčnickové plechy	10 (37%)	10 (37%)	4 (15%)	3 (11%)

Tabulka 13: Degradace protikorozní ochrany

Degradace PKO	Ri 1 (0,05%)	Ri 2 (0,5%)	Ri 3 (1%)	Ri 4 (8%)	Ri 5 (40–50%)
Počet mostů	4 (15%)	0 (0%)	13 (48%)	5 (19%)	5 (19%)

## 10. Závěr

Všechny analyzované stavební počiny byly hodnoceny jako zdařilé z hlediska splnění jejich záměru.

U historických nýtovaných mostů, pohybujících se na hraně své životnosti, lze při rozsáhlejší opravě počítat s možným prodloužením životnosti o maximálně 25-30 let. Poté je nutný další stavební zásah. V souvislosti s tím je třeba brát do úvahy i náročnější údržbu těchto konstrukcí v porovnání s novými mosty.

Efektivita oprav nýtovaných konstrukcí mostů se prokázala především na méně zatížených regionálních tratích. U dopravně významnějších tratí jsou mosty daleko více namáhané. Proto by mělo být usilováno spíše o dlouhodobější řešení a zvažována výměna nosné konstrukce.

Analýza je podrobněji rozpracována v dokumentu Správy železnic „Analýza efektivity oprav nýtovaných ocelových konstrukcí“.

**Ing. Pavla Fialová**

Správa železnic, státní organizace  
+420 607 202 557  
fialova@spravazeleznic.cz

**Ing. Milan Kučera**

Správa železnic, státní organizace  
+420 602 705 896  
kuceram@spravazeleznic.cz

# GRP System FX na železnici

## GRP 3000 – univerzální měřicí systém v oblasti železnice pro:

- vysoce přesné geodetické měření polohy a geometrických parametrů koleje
- zaměření průjezdného profilu ve 2D i 3D a to automaticky s definovanou hustotou bodů nebo manuální cílení
- zaměření trolejového vedení
- zaměření podkladů (stávajícího stavu) pro projektové práce
- kontrolu projektovaných hodnot oproti skutečným (poskytnutí dat pro korekci, okamžitá identifikace kritických míst) v reálném čase
- spolehlivý sběr informací o překážkách, jejich dokumentace a kontrola (centrální databanka pro zobrazení a správu všech definovaných a zaměřených průjezdných profilů, naměřených a projektových dat, včetně chronologie měření)



### GRP System FX se skládá z:

- precizního, robustního hardware – vozíku GRP 3000
- software Amberg Rail 2.0 a Amberg Clearance Basic

# Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů

Ing. Bohumil Kučera, JEKU, s.r.o.

Ing. Václav Podlipný, Ing. Jan Šimon, Správa železnic, státní organizace

## Anotace

*Přednáška se zabývá předpisy pro ochranu staveb před účinky bludných proudů a jejich aktuálním stavem na území ČR i SR. V přednášce je uvedeno členění předpisů ve vztahu k platným ČSN a evropským normám, jsou zmíněny všechny současné platné rezortní předpisy týkající se projektování a realizace staveb, ale i kontrolních měření na dotčených stavbách. Zmíněny jsou i předpisy zajišťující omezení vlivu bludných proudů na straně zdrojů, tj. v oblasti železniční dopravy, ať již vlakové, či městské. Přednáška se věnuje dokončení a vydání nového předpisu SŽ S13 nahrazujícího původní předpis SR 5/7(S) zabývající se danou problematikou bludných proudů v podmínkách železničních drah a některé další, nyní již neplatné, dokumenty vztahující se k problematice bludných proudů.*

## Úvodem

Problematika ochrany železobetonových staveb před účinky bludných proudů je řešena v ČR a SR cca od poloviny osmdesátých let minulého století. Systém ochranných opatření představuje soubor požadavků a zásad formulovaných již nejméně od sedmdesátých let minulého století, jejichž úkolem je především stanovit požadavky na dobrou kvalitu stavby tak, aby byly sníženy projevy korozního namáhání na minimum a byla zachována plná živostnost stavby i při působení bludných proudů, se kterými se často v praxi setkáváme v průmyslových a dopravně zatížených aglomeracích.

Předmětem návrhu ochranných opatření jsou obecně všechny ocelové a železobetonové konstrukce, které se do země ukládají. Požadavky na ochranu na líniových staveb - plynovodů a vodovodů jsou zakotveny v národních i evropských normách cca od šedesátých let.

## *Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů*

U železobetonových konstrukcí se systém ochranných opatření začal formovat do metodik až v osmdesátých letech minulého století.

Na úrovni ÚNMZ v ČR a SUTN v SR jsou tyto normy zajišťovány pracovními skupinami pro jednotlivé obory plynárenství a betonové konstrukce (mosty, tunely, opěrné stěny, pozemní stavby). Problematikou koroze a účinků bludných proudů se zabývají zejména pracovní skupiny:

- TNK 32 Ochrana proti korozi
- TNK 126 Elektrotechnika v dopravě
- TNK 146 Projektování pozemních komunikací, mostů a tunelů

Normy jsou dále rozpracovány rezortními předpisy či oborovými normami, a to jak např. v oblasti plynárenství (předpisy TPG), tak v oblasti dopravy – systém předpisů TKP a TP (Technických kvalitativních podmínek pozemních komunikací a Technických podmínek staveb pozemních komunikací).

Podobný systém předpisů je zaveden i v podmínkách železnice (SŽ / ČD), je však doplněn systémem oborových norem TNŽ a přepisy nižší úrovně, jako jsou Směrnice, Služební rukověti a další.

Předpisy pro dopravní podniky se řídí přednostně českými a evropskými normami. Platí pro ně, stejně jako pro všechny dráhy, zejména soubor norem ČSN EN 50122-1, -2, -3. Tyto normy jsou nově vydány v roce 2023 v edici 3.

V současné době se připravuje v rámci DP Praha pro návrh a provoz staveb tramvajových tratí nový předpis pro ochranu před účinky bludných proudů. Jeho koncepce vychází ze zavedených předpisů MD ČR a SŽ.

Pro stavby metra platí „Obecné požadavky“ pro stavby v blízkosti staveb metra. Tyto požadavky v současné době prochází revizí, a právě pro oblast ochrany před účinky bludných proudů se připravuje revidovaný dokument. Na změnu Obecných požadavků pro stavby metra by měl navazovat rovněž nový předpis pro ochranu před účinky bludných proudů pro stavby metra.

V současné době jsou rezortní předpisy dostupné na těchto odkazech:

### **MD ČR:**

<http://www.pjpk.cz/technicke-podminky-tp/>

<http://www.pjpk.cz/metodicke-pokyny-smernice-a-dalsi-technicke-pre/>

### **SŽ:**

<https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vnitri-predpisy-spravy-zeleznic/dokumen-ty-a-predpisy?inheritRedirect=true> (zadání S, 13)

### **plynárenství:**

<https://www.cgoa.cz/ts.platne-normativni-dokumenty/platna-tpg>



## **Problematika betonových konstrukcí**

Pro rezort staveb pozemních komunikací a dopravy byly vytvořeny speciální předpisy pro ochranu staveb před účinky bludných proudů. Tyto předpisy komplexně popisují systém ochranných opatření od předprojektové přípravy a projektové přípravy staveb, stanovují požadavky především na pasivní ochranná opatření, stanovují požadavky na systém kontrolních měření a systém nedestruktivní diagnostiky koroze výtuzže a trvalé rozvody pro sledování vlivu bludných proudů a také stanovují postupy při nezbytnosti návrhu aktivních ochran a jejich provozování, definují systém požadavků kontrolních měření v průběhu stavby a po dokončení stavby a konečně stanovují požadavky na provozovatele staveb.

Předpisy se zabývají komplexním řešením každé stavby – tj. sumarizují přehledově požadavky na každou část stavby: předpisy byly původně vytvořeny pouze pro mostní objekty s obecnou platností. Postupně byly předpisy rozpracovány pro další typy konstrukcí, zejména tunelové stavby, kombinované stavby pro železnici a pozemní komunikace, speciální stavby v rámci základní atd.

Předpisy navazují zejména na normu ČSN EN 50162, kde v národní příloze NA je uveden základní postup pro návrh ochranných opatření s odkazem na předpisy nižší úrovně. Tato skutečnost je významná zejména pro navrhování pozemních staveb, pro které není jiný předpis s danou podrobností zpracován. Aplikace zejména předpisu TP PK 124 MD ČR (2009) je uplatňována pro pozemní stavby právě přes normu ČSN EN 50162.

Nezahrnutí problematiky pozemních staveb do rezortních předpisů bylo v době vzniku předpisů nezbytné pro jejich obsáhlost. V současné době zůstává tento nedokončený bod (kapitola) poměrně citlivou částí zejména při současném návrhu železničních uzlů, a tedy budov železničních stanic. Při návrhu těchto staveb se vychází z kombinace zkušeností z návrhu pozemních staveb navrhovaných v prostředí s vlivem bludných proudů a zkušeností s řešením ochrany betonových konstrukcí na drahách. V rámci tvorby předpisů by měla tato část být doplněna přílohou, podobně jako systém izolovaného předpětí. Pro TP PK 124 MD ČR byla příloha stanovující požadavky na návrh a realizaci izolovaného předpětí dokončena v roce 2012, doposud však nebyla vydána a předpokládá se její vydání s revizí TP PK 124, která však zatím není zahrnuta v programu pro tvorbu předpisů MD ČR/ŘSD.

Odkaz na zmiňované rezortní předpisy MD ČR a SŽ zapracován i do normy ČSN EN ISO 12696 Katodická ochrana oceli v betonu.

## **Základní přehled vydávaných dokumentů a předpisů vztahujících se k bludným proudům**

### **A. Platné rezortní předpisy pro ochranu před účinky bludných proudů v rezortech dopravy ČR a SR**

#### **Pro rezort dopravy pozemních komunikací (MD ČR):**

**TP PK 124** Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací, MD ČR, 2009.

*Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů  
proti účinkům bludných proudů*

**Pro rezort železniční dopravy ČR:**

**Předpis SŽ S13** Ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů pro stavby na železnici, účinnost od 1. listopadu 2023.

**Pro rezort železnice SR:**

**TS 15** Zásady pre stavbu, rekonštrukciu a prevádzku železničných mostov a tunelov z hľadiska ochrany pred koróziou bludnými prúdmi (ŽSR, 2011)

<https://www.zsr.sk/showdoc.do?docid=237&forceBrowserDetector=blind> (na objednávku)

**Pro rezort dopravy SR**

**TP 03/2014** Základné ochranné opatrenie pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií.

**Od roku 2016 došlo v SR ke změně v systému číslování TP a předpis nese označení TP 081**

<https://www.ssc.sk/sk/technicke-predpisy-rezortu/zoznam-tp.ssc>

[https://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp/tp\\_081.pdf](https://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp/tp_081.pdf)

Rozsah předpisu TP 081 byl redukován na problematiku mostních objektů s tím, že vychází z rozborové úlohy I a II, které zůstávají i nadále v platnosti. Rozborová úloha obsahuje dvě části. První, teoretickou část, která popisuje podrobně obsah těchto technických předpisů:

[http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/rozborove\\_ulohy/2009\\_ru\\_cast\\_i\\_i\\_sprievodna\\_sprava.pdf](http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/rozborove_ulohy/2009_ru_cast_i_i_sprievodna_sprava.pdf)

Druhá část RÚ pak obsahuje první návrh předpisu v rozsahu TP 124, resp. TS 15

[http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/rozborove\\_ulohy/2009-ru\\_cast\\_ii\\_navrh\\_metodiky.pdf](http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/rozborove_ulohy/2009-ru_cast_ii_navrh_metodiky.pdf)

Pro předpisy byl podán návrh na revizi, revize doposud nebyla zahrnuta do plánu tvorby předpisů. Při návrhu ochranných opatření je nutno využívat i předpis TS 15 a případně související české dokumenty, zejména pro část metodiky měření.

**Metodické pokyny pro měření vlivu bludných proudů.**

Požadavky na měření vlivu bludných proudů pro mostní i tunelové stavby jsou zakotveny v odpovídajících předpisech pro měření vlivu bludných proudů. V rezortu dopravy se používá metodický pokyn MP-DEM:

***Dokumentace elektrických a geofyzikálních měření betonových mostních objektů a ostatních betonových konstrukcí PK (2009)***

[http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_11\\_METODICKE\\_POKYNY/DEM\\_2008\\_final.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_11_METODICKE_POKYNY/DEM_2008_final.pdf)

Pro železnice je metodický pokyn zahrnut zpět do hlavního dokumentu SŽ S13 a je uveden v příloze:

***Příloha H (normativní) Dokumentace elektrických a geofyzikálních měření mostů a ostatních konstrukcí na železnici (DEM)***

## *Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů*

Na Slovensku nebyla ani pro železnice ani pro silniční dopravu samostatná metodika vydána a používají se shora uvedené předpisy pro ČR. Předpis pro slovenské železnice TS 15 obsahuje přílohu 7 „Dokumentácia elektrických a geofyzikálnych meraní železničných mostných a tunelových objektov (DEMS)“, která představuje zkrácenou podobu metodického pokynu. Pro slovenské dálnice tato metodika není připravena vůbec a využívá se odkazu na metodiku českou (MP DEM, MD ČR 2009).

### **B. Předpisy v rámci TNK 126 Energetika v dopravě**

Od roku 2011 je nutné u všech staveb souvisejících s elektrizovanými železničními dráhami respektovat normu ČSN EN 50122-2, ed.2 a od roku 2023 ČSN EN 50122-2, ed.3, která stanovuje požadavky jak na ochranná opatření, tak na měření pro snížení úniku bludných proudů z koleje. Jedná se o součást klíčových norem pro elektroinstalace na drahách:

ČSN EN 50122-1 ed. 3 Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod - Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem

**ČSN EN 50122-2 ed. 3 Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemnění a zpětný obvod - Část 2: Ochranná opatření proti účinkům bludných proudů DC trakčních soustav**

ČSN EN 50122-2 Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemnění a zpětný obvod - Část 3: Vzájemná interakce mezi AC a DC trakčními soustavami

### **C. Předpisy v rámci TNK 32 Ochrana proti korozi:**

Výchozími předpisy pro shora citované rezortní předpisy jsou především normy řady ČSN 03 83xx spadající do TNK 32, které se doplňují evropskými normami. Na rozdíl od SR nebyla v ČR provedena stejná chyba a národní normy nebyly paušálně zrušeny.

Významnými normami pro danou problematiku jsou dále normy

**ČSN EN 50162** Ochrana před korozi bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav

**ČSN EN ISO 12696** Katodická ochrana oceli v betonu

Obě normy jsou doplněny NA přílohou s odkazem na shora citované rezortní předpisy. Norma ČSN EN ISO 12696 je před vydáním v české verzi.

Mimo obě základní pracovní skupiny TNK 32 a TNK 126 vznikla norma poměrně širokého obsahu, která se zabývá vlivem bludných proudů mimo trakční soustavy. Zabývá se mj. vznikem bludných proudů stejnosměrných venkovních vedení VVN, bludných proudů vzniklých rotací země pod vlivem magnetického pole Slunce, zmiňuje i FVE systémy:

## **ČSN EN ISO 21857 Naftový, petrochemický a plynárenský průmysl - Prevence koroze potrubních systémů ovlivněných bludnými proudy**

### **D. Předpisy v rámci TNK 146 Projektování pozemních komunikací, mostů a tunelů**

V rámci činnosti TNK 146 probíhá koordinace pro oblast ochrany staveb před účinky bludných proudů v dané oblasti společně s tvorbou rezortních předpisů. Samostatné normy pro danou problematiku v této TNK nevznikají.

### **E. DP Metro (JDCM) a případně DP ED**

V rámci DP Metro (JDCM) a případně DP ED a dalších dopravních podniků se postupuje jednak podle odpovídající ČSN a shora uvedených předpisů a jednak podle předpisu DP. Zejména pro DP Metro je důležité respektovat

Obecné podmínky pro přípravu a realizaci staveb v ochranném pásmu metra (OPM), které jsou v souladu se zákonem č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, a tvoří přílohu k vyjádření odboru Technika DPM. Tento materiál stanovuje podmínky pro vzdálenost od stavby metra případně podmínky pro stavbu na metru a z hlediska dané problematiky se zabývá zejména vzdáleností zemnicích soustav. Jak je uvedeno výše materiál je v revizi.

### **Specializovaná pracoviště**

Vzhledem k obsáhlosti problematiky bylo nutno v rámci rezortu dopravy (a později i na úrovni ISO normy) definovat požadavky na kvalifikaci osob, které jsou oprávněny provádět činnosti související zejména s měřením vlivu bludných proudů v rezortu dopravy. Praxe ukazuje, že tyto požadavky by se měly dotýkat i kvalifikace pro návrh ochranných opatření.

V ČR se postupuje podle TP PK 124 MD ČR a předpisu SŽ S13. Specializovaná pracoviště jsou vybavena oprávněním pro tyto činnosti na základě předložených prací a přezkoušením v souladu s požadavky definovanými Metodickým pokynem MD ČR Systém jakosti v oboru pozemních komunikací – část II/2 – průzkumné a diagnostické práce č.j. 20840/01-120 v platném znění (MD ČR, OPK) pro dopravní i železniční stavby. Každý základní korozní průzkum, který je podkladem pro návrh ochranných opatření v rámci zpracování projektové dokumentace, tak musí být doložen dokladem o způsobilosti zpracovatele měření k těmto činnostem. Shodně se postupuje při provádění měření v průběhu a po dokončení stavby.

Na Slovensku tuto metodu ověřování kvality specializovaných pracovišť nepřevzali a používají kvalifikaci dle **STN EN 15257 Katodická ochrana - Stupně odborné způsobilosti a certifikace pracovníků katodické ochrany**. Tato norma je však zaměřena především na návrh katodické ochrany (v daném případě dle ČSN (STN) EN ISO 12696 a norem souvisejících) a nikoli na základní měření vlivu bludných proudů a navrhování ochranných opatření. Dosahované výsledky tamních specializovaných pracovišť jsou zavedenému postupu adekvátní a měření se jen pomalým tempem blíží k zavedené kvalitě v podmínkách ČR.

**Předpis SŽ S13 Ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na stavby železničního spodku**

Zpracovatel se snažil zachovat jednotnost řešení předpisu a jeho členění pro všechny čtyři předpisy – jak silniční, tak železniční v ČR i SR. Každý, kdo s předpisy pracuje dle své profese, by měl vnímat jednotnost systému řešení ochranných opatření s identifikací odlišností pro silniční dopravu a železniční dráhy. Pro nový předpis SŽ S13 se uvádí tyto základní principy:

- Předpis navazuje na předpis z roku 1997 a nový předpis je rozpracován na úroveň předpisu TP PK 124 MD ČR z roku 2009 do větších podrobností pro dráhu
- Jsou zachovány požadavky pro ochranu betonových konstrukcí určených pro provoz tratí elektrizovaných jednofázovou proudovou trakční soustavou (střídavou trakční soustavou). Důvodem je nejen status quo v daném oboru, ale i poznatky z měření na stavbách při výstavbě nebo rekonstrukcích těchto tratí. Zejména u tunelových staveb je zřetelná polarizace výztuže stejnosměrným napětím, byť trakční soustava je jednofázová 25kV. Navíc se ukazuje stále častěji, že je nutno se zabývat i možnostmi vlivu indukovaných napětí do betonových konstrukcích. V takovém případě jsou principy navrhovaných pasivních ochranných opatření více než užitečné i z hlediska bezpečnostního anebo v kombinaci řešení bezpečnosti staveb a korozního namáhání. To platí a bude platit beze zbytku i pro tratě VRT. Tyto tratě nejsou do předpisu zatím zahrnuty.
- Podobně jako v ostatních citovaných předpisech je zaveden statut „specializovaného pracoviště“, tedy pracoviště s oprávněním provádět měření vlivu bludných proudů na betonových konstrukcích, jejich vyhodnocování a případně navrhování dodatečných ochranných opatření či participovat při speciálních návrzích ochranných opatření. S vývojem předpisů byl postupně sjednocen požadavek na prokázání kvalifikace pracovišť, jak v rámci staveb pozemních komunikací, tak v rámci SŽ. Pracoviště jsou přezkušována ze znalosti dotčených předpisů, zkušenosti s měřeními a kontrolou provedených prací ve stanovených periodách. Jejich seznam je veden v databázi MD ČR (<http://www.pjpk.cz/korozni-pruzkum/>).
- Ve smyslu předchozího bodu je zachován minimální požadovaný stupeň ochranných opatření č.4 pro všechny betonové konstrukce, které jsou určeny pro vedení elektrizované trati nebo v její těsné blízkosti. Tato podmínka však neznamená, že pro dané stavby nebude zpracováván základní korozní průzkum, jak tomu bylo i doposud. Ten je významnou součástí projektové přípravy pro návrh ochranných opatření, ale především je výchozím podkladem pro hodnocení vlivů po elektrizaci ve smyslu TKP SSD 25A a ČSN EN 50122-2.
- I nadále platí, že podrobný průzkum a základní korozní průzkum jsou základní podklady pro návrh projektové dokumentace stavby a obě činnosti jsou součástí předprojektové, případně projektové přípravy, nikoli položky pro zhotovitele stavby. Tento požadavek platí jak pro trakční soustavy elektrizované stejnosměrnou proudovou trakční

## *Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů*

soustavou, tak jednofázovou proudovou trakční soustavou. Požadavek bude zachován i pro dvoufázovou trakční soustavu (VRT).

- Termín jednotně zavedený ve všech čtyřech předpisech „Podrobný průzkum“ vycházející z ČSN 03 8370 představuje činnost související se zjišťováním, zdrojů bludných proudů v terénu dle mapových podkladů a informací od provozovatelů zařízení v lokalitě stavby, je speciálně pro SŽ S13 nově nahrazen termínem „Předběžný průzkum“ se spolu uvedením původního názvu „Podrobný průzkum“. Důvodem je snaha o koordinaci s předpisem TKP SSD 25A a omezení nelogičnosti v posloupnosti průzkumů, kdy termín „podrobný“ se může jevit jako podrobnější než „Základní korozní průzkum“ (byť je termín zaveden od roku 1970 a v předpisech TP a SR od roku 1989, resp. 1997).
- Obecně platí, že problematika úniku zpětných trakčních proudů, a tedy bludných proudů se dotýká staveb určených pro vedení jak stejnosměrných trakčních soustav, tak soustav střídavých tak, jak bylo uvedeno v původní SR5/7(S) a je uvedeno nově i v SŽ S13.
- Speciální péče je věnována předpínací výztuži. V silnější formě, než pro TP PK 124, je formulována povinnost používat systémy izolovaných předpětí. Zatímco předpis TP PK 124 využíval ještě švýcarského předpisu ASTRA 12010, nová SŽ S13 odkazuje již kromě citace téhož předpisu i na normu ČSN EN 1992-2, změna 2, kde uvedené požadavky jsou již zakotveny rovněž, jen s jiným značením; nepoužívají klasifikaci izolace předpětí A, B a C, ale používají označení P1, P2 a P3 pro shodné řešení kvality izolace.
- Další významnou změnou je odstavec týkající se návrhu pevných jízdních drah, a to jak na mostních objektech, tak v tunelových stavbách. Úprava předpisu vychází ze zkušeností dosažených na mostních i tunelových stavbách v ČR. Dle současných poznatků a praxe a dostupných technologií je například již zcela nemyslitelné navrhovat kotvení kolejnic přímo do mostovky s předpjatou nechráněnou výztuží. Platí tedy, že elektrické izolační kolejnic bude uplatňováno v betonových konstrukcích a na betonových konstrukcích i pro jednofázové trakční soustavy.
- Z předpisu TP PK 124 jsou pak přeneseny shodné požadavky na trvalé zemní kotvy a další kotevní prvky.
- Velká pozornost byla věnována problematice ukolejňování. V rámci návrhu ochranných opatření je cílem koordinace s projektem ukolejňování stavby s cílem nalezení optimálního řešení i z hlediska ochrany před účinky bludných proudů. Tento bod se týká zejména požadavku na ukolejňování výztuže, který je předmětem diskusí již od vydání normy EN 50122-1, ed.1 a ed.2. Výztuž v betonu se neukolejňuje a ukolejňují se pouze neživé (kovové) části nacházející se v POTV (prostor ochrany trakčního vedení dle ČSN EN 650122-1). Beton není ani izolant, ani polovodič, ani vodič, ale jedná se o elektrolyt s podobnými (shodnými) vlastnostmi jako zemina a výztuž v betonu je bezpečně uzemněna, nevznikají na ní žádná nebezpečná dotyková napětí. V novém předpisu je kromě zákazu obnažování a ukolejňování náhodné výztuže zakotveno vysvětlující

## *Nový předpis SŽ S13 Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů*

ustanovení týkající se odkazu na normu EN 50122-1, ed.2 s odůvodněním, proč se výztuž neukolejňuje.

- Dalším speciálním doplněním je pak vazba na požadavky ČSN EN 50122-2 ve vztahu k požadavkům na oddělení uzemnění a napájecích soustav elektrických instalací od zpětné trakční cesty. Stanovují se požadavky na veřejné osvětlení, ochranu před bleskem a provedení instalací v prostředí s bludnými proudy (elektrizované dráhy).
- V oblasti diagnostiky koroze výztuže a aktivních ochran je předpis sjednocen s ostatními shora uvedenými předpisy. I zde platí, že aktivní ochrany pro betonové konstrukce se považují za výhradně nouzové ochranné opatření, když už všechna další dostupná ochranná opatření se prokáží jako nedostatečná. Omezení aplikace aktivních ochran platí i nadále pro stavby s předpojatou výztuží.
- V původní SR 5/7(S) z roku 1997 byla vedena metodika měření vlivu bludných proudů jako příloha 1. Tento stav zůstává zachován i pro předpisu SŽ S13 na rozdíl od předpisu TP PK 124 MD ČR. I v rámci SŽ S13, příloha H je metodika koncipována tak, aby pracoviště mohla postupovat jednotně, jednotnými postupy a byly pouze doplněny kapitoly týkající se železničních zařízení a staveb. Z logiky věci je pak odlišně pojata klasifikace mostních objektů, kde je zahrnut zejména druh převáděné trati.

### **Závěrem**

S nabytím účinnosti nového předpisu SŽ S13k 1.11.2023 je dokončen systém předpisů pro silniční a železniční stavby v ČR (a SR). V roce 2024/2025 se předpokládá uskutečnění podrobného školení pro projektanty, zhotovitele i investory a provozovatele v rozsahu cca jednodenního školení, které se bude celou problematikou zabývat podrobně včetně ukázek reálných příkladů ze staveb tvorby projektových dokumentací.

Zároveň na základě projednání se SŽ by měla být připravena příloha k předpisu SŽ S13 obsahující vzorové detaily řešení, například v oblasti systému provaření výztuže, vývodů, uzemnění, skříní pro měření apod. Předpokládá se doplnění přílohy pro řešení ochranných opatření pro pozemní stavby (železniční stanice) a požadavky na izolované předpětí.

**Ing. Bohumil Kučera**

JEKU s.r.o.

Pražská 1279/18, 102 00 Praha 10

272 011 091

kucera@jeku.cz

www.jeku.cz

# Studie aerodynamických efektů v tunelech na IV. TŽK

Ing. Emanuel Mergl, VÚKV a. s.

Ing. Josef Bednář, Správa železnic, státní organizace

## 1. Aerodynamické efekty v tunelech

Příspěvek stručně představuje některé výsledky probíhající studie, která je zaměřena na vyhodnocení aerodynamických efektů v tunelech na IV. tranzitním železničním koridoru (TŽK) a kterou zpracovává VÚKV a. s. na základě zadání O13 Správy železnic, státní organizace. Studie analyzuje tyto efekty ve dvoukolejných tunelech, konkrétně na příkladech existujících tunelů (Mezno, Deboreč a Zvěrotický) a dvou projektovaných tunelů (Hosínský a Chotýčanský). Všechny tyto tunely jsou navrhovány pro provoz s traťovou rychlostí až 200 km/h.

Text upozorňuje na vybrané aerodynamické efekty a uvádí je v souvislosti s požadavky na návrh tunelů nebo řešení přístupu vozidel na trať. Na úvod musí být zdůrazněna vzájemná interakce všech subsystémů (částí železničního systému), tj. vozidel, infrastruktury a provozních podmínek, které svými parametry ovlivňují výslednou velikost aerodynamických efektů. Otázky aerodynamiky proto nelze řešit samostatně pro každou část železnice, ale musí být posuzovány v kontextu celého systému a ve vztahu k jednoznačně definovaným okrajovým (zadávacím) podmínkám. To významně zasahuje již do fáze tvorby samotného konceptu železniční sítě, který tak musí vhodně zohlednit různé kombinace nebo jednotlivá řešení vozidel, provozu a infrastruktury.

Problematika aerodynamiky je relativně obsáhlá a představuje řešení množství témat, která se objevují při jízdě vozidla v tunelech ale i na širé trati. Pro aerodynamiku v tunelech se vyskytují následující témata:

- kolísání tlaku v tunelu (charakteristické tlakové změny, zdravotní kritérium 10 kPa);
- mikro-tlakové vlny (tlakový gradient při vjezdu vozidla do tunelu, hlukové emise v okolí portálů);



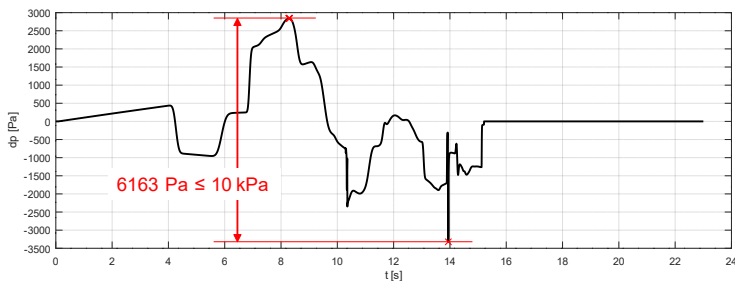
- aerodynamické zatížení konstrukce vozidla i infrastruktury (vlivem tlakových změn v tunelu nebo indukovaného proudění vzduchu);
- tlakový komfort cestujících (tlakotěsnost vozidla);
- interakce sběrače a trakčního vedení;
- aerodynamický odpor;
- indukované proudění, ventilace, podzemní stanice a další specifická témata.

Základní posouzení aerodynamických efektů při návrhu tunelů vyžaduje už směrnice EU o technických specifikacích pro interoperabilitu subsystému infrastruktura železničního systému (TSI INF). Podrobněji se tématu věnuje soubor norem EN 14067 „Železniční aplikace – Aerodynamika“, které kromě definic požadavků shrnují i metody a postupy na hodnocení těchto efektů. Aerodynamice v železničních tunelech se konkrétně věnuje část 5, tj. její aktuálně platné znění EN 14067-5+AC:2023 „Požadavky a postupy posuzování pro aerodynamiku v tunelech“.

Uvedená studie se věnuje hlavně otázkám splnění zdravotního kritéria, tlakovému zatížení vozidel i zatížení na konstrukci v tunelu a tlakovému komfortu cestujících. Jejich analýza a posouzení jsou dnes nedílnou součástí návrhu tunelů pro rychlosti obecně nad 160 km/h, ale pro některá témata dokonce již pro rychlosti nad 140 km/h, jak naznačují směrnice TSI nebo evropské normy. Pro tyto rychlosti totiž velikost aerodynamických efektů bezprostředně souvisí se zajištěním bezpečného provozu nebo zachováním atraktivnosti železniční dopravy (komfort cestujících, zajištění provozního konceptu apod.).

## 2. Hodnocení vybraných efektů

Při vjezdu vozidla do tunelu vzniká kompresní tlaková vlna, která se dále šíří tunelem rychlostí zvuku, na druhém konci se odráží a postupuje zpět s opačnou velikostí jako expanzní tlaková vlna. Analogicky vzniká a dále se šíří expanzní tlaková vlna při vjezdu konce vozidla do tunelu. Při míjení dvou vozidel v tunelu je vyšší počet vzniklých tlakových vln důsledkem jejich pestré superpozice a současně vyšších výsledných tlakových změn.

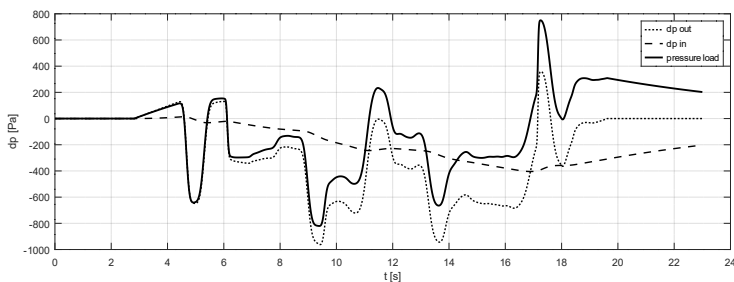


Obr. 1 – Ukázka vyhodnocení zdravotního kritéria v tunelu Mezno na povrchu referenčního vozidla (ve vzdálenosti 5 m od čela) při míjení dvou vozidel s rychlostí 200 km/h a s délkou 400 m; velikost maximální tlakové změny je v tomto případě 6163 Pa

Základní požadavek pro návrh tunelů je omezení maximálního kolísání tlaku, který se také označuje jako tzv. zdravotní kritérium a který stanovuje limitní tlakovou změnu 10 kPa vyskytující se na povrchu vozidla při jeho průjezdu tunelem. Hodnocení se provádí pro referenční

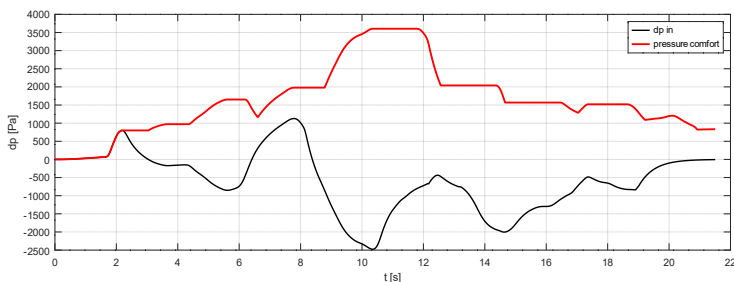
vozidlo, které podrobně definuje EN 14067-5 a které způsobuje mezní tlakové změny dle definice technické specifikace pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla (TSI LOC PAS). U dvojkolejných tunelů se musí uvažovat nejnepříznivější případ míjení dvou vozidel. Příklad vyhodnocení zdravotního kritéria je uveden na Obr. 1.

Časově proměnné tlakové změny v tunelu způsobují tlakové zatížení konstrukce vozidla, která můžeme registrovat v podobě výjimečných a únavových zatížení. Velikost zatížení kromě parametrů vozidla a tunelu významně ovlivňuje i tlakotěsnost konstrukce vozidla určující časové zpoždění přenosu tlakových změn do interiéru a také konkrétní provozní podmínky, jako je sólo jízda nebo míjení s jiným vozidlem. Příklad tlakového zatížení vozidla ukazuje Obr. 2.



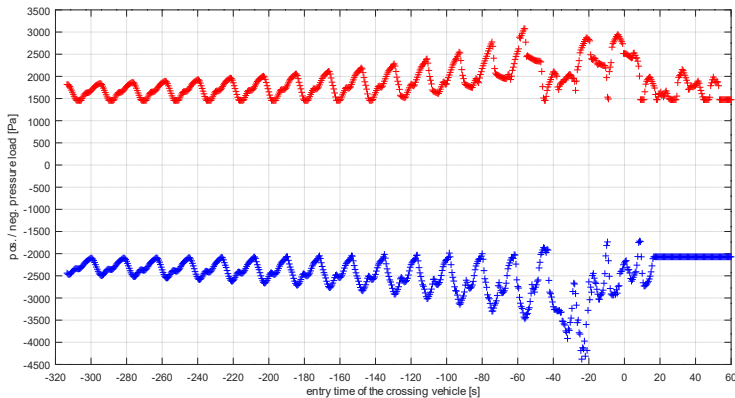
Obr. 2 – Průběh tlakových změn vně a uvnitř vozidla včetně výsledného tlakového zatížení konstrukce vozidla s tlakotěsností  $\text{dyn} = 8$  s při jeho sólo průjezdu tunelem Mezno rychlostí 180 km/h; velikosti maximálních zatížení jsou v tomto případě -820 / +750 Pa

Tlakové změny pronikající do interiéru vozidla jsou vnímány cestujícími a určují jejich tlakový komfort. Ten se definuje jako maximální přípustná tlaková změna ve zvoleném časovém intervalu pro libovolný okamžik vozidla v tunelu. Tlakový komfort je ovlivněn tlakotěsností konstrukce vozidla, která definuje míru přenosu tlakových změn z okolí vozidla do jeho interiéru. Pro netlakotěsná vozidla nicméně určují tlakový komfort pouze parametry tunelu a dané provozní podmínky. Příklad tlakového komfortu ve vozidle ukazuje Obr. 3.



Obr. 3 – Tlakové změny uvnitř netlakotěsného vozidla projíždějící tunelem Mezno rychlostí 160 km/h při míjení s referenčním vozidlem a vyhodnocení tlakového komfortu pro časový interval 4 s; hodnota komfortu je v tomto případě změna 3600 Pa / 4 s splňující doporučenou maximální změnu 4500 Pa / 4 s dle EN 14067-5 pro netlakotěsná vozidla

Obdobně jako je zatěžována konstrukce vozidel, působí tlakové změny i na všechny konstrukce umístěné v tunelu, které oddělují prostory s různými podmínkami jako například dveře únikových chodeb, skříňové rozvaděčů apod. I v těchto případech můžeme rozlišit zatížení výjimečná a únavová nebo pozorovat vliv jejich těsnosti na výsledné hodnoty zatížení. Příklad vyhodnocení zatížení konstrukce v tunelu uvádí Obr. 4.



Obr. 4 – Souhrn hodnot tlakových zatížení působící na dveře oddělující prostor traťového tunelu a únikové chodby v Hosínském tunelu pro varianty míjení dvou TSI referenčních vozidel s délkou 200 m a rychlostí 200 km/h; souhrn zobrazuje zatížení v závislosti na času vjezdu druhého vozidla do tunelu (první vozidlo vjíždí vždy v čase 0 s a druhé vjíždí dříve – záporné hodnoty času, nebo později – kladné hodnoty času); výjimečné záporné zatížení je v tomto případě -4380 Pa při rozdílu vjezdu vozidel -24 s (pozn.: výjimečné kladné zatížení 3740 Pa se vyskytuje v případě míjení dvou vozidel s délkou 400 m)

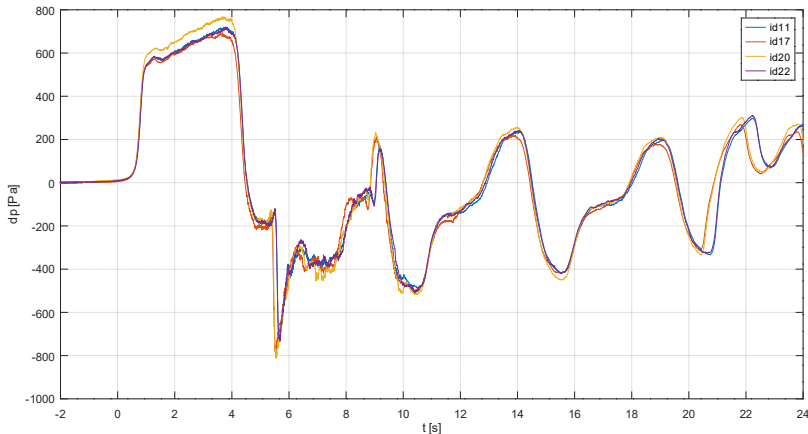
### 3. Realizované měření

Součástí studie je realizace několika měření aerodynamických efektů. Jedním z nich je měření tlakových změn a rychlosti proudění na pevné pozici v tunelu Mezno – viz Obr. 5, na kterých je možné prakticky demonstrovat jednotlivá témata aerodynamiky v tunelech.



Obr. 5 – Pohled na měřicí stanoviště se snímači tlakových změn v tunelu Mezno

Průběh tlakových změn naměřený v tunelu Mezno zobrazuje Obr. 6, který je ukázkou účinků působících v tunelu na jedné pozici při konkrétních podmínkách zkoušky. Ty mohou být například zdrojem zatížení konstrukcí nebo vybavení v tunelu (např. dveře nouzových východů, skříň rozvaděčů atd.), pokud by se na v této pozici vyskytovaly.



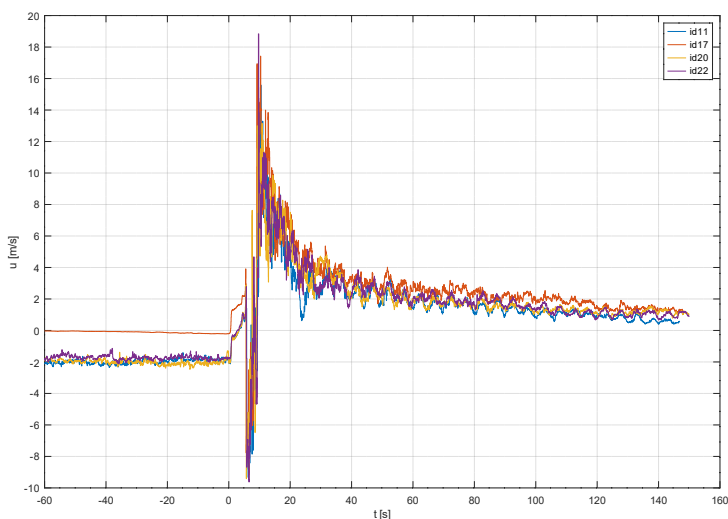
Obr. 6 – Soubor vybraných naměřených dat pro tlakové změny na pevné pozici ve vzdálenosti 245 m od portálu v tunelu Mezno při sólo průjezdu vlakové soupravy ve složení lokomotiva a 5 osobních vozů jedoucí rychlostí v rozmezí 156 až 160 km/h

Společně s měřením tlakových změn bylo realizováno i měření rychlosti proudění v podélném směru (ve směru osy tunelu), jehož výsledky jsou zobrazeny na Obr. 7.

Na těchto výsledcích je možné například identifikovat výskyt přirozeného proudění v tunelu, které se u většiny zkušebních jízd vyskytovalo kolem cca -2 m/s (znaménko mínus v tomto případě označuje proudění v opačném směru než směr jízdy vozidla). Přítomnost přirozeného proudění v tunelu, např. vlivem odlišných atmosférických podmínek u portálů, modifikuje relativní rychlost projíždějícího vozidla a současně tak ovlivňuje velikost generovaných tlakových změn.

Rychlosti proudění úzce souvisí i s problematikou interakce pantografu vozidla a trakčního vedení v tunelu. Uvedený průběh rychlosti proudění ukazuje typický jev, kdy vzduch vytlačovaný před vozidlem je přemísťován do prostoru za něj. V okolí vozidla proto registrujeme vysoké rychlosti proudění v opačném směru, než je směr jízdy vozidla. To je zdrojem nárůstu relativní rychlosti nabíhajícího proudu na lištu pantografu, zvětšení jeho přitlačné síly a vzniku specifických dynamických efektů při jeho interakci s trakčním vedením.

Výskyt těchto rychlostí proudění v tunelu je zdrojem i zatížení některých typů vybavení v tunelu, např. traťových značek. Působení nabíhajícího proudu vzduchu je zdrojem aerodynamických odporových sil a momentů, které zatěžují tento typ vybavení při každém průjezdu vozidla tunelem.



Obr. 7 – Soubor vybraných naměřených dat pro rychlosti proudění na pevné pozici ve vzdálenosti 255m od portálu v tunelu Mezno při sólo průjezdu vlakové soupravy ve složení lokomotiva a 5 osobních vozů jedoucí rychlostí v rozmezí 156 až 160 km/h; v okamžiku průjezdu vozidla se vyskytuje zpětné proudění o rychlosti až  $-9,6$  m/s ovlivňující například relativní rychlost proudění nabíhající na lištu pantografu

#### 4. Praktická aplikace požadavků aerodynamiky

Problematika aerodynamických efektů, zejména pak zatížení vozidel v tunelech, představuje téma bezprostředně související s posouzením bezpečnosti provozu. To proto vyžaduje systematické řešení problematiky a podrobné hodnocení všech vozidel nasazovaných na tyto tratě. Posouzení bezpečnosti provozu vozidel je proto úzce spojeno i s traťovou rychlostí, tj. rychlostí míjených vozidel.

Studie se snaží rozvést základní poznatky shrnuté v současných legislativních a normativních dokumentech a navrhnout jednotný postup pro prostředí ČR při návrhu vozidel i tunelů v návaznosti na některé aerodynamické efekty. Rozsah působení vozidel, infrastruktury a provozních podmínek na aerodynamické efekty je nicméně natolik široký, že obvykle neumožňuje definovat jedny univerzální požadavky (hodnoty), aniž by byla významně ovlivněna možnost dosažení ekonomického řešení. Každý subjekt proto musí problematiku hodnotit ze svého pohledu, ovšem v kontextu řešení ostatních subsystémů.

Výrobci vozidel případně dopravci musí pro konkrétní parametry svého vozidla vyhodnotit a aplikovat aerodynamické účinky odpovídající požadované oblasti provozu. Posouzení aerodynamických efektů se začíná provádět, pokud je konstrukční rychlost vozidla větší než 140 km/h nebo pokud má být provozováno na tratích s traťovou rychlostí větší než 140 km/h. Úkol pro ČR je podpořit praktickou aplikaci definováním referenčních tunelů, které se využijí pro návrh vozidel a omezí pracné vyhodnocení ve všech existujících

tunelech. Pro přechodnou dobu je ale nezbytné zohlednit všechna existující řešení případně i další v současnosti projektované tunely.

Také projektanti tunelů nebo správce infrastruktury musí navrhované tunely systematicky hodnotit z pohledu aerodynamických účinků, které v nich působí na zvolenou referenční množinu vozidel (např. TSI referenční vozidla). U infrastruktury se posouzení aerodynamických efektů začíná provádět u návrhů staveb s traťovou rychlostí větší než 140 km/h, analogicky jako je tomu v případě vozidel. Pro tuto rychlost jsou relevantní první témata (efekty) a množství témat se samozřejmě zvyšuje s narůstající rychlostí. Tato hodnocení představují důležitý předpoklad, který jednak eliminuje vznik nepříhodných řešení pro provoz existujících vozidel a zároveň zavádí pracovní postup nezbytný při budoucí aplikaci referenčních scénářů.

## **5. Shrnutí**

Prováděná studie ukazuje na význam systematického hodnocení otázek aerodynamiky při návrhu vozidel i infrastruktury. Toto posouzení by mělo být i nedílnou součástí tvorby konceptu železnice a nových tratí v ČR.

Studie otevírá témata, která se v ČR doposud řeší pouze okrajově a například v otázce aerodynamických zatížení a komfortu v tunelech dodnes chybí:

- systematické posouzení vozidel na aerodynamická zatížení a informace o hodnotách tlakových zatížení, kterým jsou současná vozidla schopna bezpečně odolat;
- kvantifikace tlakového komfortu v současných vozidlech a provozních podmínkách;
- posouzení jednotlivých tunelů v návaznosti na generovaná tlaková zatížení a komfort pro referenční podmínky provozu.

Uvedená problematika bude důležitým aspektem při stanovování přístupu vozidel na nové tratě. Studie rovněž naznačuje, že obdobná témata by měla být podrobně analyzována i pro jednokolejné tunely. Výstupy a získané poznatky je možné aplikovat obecně a mohou nalézt praktické uplatnění i při návrhu vysokorychlostních tratí v ČR.

**Ing. Emanuel Mergl**

VÚKV a.s.

Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5

+420 736 519 952

mergl@vukv.cz

www.vukv.cz

**Ing. Josef Bednář**

Správa železnic, státní organizace

Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

+420 972 244 564

Bednarjo@spravazeznic.cz

www.spravazeznic.cz

# Představení Smaragdové knihy FIDIC

Ing. Michal Uhrin, Klee Consulting s.r.o.

## 1. Představení Smaragdové knihy FIDIC

Předmětem příspěvku je představení nového smluvního vzoru FIDIC určeného pro výstavbu podzemních děl a nazvaného Smaragdová kniha FIDIC. V současné době probíhá překlad této publikace do českého jazyka. Smaragdová kniha byla vytvořena v odezvě na dlouhodobou poptávku odborné veřejnosti zabývající výstavbou tunelů. Na její tvorbě se společně podílely organizace FIDIC a ITA-AITES. Jako výchozí bod zpracování posloužila druhá edice Žluté knihy FIDIC z roku 2017. Smaragdová kniha se zaměřuje na řízení rizik základové půdy. V obecnosti přiřazuje riziko základové půdy objednateli a riziko technologie provádění v daných geotechnických poměrech zhotoviteli. Jako klíčovou součást smluvní dokumentace zavádí Geotechnical Baseline Report. Pro ražbu a provádění ostění používá princip měření, ve kterém propojuje zastižené geotechnické poměry, třídy provádění, výměry a rychlost provádění. K tomu zavádí nové nástroje jako jsou směrný plán (přezdívaný výkaz výměr doby provádění), harmonogram dokončení a výkaz výměr pro ražbu a provádění ostění. Výměry obsahují položky, které umožňují ocenit prodloužení i zkrácení doby pro dokončení stavby. Pokud se výstavba v České republice v následujících letech vydá cestou design-build zadání, může být aplikace Smaragdové knihy v podzemním stavitelství významným přínosem.

**Ing. Michal Uhrin**  
Klee Consulting s.r.o.  
+420-605 229 007  
michal.uhrin@seznam.cz



## Digital Advancement Academies

**Digitální Akademie je místo pro sdílení poznatků a zkušeností lídrů stavebnictví v České republice i ve světě.**

- Využijte moderní prostor pro setkávání odborníků z řad investorů, zhotovitelů, projektantů a správců velkých dopravních staveb.
- Zúčastněte se pomocí virtuálních videokonferencí setkání lídrů průmyslu a stavebnictví po celém světě.

**Potřebujete proškolit své vlastní zaměstnance? Neustálé doplňování dovedností zaměstnanců je klíčové pro rozvoj firmy.**

- Školící centrum svým vybavením umožňuje připravit prostředí pro Vaše firemní vzdělávání.
- Technické vybavení počítačové sítě dovoluje rychlou instalaci programů podle potřeb Vašeho školení.
- Kromě technického vybavení jsou k dispozici i přilehlé prostory předšálí pro odpočinek a plně vybavené zázemí pro občerstvení.





## **Příprava tunelů novostavby trati Praha-Smíchov – Beroun**

**Ing. Michal Uhrin, Ing. Pavel Utinek, Ing. Jakub Stržížik, SUDOP PRAHA a. s.**  
**Ing. Marcela Domanická, Správa železnic, státní organizace**  
**Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, METROPROJEKT Praha a. s.**

### **Abstrakt**

Správa železnic připravuje novostavbu trati spojující ŽST Praha-Smíchov a ŽST Beroun. K této trati bude připojena i větev vedoucí z ŽST Praha-Krč přes Branický most. Cílem projektu je zvýšení kapacity pro regionální osobní i nákladní dopravu a zvýšení frekvence a spolehlivosti příměstských vlaků na stávající trati vedoucí údolím Berounky. Nová trať bude určena zejména pro dálkovou osobní a expresní nákladní dopravu. Projekt je v současné době ve fázi aktualizace dokumentace pro územní rozhodnutí. Převážná část trasy předmětné nové trati bude vedena pod povrchem terénu v „Berounském tunelu“.

Traťové tunely jsou navrženy jednokolejné, spojené systémem příčných propojek. Celková délka trati v tunelu je cca 25 km pro každou tunelovou troubu. Zapojení úseku směrem na ŽST Praha – Krč je navrženo jako mimoúrovňové vykřížení s napojením do hlavní trasy pod oblastí Slivence. Celková délka všech ražeb včetně dočasných děl vychází necelých 60 km. Tunely jsou v převážné části trati vedeny v poměrně velké hloubce pod povrchem terénu. Nadloží nad vrchlíkem traťových tunelů lokálně přesahuje 175 m. Projekt uvažuje s konvenční ražbou i nasazením až čtyř tunelovacích strojů. Zkoumány byly různé varianty postupu ražeb. Z důvodu omezení na portálech bude ražba tunelů zahájena z mezilehlých stavenišť se stavebními šachtami anebo přístupovými tunely. Po délce tunelů jsou navrženy 3 šachty – v lokalitách Slivenec, Tachlovice a Svatý Jan. Šachta ve Svatém Janu bude sloužit jako čerpací stanice. V Tachlovicích bude umístěn podzemní záchranný objekt navrženo po vzoru staveb dlouhých alpských železničních tunelů s nadzemním technologickým ventilačním centrem a napájecí stanice netrakovních odběrů. Ve Slivenci je navržena nadzemní trakční napájecí stanice. Součástí ražeb budou kaverny pro výstavbu, kolejové spojky a kolejové rozplety. Větrání při mimořádné události bude zajištěno proudovými ventilátory, odtahem kouře a přívodem čerstvého vzduchu v podzemní záchranné

stanici a ventilaci propojek. Návrhová rychlost trati je 200 km/h. V traťových tunelech bude pevná jízdní dráha a trakce 25 kV, střídavá. Při přípravě jsou extenzivně používány 3D digitální modely.

## 1. Úvod, širší souvislosti

Na železničním spojení mezi Prahou a Mnichovem, resp. také Prahou a Norimberkem existují na území ČR v současné době dvě místa omezující kapacitu provozu: úsek Plzeň – státní hranice s Německem a úsek Praha – Beroun. První ze zmíněných omezení je na straně Správy železnic (SŽ) řešeno skrze projekty modernizace trati Plzeň – Domažlice – Německo a druhé místo, jemuž se věnuje tento článek, je řešeno přípravou stavby Novostavba trati Praha-Smíchov – Beroun, jejíž převážnou část představuje tunel Praha-Beroun zvaný Berounský tunel.

Stávající železniční trať mezi Prahou a Berounem vede prostorově stísněným územím údolí řeky Berounky, které sice nabízí cestujícím pohled na krásnou krajinu, ale výrazně omezuje parametry a kapacitu trati. Z tohoto důvodu existuje záměr SŽ vybudovat přímé spojení mezi železniční stanicí (ŽST) Praha-Smíchov a ŽST Beroun (Obr. 1), s přípojnou větví ze směru Krč a Vršovice přes Branický most. Nové spojení by sloužilo především pro dálkovou osobní dopravu (Smíchov – Beroun) a expresní nákladní přepravu (Krč – Beroun). Stávající trať v údolí by byla využívána příměstskou (regionální) osobní dopravou a nákladní dopravou, která není vhodná pro průjezd tunelem. Přípojná větev z Branického mostu tedy bude určena především pro dopravu nákladní.

Přínosem realizace projektu by bylo zvýšení kapacity a spolehlivosti regionální osobní dopravy, zvýšení konkurenceschopnosti dálkové osobní dopravy a zvýšení kapacity pro nákladní přepravu.



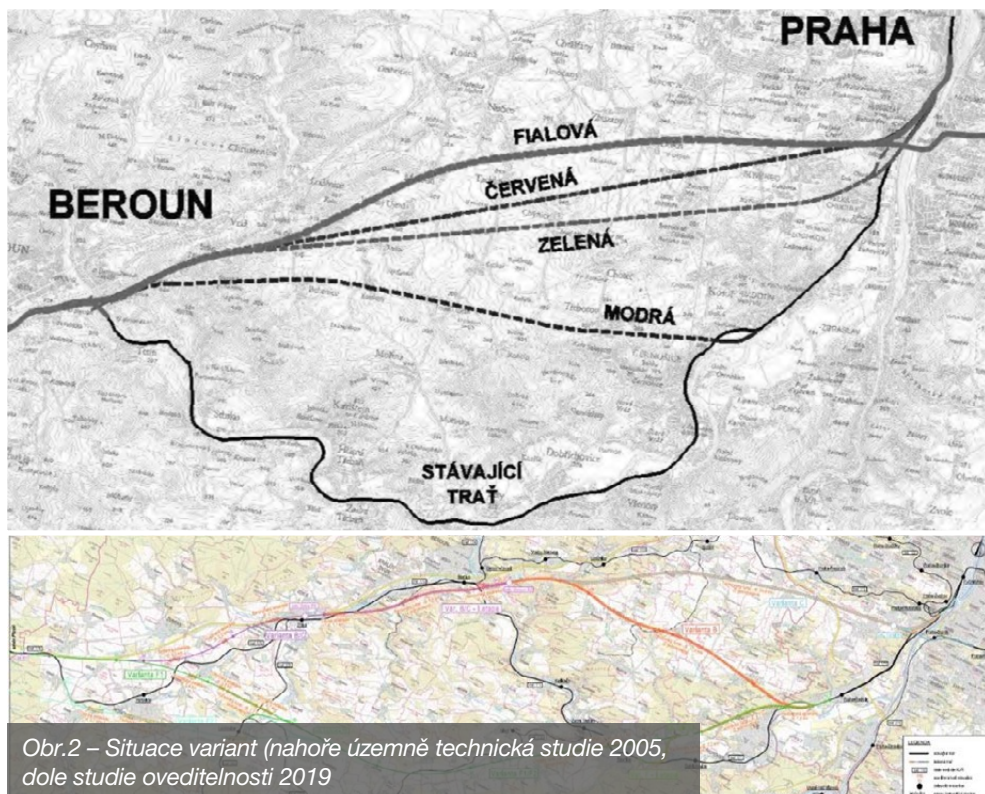
Příprava předmětné stavby, jejíž historie bude shrnuta níže, je v době psaní tohoto článku ve fázi zpracování aktualizace dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR) na základě aktuální studie proveditelnosti, záměru projektu, předpisů a předběžného projednání s různými dotčenými stranami. V současné době probíhá podrobný inženýrsko-geologický průzkum.

Cílem tohoto článku je seznámit čtenáře se základními parametry připravované stavby, koncepcí jejího technického řešení a zajímavými detaily ve vztahu k tunelům a podzemnímu stavitelství. Článek se věnuje především stavebnímu řešení, protože technologické a bezpečnostní řešení svým rozsahem vydají na samostatný příspěvek.

## 2. Historie přípravy stavby

Při přípravě optimalizace trati III. tranzitního železničního koridoru (TŽK) byla v roce 2002 zpracována územně-technická studie pro úsek Praha-Smíchov – Plzeň hl. n. Již ve fázi zpracovávání studie bylo zřejmé, že z územního hlediska bude velmi komplikovaný průchod údolím Berounky. Při zpracování přípravné dokumentace (DUR) staveb mezi Prahou-Smíchovem a Berounem se potvrdily očekávané obtíže a zároveň by nebylo možné optimalizací dosáhnout zásadnější zvýšení rychlosti, proto byly přípravné práce přerušeny.

Následně bylo rozhodnuto o prověřování trasy mezi Prahou a Berounem ve zcela nové stopě a usnesením vlády ze 13. července 2005 č. 885 odsouhlaseno zvýšení investičních nákladů na III. tranzitní koridor. Ve stejném roce byla zpracována jednoduchá územně-technická studie bez variantního řešení. Navržená trasa byla vedena z ŽST Praha-Smíchov do ŽST Beroun v tunelu, pouze přes údolí řeky Loděnice u Svatého Jana pod Skalou byl krátký výstup na povrch. Pro nákladní dopravu bylo navrženo napojení na Branický most.



Následně byly v roce 2006 zahájeny projektové práce na přípravné dokumentaci (DUR) akce „Praha – Beroun, nové železniční spojení“. V rámci zakázky byla vypracována doprovodná studie, která původní územně technickou studii rozpracovala a prověřovala dvě trasy odlišně zapojené do uzlu Praha. Obě trasy uvažovaly vedení nové železniční tratě z Prahy tunelem Barrandov do údolí řeky Loděnice u obce Svatý Jan pod Skalou. Údolí měly obě trasy přejít 700m dlouhou mostní estakádou, za níž by následoval tunel Svatý Jan s vyústěním v údolí Berounky. Toto řešení nebylo akceptovatelné místní samosprávou, proto se pro obě trasy sledovala i možnost projít pod řekou jedním tunelem z Prahy až do Berouna.

Po vypracování rozšířené geologické rešerše a úvodní rizikové analýzy byla studie rozšířena o další trasu, která by se vyhýbala krasovým jevům. Tato trasa následně byla vybrána pro zpracování přípravné dokumentace. Vedla z ŽST Praha-Smíchov od portálu Hlubočepy v tunelu dlouhém 24,7km do portálu Beroun, následně novým mostem překračovala řeku Berounku a pokračovala do ŽST Beroun. Trasa zahrnovala i odbočku na Branický most pro nákladní dopravu.

Přípravná dokumentace byla odevzdána v roce 2007, následně aktualizována v roce 2009. Začal interní schvalovací proces a projednání s dotčenými orgány státní správy. Ukázalo se však, že výsledná cena stavby je vysoká a celé rameno III. TŽK nemá potřebnou efektivitu a příprava tunelu byla v roce 2010 pozastavena. Po schválení Studie proveditelnosti pro trať Praha Smíchov – Plzeň v roce 2011 byla opět obnovena příprava optimalizace stávající trati podél Berounky. Ve schvalovacím protokolu studie byla dána podmínka posouzení možných variant nového železničního spojení. Tímto problémem se zabývala nejprve územně technická studie v roce 2014 a následně Studie proveditelnosti pro trať Praha-Smíchov – Plzeň, doplnění 2017 (Nová trať Praha–Beroun / Hořovice). Studie prověřovala několik variant (Obr. 2), na jednání CK MD 19.11.2019 byla schválena a bylo doporučeno pro následné technické řešení DÚR sledovat variantu C-I – Tachlovický tunel. Trasa byla vybrána na základě následujících nejvýznamnějších parametrů:

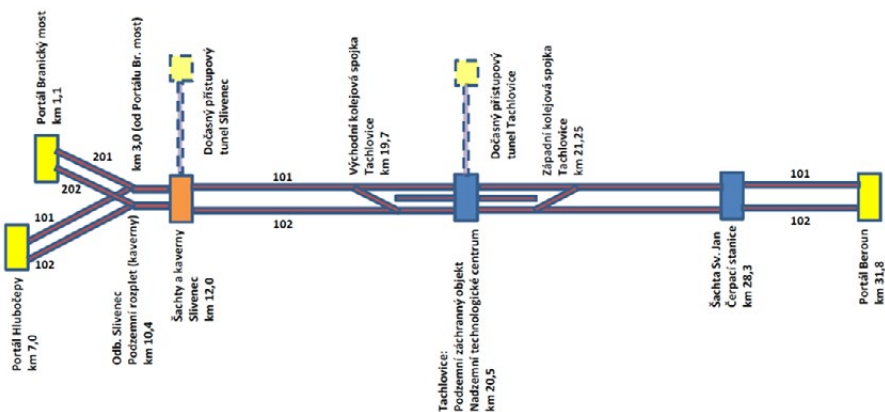
- Plná segregace příměstské a dálkové dopravy v úseku Praha – Beroun
- Zajištění dostatečné kapacity trati v úseku Radotín – Smíchov
- Zvýšení kapacity a spolehlivosti příměstských spojů
- Nejmenší hluková zátěž
- Nejrychlejší spojení z Prahy do Berouna
- Přímé napojení nákladní dopravy na Branický most
- Zvýšení kapacity koridoru pro nákladní dopravu

### **3. Základní údaje a prostorové uspořádání stavby**

Celková délka nově navržené trati je cca 30 km, z čehož cca 26 km bude vedeno pod povrchem země v tunelu. Předmětný tunel se nazývá Berounský tunel, případně Tunel Beroun. Bude-li realizován, bude se jednat o nejdelší tunel v ČR bez ohledu na účel nebo druh dopravy a bude 6x delší než prozatím nejdelší železniční tunel v ČR. Svojí hloubkou uložení až 175 m pod terénem bude také v rámci ČR unikátní.

## Příprava tunelů novostavby trati Praha-Smíchov – Beroun

Celosvětově je v současnosti provozováno pouze 14 delších železničních tunelů, cca 20 obdobných je ve výstavbě a o něco více v přípravě. Projektový tým proto čerpal inspiraci z dlouhých železničních tunelů pod Alpami (zejména Semmering, ale také Brenner, Gotthard a Koralm) a tunelu Follo Line v Norsku.



Obr. 3 – Schéma uspořádání Berounského tunelu

Návrhová rychlost osobní dopravy na trati je 200 km/h, což je přeneseno i do technického řešení tunelů. U nákladní dopravy se počítá s rychlostí 100 km/h. Stavba je koncipovaná jako konvenční trať. V tunelu bude použita pevná jízdní dráha.

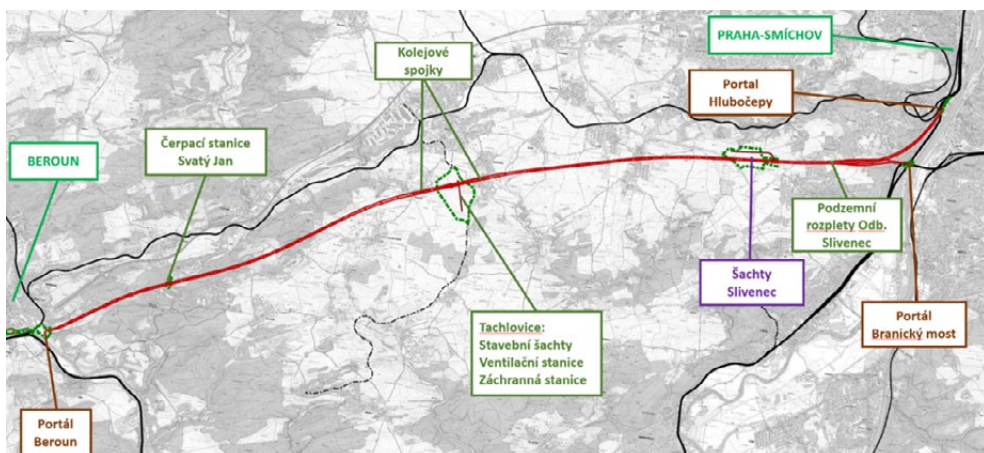
Schéma uspořádání Berounského tunelu je znázorněno na obrázku 3. Železniční doprava je v celé délce pod zemí vedena vždy ve dvou jednokolejných traťových tunelech. Ty jsou v pravidelných intervalech nepřekračujících 500 m spojeny propojkami. Celkově má být provedeno cca 60 propojek bez započtení chodeb podzemního záchraného objektu. Osová rozteč traťových tunelů je navržena 50 m ve standardních úsecích, 65 m v podzemním záchraném objektu a nižší než 50 m dle prostorových možností na portálech.

Stavba Berounského tunelu se skládá z následujících významných součástí:

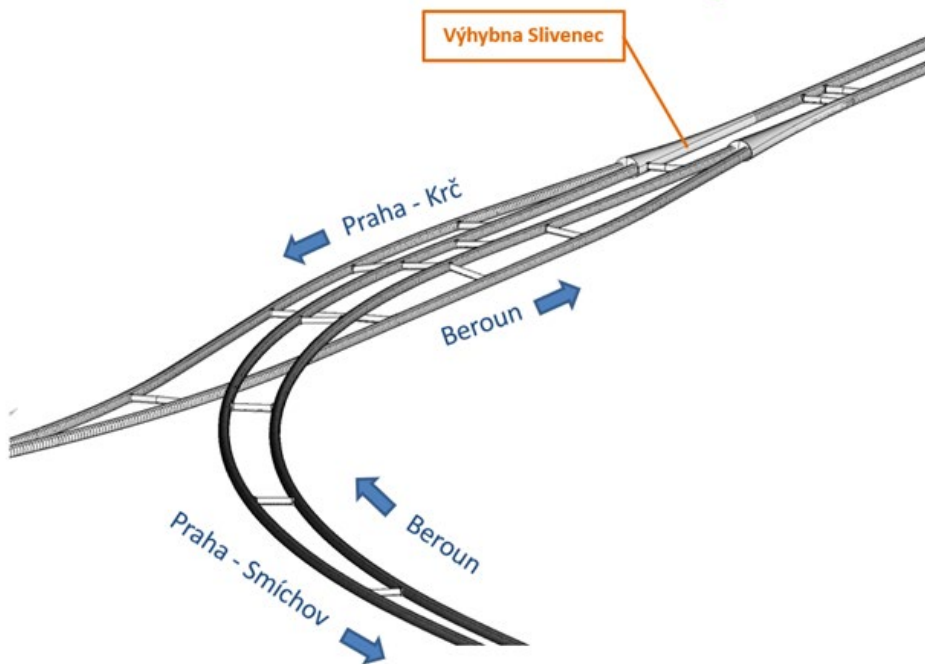
- 3 portálů: Portál Hlubočepy při ŽST Praha-Smíchov, Portál Branický most v Malé Chuchli u Branického mostu a Portál Beroun na straně ŽST Beroun.
- Traťových tunelů
- Propojek různých typů
- Podzemních kaveren kolejového rozpletu Odb Slivenec, kde dochází k rozdělení tratí do směrů na Smíchov a Krč.
- Šachet a podzemních kaveren Slivenec
- Kaveren podzemních kolejových spojek před a za Tachlovcemi
- Šachet a kaveren Tachlovice
- Tunelů podzemního záchraného objektu Tachlovice
- Šachty a příčného tunelu čerpač. stanice Svatý Jan

Celková délka všech ražeb včetně dočasných děl vychází necelých 60 km.

Kolejový rozplet Odb Slivenec je navržen v kapkovité geometrii (Obr. 5), aby traťové tunely na trase Hlubočepy – Beroun, určené převážně pro osobní dopravu, mohly být vedeny ve stejné výšce a propojky mezi nimi mohly mít bezbariérové parametry. Cenou za takové řešení je podélný sklon tunelů, kdy „smíchovská větev“ musí výškově překonat „větev Krčskou“. Právě ona „Krčská větev“ má určující sklon (cca 6 %) nutný pro rozjezd nákladních vlaků od Branického mostu směrem na Tachlovice



Obr. 4 – Přehledná situace Berounského tunelu



Obr. 5 – Kolejový rozplet Odb Slivenec

Šachty a podzemní kaverny Sliveneč budou během realizace stavby sloužit jako stavební. Po dokončení stavby bude jedna ze šachet ležící u trakční napájecí stanice na povrchu sloužit jako trvalá pro přivedení napájecích kabelů a provozní přístup do podzemí. Na šachtu navazující kaverna bude využita pro prostory technologického zázemí tunelu. Hloubka trati v místě šachty Sliveneč je cca 130m.

Kolejové spojky před a za Tachlovicemi jsou navrženy pro mimořádné usměrnění dopravy během provozování trati, např. při stavebních pracích v tunelu. Za běžného provozu budou uzavřené mechanickými pohyblivými dveřmi pro bezpečnostní oddělení traťových tunelů.

V Tachlovicích je koncentrováno několik významných součástí stavby: Během provádění stavby budou šachty a podzemní kaverny využity jako stavební. Po dokončení stavby se bude v podzemí Tachlovic nacházet systém chodeb podzemního záchranného objektu. Na povrchu terénu bude zřízeno technologické centrum s ventilační stanicí zajišťující větrání podzemního objektu. Dále bude v nadloží umístěna napájecí stanice pro netrakční odběry. Šachty budou sloužit pro provozní přístup do podzemí a přivedení kabelů a vzduchotechnických tras pro přísun čerstvého vzduchu a odvod kouře. Hloubka trati v místě šachty Tachlovice je cca 90m.

V lokalitě Svatý Jan vychází údolnicový bod a nejnižší místo zaoblení trasy. Proto je zde navržena šachta s čerpací stanicí s výtlakem na terén. Hloubka trati v místě šachty Svatý Jan je cca 30m.

#### **4. Postup výstavby tunelu**

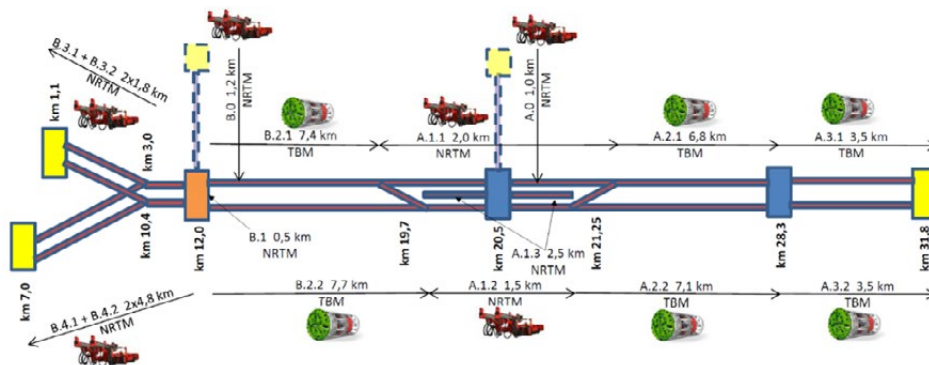
S ohledem na prostorové možnosti, pozemkovou situaci, požadavky místních komunit a environmentální omezení nelze ražbu tunelu provádět z portálů. Na portálech proto budou realizovány pouze portály samotné – stavební jámy, hloubené tunely a zásypy – a navazující objekty na povrchu.

Pro ražbu budou zřízena rozsáhlá zařízení stavenišť (ZS) ve vhodných lokalitách ve Slivenci a Tachlovicích. Propojení mezi povrchem terénu a úrovní tunelů v podzemí bude zajištěno stavebními šachtami a přístupovými tunely. Rozměry a rozmístění přístupových děl byly konzultovány se zhotoviteli a výrobcí stavební mechanizace na předběžné tržní konzultaci.

Provádění předmětných tunelů je navrženo následujícími dvěma hlavními metodami ražby:

- Kontinuální strojní ražbou plnoprofilovým plně mechanizovaným tunelovacím strojem se segmentovým ostěním z prefabrikovaných dílců z konstrukčního betonu, dále také jen „ražba TBM“.
- Cyklickou ražbou s členěním výrubu dle potřeby a s dvouplášťovým ostěním skládajícím se z vnějšího ostění ze stříkaného betonu, mezilehlé hydroizolace a vnitřního ostění z monolitického nebo stříkaného konstrukčního betonu, dále také jen „ražba NRTM“.

Strojní ražba je navržena pouze pro traťové tunely. Konvenční ražba je uvažována pro menší část traťových tunelů a všechny propojky, kaverny, kolejové spojky, přístupové tunely a ražené části šachet.



Obr. 6 – Schéma jedné z variant postupů ražeb

Z hlediska ražeb byly přijaty následující okrajové podmínky:

- Ze ZS Sliveneč směrem do Prahy bude nasazena ražba NRTM, protože na tomto úseku je nejvyšší riziko výskytu krasových jevů a pražské portály nejsou prostorově vhodné pro demobilizaci TBM.
- Na ZS Tachlovice je nejprve nutné nasadit ražbu NRTM v rozsahu záchranného objektu až po konce kolejových spojek. Dále může být nasazena ražba TBM.
- Skrze Šachtu Svatý Jan nelze provádět ražbu, protože místo na povrchu není použitelné jako rozsáhlejší zařízení staveniště. Nicméně v podzemí lze uvažovat servis TBM.
- Na základě výše uvedeného byly prověřovány různé varianty postupů ražeb a rozvíjeny jejich pod-varianty. Základními uvažovanými variantami jsou:
- Nasazení čtyř tunelovacích strojů na ZS Tachlovice, z nichž dva by razily ve směru na Beroun a byly by servisovány ve Svatém Janu a demobilizovány na Portálu Beroun a dva by razily ve směru na Prahu a byly by demobilizovány skrze šachty nebo přístupový tunel na ZS Sliveneč. Ze ZS Sliveneč by probíhala ražba NRTM ve směru na Prahu.
- Nasazení dvou tunelovacích strojů na ZS Tachlovice a dalších dvou na ZS Sliveneč (Obr. 6). TBM z Tachlovic by razily směrem do Berouna jako v přechodí variantě. Ze ZS Sliveneč by záraz probíhala ražba NRTM směrem do Prahy jako v předchozí variantě a ražba TBM směrem do Tachlovic, kde by byly stroje demobilizovány skrze stavební šachty nebo přístupový tunel.

Jednotlivé varianty jsou porovnávány z různých hledisek. Na jedné straně hrají roli kapacitní parametry, jako je dostupnost dostatečného příkonu elektrické energie, přísunu vody, dovozu segmentů a odvozu a ukládání rubaniny. Záraz jsou však zvažována hlediska hygienická, vlivu na místní dopravu a komunity.



Pro podrobnou analýzu dopadů byl například vypracován výhled měsíčního objemu kubitů po dobu provádění stavby na jednotlivých zařízeních stavenišť. Také harmonogramy provádění tunelu byly sestavovány na základě stavebních postupů začínajících nejprve na oddělených zařízeních stavenišť a jejich vzájemných vztahů ve chvíli, kdy dojde k jejich propojení. Následně byly všechny hlavní odvozové trasy podrobeny dalšímu zkoumání (dopravní propustnost, zatížení hlukem, apod). Teprve z toho, co dopravní trasy „nesou“ byly dále upraveny hlavní aspekty výstavby a nejpravděpodobnější dvě varianty předloženy do hodnocení EIA.

## **5. Geotechnické poměry a rizika základové půdy**

Velmi pestrá geologická stavba celého území je možné rozdělit do tří jednotek: devon, silur a ordovik. V úseku staničení LTT km 7,220 – km 11,200 je trasa vedena převážně ve vápencových vrstevnatých horninách devonu – v pražském, zlíčovském a lochkovském souvrství. Tyto horniny jsou zastoupeny zejména vápenci a vápnitými břidlicemi. Typickým znakem této oblasti je možnost výskytu krasových útvarů spolu s vysokými přítoky podzemní vody na čelbu. V úseku staničení LTT km 11,200 – km 13,520 prochází trasa dílčí synklinálou, vyplněnou devonskými vápnitými břidlicemi a prachovci s vločkami pískovců (flyšové pásmo). V úseku staničení LTT km 13,520 – km 14,110 trasa opět prochází devonskými vápencovými horninami většinou pražského a zlíčovského souvrství a místy i lochkovského souvrství, které obsahuje i vápnité břidlice a rohovce. V úseku staničení LTT km 14,110 – km 15,080 se předpokládá výskyt silurského vulkanicko sedimentárního komplexu, budovaného souvrstvím z efuzivních bazaltů, horninami tufitické facie liteňského souvrství (diabasové tufy, tufity a tufitické břidlice) a částečně i sedimentárními horninami liteňské skupiny (jílové a vápnité břidlice s ložními žilami bazaltu). V úseku staničení LTT km 15,080 – km 19,190 budou převažovat ordovické jílovité břidlice a jílovce královského a bohdaleckého souvrství. V úseku staničení LTT km 19,190 – km 22,200 budou zastiženy převážně silurského horniny liteňské skupiny, budované jílovitými a vápnitými břidlicemi s průniky bazaltů. V úseku staničení LTT km 22,200 – km 27,780 budou převažovat ordovické horniny kosovského souvrství. V úseku staničení LTT km 27,780 – km 31,755 bude trasa procházet silurským vulkanicko sedimentárním komplexem hornin, budovaným tufy, tufity a tufitickými břidlicemi kopaninského souvrství a bazalty. Celá oblast v trase tunelů je intenzivně tektoniky postižena. V trase tunelu se tak mění často směr a sklon vrstev a stratigrafický sled vrstev je ovlivněn výskytem přesmyku až s X00 m posunem. Tachlovický přesmyk je predikován v úseku LTT km 18,0 – km 28,0.

## **6. Významné prvky technického řešení**

### **6.1. Portály**

Návrh všech portálů, částečně s výjimkou Portálu Beroun, se musel vypořádat s velmi stísněnými poměry a překážkami. Přesto je vynakládána velká snaha o jejich citlivé a estetické zapracování do krajiny.

## *Příprava tunelů novostavby trati Praha-Smíchov – Beroun*

Na Portálu Hlubočepy (Obr. 7) vstupují tunely do masívu šikmo pod stávajícím městským okruhem. Trať je zde sevřena mezi kolejemi do Rudné a z Rudné, které budou prováděny v rámci stejné stavby. Trať z Rudné vede přes hloubené úseky tunelů a žebrovanou galerii na levé koleji. Technologické místnosti jsou skryty v mostní opěře mostu na trati do Rudné a mezi hloubenými tunely.

Portál Branický most (Obr. 8) šikmo vstupuje do masívu v oblasti Malé Chuchle vedle stávajícího portálu „starého chuchelského tunelu“. Cílem jeho návrhu bylo minimalizovat dopad do okolních staveb a omezit rozsah vytvořeného zářezu do skalní stěny. Technologické místnosti jsou v této lokalitě umístěny do opěry upravovaného Branického mostu. Čelo portálu je z architektonických důvodů zkosené ve dvou rovinách.



*Obr.7 – Portál Hlubočepy (pracovní vizualizace)*



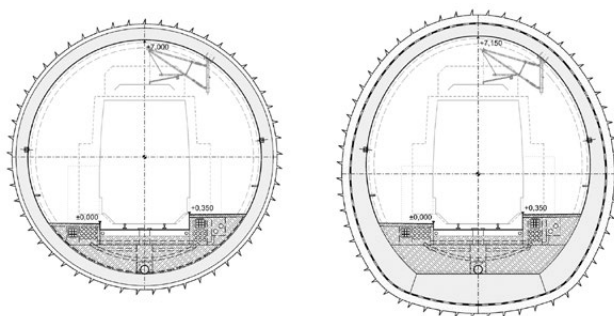
*Obr. 8 – Portál Branický most (pracovní vizualizace)*

Portál Beroun (Obr. 9) osazením do krajiny tvoří souvislý celek s estakádou přes řeku Berounku. Vyústění tunelu půdorysně vychází v plošině stávajícího lomu. Při provádění portálu bude důležité dočasné a trvalé přeložení komunikace II/116. Portál je jemně skrytý mezi násypy přístupových komunikací pro IZS. Provozně technický objekt je skrytý v bočním svahu a přístupný z čela.

## 6.2. Traťové tunely

Traťové tunely jsou navrženy v souladu se vzorovým listem SŽ pro jednokolejné tunely dané návrhové rychlosti s pevnou jízdni dráhou. Jejich vnitřní rozměry budou dále ověřeny aerodynamickou studií. Tunely budou bez vnější drenáže, odolné proti pronikání podzemní vody. V případě ražeb NRTM bude tato odolnost zajištěna dvouplášťovým ostěním s mezilehlou hydroizolací v celoplošném uzavřeném systému.

Segmentové ostění pro traťové tunely TBM je navrženo jako jednoplášťové z důvodu převažujících výhod jednoplášťového ostění pro tento typ železničních tunelů. Cílem návrhu je rozsáhlé využití drátkobetonu v segmentovém ostěním. V případě ražeb TBM bude hydroizolační účinek zajištěný vodonepropustným betonem ostění s těsněním spár mezi segmenty. Pro segmentové ostění jsou stanovena odpovídající kritéria pro vodonepropustnost. Detaily podélného napojení mezi těmito dvěma systémy budou provedeny v k tomu určených startovacích nebo přijímacích komorách pro tunelovací stroje.



Obr. 10 – Příčné řezy traťovým tunelem, vlevo ražba TBM a vpravo ražba NRTM

Případné průsaků, požární nebo technologická voda v tunelu budou odvedeny vnitřní podélnou středovou tunelovou stoukou gravitačně buď k portálům nebo do čerpací stanice ve Svatém Janu. Mezi vnitřním lícem ostění tunelu a betonovým invertem dna tunelu je navržena vrstva svodné drenáže průsaků v zahraniční známá pod termínem „pressure relief drainage“, která zabraňuje, aby případná průsaková voda zachycená na rozhraní mezi ostěním a betonem invertu způsobovala při pojezdech souprav vysokou rychlostí poškození vnitřních betonů.

V traťových tunelech je použita různá úroveň povrchu chodníku na různých stranách tunelu. Tunelový chodník na straně propojek sloužící jako únikový je navržený nad úroveň TK. Takové řešení zvyšuje kapacitu kabelových tras na této straně, usnadňuje provedení detailu rozrážky a spojení tunelu a propojky včetně protažení kabeláže. V místě podzemního záchranného objektu má tento chodník parametry nástupiště. Tunelový chodník na opačné straně sloužící jako služební je navržený na úrovni TK. Kabelové trasy jsou uvažovány za použití kombinace plastových komorových kabelovodů a chrániček, aby se optimalizovalo využití pro různé typy uložených vedení. VN kabely budou vedeny samostatně v předepsaném odstupu od ostatních na straně propojek.

Trakce a její upevnění bude klasické řetězovkové na konzolách. Podélné napínání bude zajištěno gravitačně se závažím na straně služebního chodníku.

Nouzové osvětlení bude buď integrováno v madlech na stranách tunelu nebo osazeno samostatně pod madlem. Záraz je uvažováno také se služebním osvětlením na průchozím prostoru chodníku.

Ve standardním příčném řezu traťového tunelu není umístěn požární vodovod. S ohledem na délku tunelu není použití suchovodu s ohledem na časy, tlaky a komplikace plnění prakticky proveditelné a návrh zavodněného potrubí by byl extrémně komplikovaný a nákladný. Požární voda bude v souladu s TSI dostupná z požárních nádrží na všech portálech a z požárního vodovodu s vlastní požární nádrží a automatickou tlakovou stanicí v podzemním záchranném objektu. Suchovody budou provedeny napříč všemi propojkami.

### 6.3. Ražba tbm

Očekávané pestré geologické podmínky vyžadují nasazení adaptabilních tunelovacích mechanismů TBM. To je způsobeno jednak různou tvrdostí přepokládaných hornin po trase a rovněž variabilními přítoky podzemní vody po trase. Po trase je mimo to očekáváno několik poruchových pásem. Základní požadavky na TBM pro jednotlivé úseky ražby jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Základní požadavky na mechanizmy TBM

Oblast ražby	Základní požadavky
Kaverny Slivenec – východní spojka Tachlovice	Aktivní podpora čelby zeminovou/horninovou kaší, štít k zamezení odprysků hornin, částečná kompenzace hydrostatického tlaku (v krasových oblastech plná kompenzace tlaku/ možnost provedení drenážních vrtů před čelbu), Demontovatelnost TBM v kaverně k umožnění konvenční protiražby z Tachlovic ve směru Slivenec
Západní spojka Tachlovice – Svatý Jan	Štít k zamezení odprysků horniny
Svatý Jan – portál Beroun LTT	V počátku ražby nutná kompenzace hydrostatického tlaku, Štít k zamezení odprysků horniny, přestrojení ze šnekového dopravníku na dopravníkový pás (hard rock mód ražby)

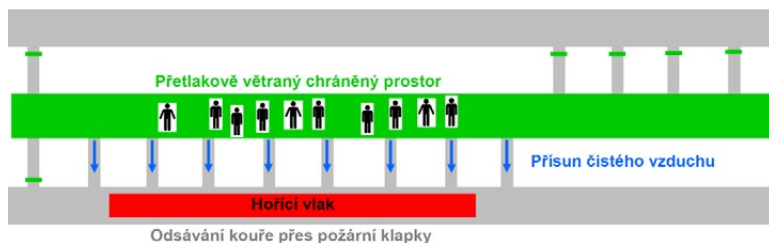
#### 6.4. Podzemní záchranné místo a ventilace

Bezpečnostní řešení Berounského tunelu bude předmětem samostatné publikace. Níže jsou uvedeny pouze základní údaje ve vztahu k popisovanému stavebnímu řešení.

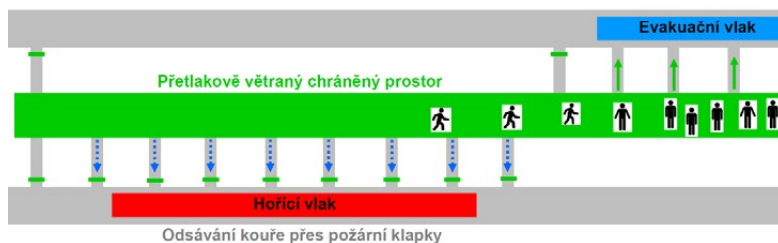
S ohledem na délku podzemní části trasy je v souladu s požadavky TSI zhruba v polovině délky tunelu navržen podzemní záchranný objekt. Požární incidenty lze v takové situaci rozdělit do tří základních případů:

- Zasažený vlak zastaví vně tunelu a zásah probíhá mimo tunel. Souprava musí být po vzniku incidentu schopná bezpečně zabrzdit před vjezdem do tunelu nebo bezpečně z tunelu vyjet – nominální průběh – (zde jsou připravena místa zastavení).
- Zasažený vlak zastaví v podzemním záchranném objektu. Zásah a evakuace osob probíhá tam za podpory infrastruktury a vybavení tohoto objektu. Souprava musí být po vzniku incidentu schopná zabrzdit tak, aby v objektu bezpečně zastavila (nominální průběh).
- Zasažený vlak zastaví v tunelu, ale mimo záchranný objekt. Zásah probíhá v místě zastavení vlaku a evakuace je směřována do sousední tunelové trouby skrze propojky (nenominální průběh události).

Jednotlivé případy a jejich pod-varianty byly podrobně zkoumány v analýze rizik, scénářích zásahu i dopravně – technologických modelacích. Pro druhý a třetí z výše uvedených případů byly provedeny modely ventilace, šíření kouře a evakuace osob. Byly uváženy vlivy a možnosti zabezpečovacího řešení, trakce a dopravní technologie. Z hlediska trakce je napájení v tunelu rozděleno na samostatně odpojitelné úseky v souladu s TSI, aby v případě vzniku mimořádné události v tunelu bylo ostatním soupravám umožněno bezpečně tunel vyklidit a vytvořit prostor pro zásah.



Obr. 11 – Schéma funkce záchranného objektu (fáze sebezáchrany)



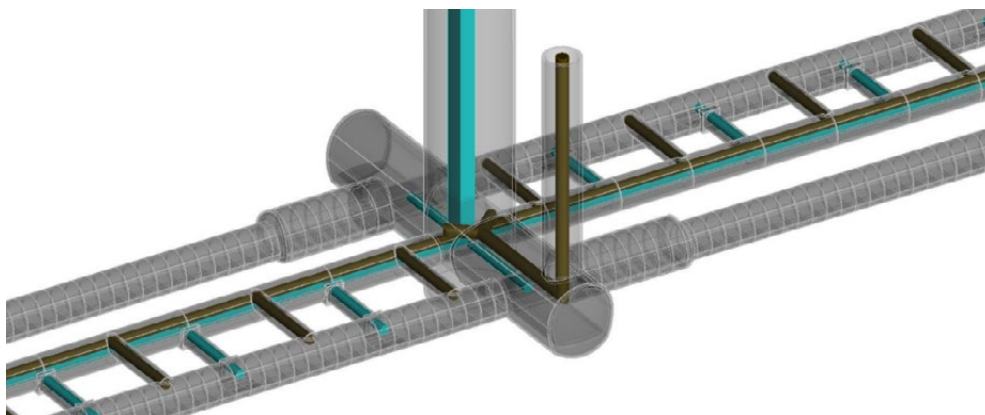
Obr. 12 – Schéma funkce záchranného objektu (fáze evakuace)

Podzemní záchranný objekt (Obr. 11, 12 a 13) představuje komplex níže uvedených tunelů a chodeb s jejich specifickými účely:

- Propojky pro únik cestujících od zasaženého vlaku do chráněného prostoru.
- Propojky pro přístup cestujících z chráněného prostoru k evakuační soupravě.
- Středový tunel přetlakově čerstvým vzduchem větraný představující chráněný prostor.
- Štoly pro odtah kouře regulovatelný požárními klapkami z přístropí zasaženého traťového tunelu pryč samostatnou vzduchotechnickou cestou.

Technologické zázemí pro přívod čerstvého vzduchu a odtah kouře včetně potřebného napájení, regulace a řízení, stejně jako nasávací a výdechové objekty jsou umístěny v technologickém centru s ventilační stanicí na povrchu. S ohledem na hloubku tunelů se uvažuje s evakuací osob evakuačním vlakem, neboť šachty jsou pro tento účel prakticky nepoužitelné.

Kromě vzduchotechniky záchranné stanice je v tunelu umístěno sedm skupin proudových ventilátorů pro regulaci proudění vzduchu v případě mimořádné události, zejména pokud jde o variantu zastavení zasažené soupravy mezi portálem a záchranným objektem. Přestože proudové ventilátory s možností reverzního chodu jsou schopny zajistit v nezasazené tunelové troubě dostatečný přetlak vzduchu, je prozatím uvažováno s instalací samostatných ventilátorů ve všech propojkách.



*Obr. 13 – Snímek z 3D modelu v místě záchranného místa s vyznačením vzduchotechnických cest*

## **6.5. Propojky**

Cílem projektového týmu byla maximalizace typovosti propojek. Nicméně i přesto musely být použity různé typy propojek s ohledem na jejich účel v rámci provozu stavby.

V několika místech s velkými nároky na prostor a zejména šířku technických místností byly použity propojky čistě technologické. Tyto propojky nebudou značeny jako úniková cesta. Jedná se však o výjimečné případy, protože prostorově náročné technické místnosti byly

primárně rozmístěny v prostorách stavebních kaveren při šachtách Slivenec a Tachlovice, případně v šachtě Svatý Jan.

Čistě únikové propojky bez technologických prostor jsou navrženy pouze v rozsahu podzemního záchranného objektu v Tachlovicích.

Ostatní propojky představují kombinaci únikové cesty a od ní stavebně oddělených technických místností. V propojkách jsou v potřebných intervalech umístěny trafostanice, rozvodny NN, sdělovací místnosti a v místech, ze kterých jsou napájeny proudové ventilátory, také frekvenční měniče.

Všechny propojky jsou navrženy jako přímé bez bočních rozrážek. Na hlavní trase budou ve střechovitém podélném sklonu směrem k traťovým tunelům. Při propojení tunelů hlavní trasy a odbočené trasy na Krč, které jsou vedeny v různých výškách, mohou mít propojky sklon jednostranný.

## **7. Použití 3D modelů**

Přestože projekt není připravován v režimu BIM, jsou při zpracování projektové dokumentace intenzivně využívány 3D digitální modely za účelem koordinace, detekce kolizí mezi profesemi a vizualizace nebo prezentace technického řešení. Zároveň tyto modely slouží i pro generování příčných a podélných řezů, posouzení variant, vztahy s okolím apod.

## **8. Závěr**

Přístup projektového týmu k přípravě této unikátní stavby je založený na inspiraci obdobnými zahraničními projekty, otevřené komunikaci například skrze předběžné tržní konzultace, obežřetném řešení technických otázek, 3D vizualizaci pro lepší prezentaci třetím stranám a na detailním rozpracování témat, která jsou klíčová pro úspěšné projednání stavby. V navazujícím stupni nebo stupních přípravy se předpokládá vyšší důraz na optimalizaci pro nalezení úspor v investičních nákladech stavby.

V době psaní tohoto článku nebylo zatím rozhodnuto, zda navazující příprava a zadání předmětné stavby půjde cestou klasického měřeného „design-bid-build“ kontraktu podle Červené knihy FIDIC nebo zda se vydá cestou „design-build“ např. podle Smaragdové knihy FIDIC nebo jinak.

### Literatura

- [1] Studie proveditelnosti pro trať Praha-Smíchov – Plzeň, doplnění 2017 (nová trasa Praha – Beroun / Hořovice), SUDOP PRAHA a.s., 2019.
- [2] Záměr projektu investiční akce „Novostavba trati Praha-Smíchov – Beroun“, SUDOP PRAHA a.s., 2020.
- [3] Přípravná dokumentace (DUR): Praha – Beroun, nové železniční spojení, Aktualizace 2007 a 2009, SUDOP PRAHA a.s., 2009.
- [4] Praha-Beroun, Nové železniční spojení, Geotechnický a stavebně technický průzkum pro přípravnou dokumentaci stavby, GeoTec-GS, a.s., 2007.

- [5] Vzorový list, světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu, Správa železnic, státní organizace, 2010.
- [6] TSI – Technické specifikace pro interoperabilitu – požadavky směrnic Evropského par

**Ing. Michal Uhrin**

SUDOP PRAHA a. s.  
michal.uhrin@sudop.cz

**Ing. Pavel Utinek, DiS.**

SUDOP PRAHA a. s.  
pavel.utinek@sudop.cz

**Ing. Marcela Domanická**

Správa železnic, státní organizace, Stavební správa západ  
domanicka@spravazeznic.cz

**Dr.-Ing. Zdeněk Žižka**

METROPROJEKT Praha a. s.  
zdenek.zizka@metroprojekt.cz

**Ing. Jakub Strížík**

SUDOP PRAHA a. s.  
jakub.strizik@sudop.cz



## **ŽSR, modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR SO 12.33.04 Kúty – št. hranica SR/ČR, nový železničný most nad Moravou v nžkm 74,306 koľaj č.2.**

Ing. Roman Štalmašek, Ing. Peter Melicher, Železnice Slovenskej republiky

*V súvislosti s realizáciou stavby ŽSR, Modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR SO 12.33.04 Kúty – št.hranica SR/ČR, je realizovaná výstavba nového železničného mosta nad Moravou v nžkm 74,306 v koľaj. č.1 a koľaj č.2. Účelom komplexnej rekonštrukcie železničného mosta bolo odstránenie dlhodobo nevyhovujúceho technického stavu pôvodných trojpoľových oceľových, nitovaných, priehradových mostov so zvislicami s dolnou mostovkou, ktoré boli na slovenskej strane doplnené 8 plnostennými nitovanými nosníkmi s hornou mostovkou o rozpätí 10,08 m v časti inundácie a jeho nahradenie konštrukciou s priebežným koľajovým lôžkom a MPP 3,00 v oboch traťových koľajach. Pri prestavbe je realizovaná aj nová spodná stavba, ktorá nahradila pôvodnú spodnú stavbu priehradových mostov založenú na kesónoch resp. dopĺňované betónové piliere v pôvodnej inundáciách na slovenskom strane založené na zarážaných betónových pilótach.*

*Pri návrhu mosta bolo prihliadané na to, že most sa nachádza na trati zaradenej do IV. Európskeho dopravného koridoru a jeho technické riešenie umožňuje výhľadové zvýšenie traťovej rýchlosti na 200km/hod.*

*Prezentácia sa zaoberá procesom stanovenia požiadaviek na výrobu oceľovej konštrukcie, vykonávanú kontrolnú činnosť vo výrobe, pri montáži vrátane realizácie zaťažovacej skúšky zo strany budúceho správcu Železníc Slovenskej republiky až po uvedenie nového objektu SO 12-33-04 Kúty – št.hranica SR/ČR, nový železničný most v nžkm 74,306 v koľaji č.2 do prevádzky.*

## **1. Úvod a história**

Myšlienkou prestavby hraničných železničných mostov medzi SR a ČR cez rieku Morava v km 74,386 trate Kúty-št. hr.SR/ČR resp. v km 11,475 trate Břeclav-št.hr.ČR/SR) sa začali Železnice Slovenskej republiky zaoberať v rámci modernizácie IV. medzinárodného koridoru železničnej trate Kúty – Bratislava. Vzhľadom na skutočnosť, že v tom čase sa predpokladalo splavenie rieky Morava v rámci výstavby vodnej cesty – Dunaj-Morava s kanálovým prepojením na Odru a Labe a nakoľko táto bola zahnutá v medzinárodnej dohode AGN (Európska dohoda o hlavných vnútrozemských vodných cestách medzinárodného významu) bolo potrebné s definitívnou platnosťou stanoviť plavebnú výšku a tým aj podmienky pre budovanie hraničného železničného mosta. Za týmto účelom bolo v auguste a následne v septembri 2002 zvolané pracovné stretnutie na úrovni ministerstiev SR a ČR. Výsledkom bolo stanovenie šírky plavebnej dráhy 50m a podjazdnej výšky 7,00m vychádzajúce z príslušných medzinárodných klasifikačných tried, z čoho vyplynula nutnosť zdvihu nivelety koľaje na moste pôvodne o 4,4m neskôr 2,227 m. Predpokladaný zdvih nivelety na moste vyvolal následne výškovú úpravu ďalších dvoch menších mostov v km 73,466 a v km 73,210km a smerovú úpravu troch menších mostov v celkovej dĺžke 900m pred objektom.

Vzhľadom na medzištátnu bilaterálnu dohodu medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Českej republiky o vykonávaní cezhraničnej železničnej dopravy (stavba na styku štátnych hraníc) a taktiež vzájomné križovanie dvoch dopravných systémov (železničná dopravná cesta a vodná dopravná cesta ) vzájomnú súčinnosť zaisťovalo za Slovenskú republiku MDVRR SR a za Českú republiku MD ČR, ktoré vzájomne koordinovali podmienky návrhu prestavby hraničných železničných mostov na traťovom úseku Brodské – Lanžhot.

## **2. Pôvodný stav**

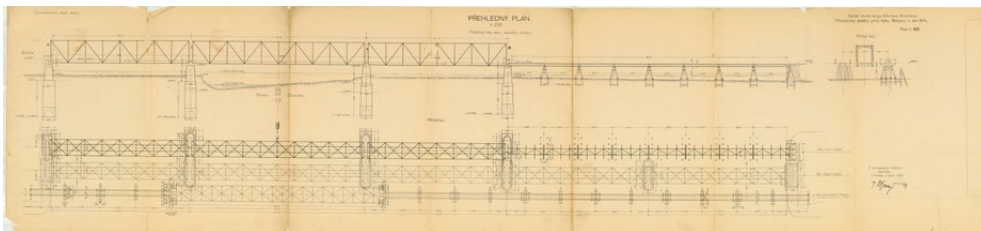
Pôvodný mostný objekt celkovej dĺžky 224,4m pozostával z dvoch samostatných jednokoľajných mostov v koľaji č.1 resp. v koľaji č.2, ktoré tvorilo celkovo 11 oceľových nosných konštrukcií pre každú koľaj. Troch polí (41,10m +52,20m + 42,10m) oceľových nitovaných priehradových trámových prostých s horným zavetrovaním s dolnou mostovkou nad riekou Morava a ôsmich kratších oceľových nitovných trámových prostých plnostených polí (8 x 10,5m) , ktoré sa nachádzajú nad inundáciou rieky na slovenskej strane. Štátna hranica prechádza stredom rieky Morava. Spodná stavba v hlavných poliach 9 až 11 masívna s rovnobežnými krídlami, založená na kesónoch. Spodná stavba krátkych inundačných polí 1 až 8 masívna založená na pilotách, v koľaji č.2 členené železobetónové stojky založené na pilotách. Po výstavbe mosta došlo k regulácii rieky Morava, pri ktorej boli vybudované inundačné hrádze v polohe dnešných mostných opôr polí č.9 až 11. Touto reguláciou stratili krátke inundačné polia nad otvormi 1 až 8 prakticky význam

Pôvodné nosné konštrukcie z roku 1926 boli v minulosti niekoľko krát upravované (výmena poškodených prvkov mostovky, úprava horného zavetrovania z dôvodu elektrifikácie, oprava ložísk vrátane nadbetónovania úložných prahov, na krátkych poliach sa vyskytli plastické deformácie a trhliny v spodnej pásnici, najmä v blízkosti uloženia pri ložiskách, tieto boli sanované podopretím podpornou podvalovou rovnaninou v mieste najbližšieho

priečného stuženia od opory. Najvyhnutnejšie opravné práce na moste boli priebežne vykonávané na základe výsledkov pravidelných prehliadok-revizíí.

Mostný objekt však svojim konštrukčným usporiadaním nevyhovoval novým požiadavkám z hľadiska priestorovej prechodnosti a prevádzkovej zaťažiteľnosti. ŽSR navrhli jeho komplexnú prestavbu a bol spracovaný projekt pre jeho komplexnú prestavbu, ktorý bol v roku 2004 odovzdaný zástupcom ČD na ďalšie pokračovanie a zabezpečenie komplexnej rekonštrukcie mosta. ČD zadali projektovanie predmetného mosta spoločnosti Moravia Consult Olomouc, a.s. Zástupcovia ŽSR boli prizvaní na prvotné rokovania, kde boli určené základné parametre mostného objektu (výška plavebného gabaritu, typ mostnej konštrukcie).

Najvyhnutnejšie opravné práce na moste boli priebežne vykonávané na základe výsledkov pravidelných prehliadok-revizíí. Vzhľadom k technickému stavu ako aj veku objektu je však bez zrealizovania jeho prestavby predpoklad ďalšieho postupného znižovania kategórie zaťaženia trate a traťovej rýchlosti na objekte.



Obr. 1 – Pozdĺžny rez a pôdorys pôvodného mosta v km 74,386 trate Kúty-št. hr.SR/ČR



Obr. 2 – Pohľad z inundačnej hrádze na pôvodné oceľové nosné konštrukcie



Obr. 3 – Pohľad z koľaje č.1 na pôvodné oceľové nosné konštrukcie

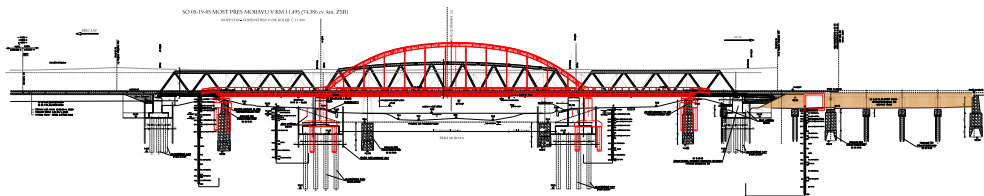
### 3. Novonavrhaný stav

V súvislosti s prípravou stavby „ŽSR, Modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR“ pri zadávaní podmienok došlo k upusteniu od požiadavky na splavenie rieky Morava. Z tohto dôvodu bolo vybrané variantné riešenie pozostávajúce z nového premostenia navrhnutého ako trojica prostých nosníkov o rozpätí 28 + 80 + 28 m. Krajné polia cez bermy navrhnuté ako plnostenné nosníky, prostredná pole cez rieku Moravu bude Langerov trám – nosník vystužený oblúkom. V každej koľaji je navrhnutá samostatná konštrukcia s MPP 3,0. Všetky konštrukcie majú dolnú mostovkou s priebežným koľajovým lôžkom. Spodná hrana nového mosta je na úrovni existujúcich konštrukcií, ktoré sú 0,6 m nad úrovňou hladiny Q100. Vzhľadom k zvýšeniu konštrukčnej výšky dôjde

k zdvihu nivelety koľají o 450mm. Osová vzdialenosť koľají z dôvodu dodržania MPP 3,00 je rozšírená zo 7,0m na 9,0m.

Založenie spodnej stavby opôr aj pilierov hlbinné na veľkopriemerových pilótach priemeru 1,2m. Nové opory sú umiestnené v mieste existujúcich opôr, piliere na bermách sú oproti súčasným posunuté o cca 10m smerom ku oporám. Toto usporiadanie rešpektuje výhľadovú realizáciu kanálu Dunaj-Odra-Labe, pri ktorej bude ale nutné vykonať zdvih konštrukcií o 4,0m. Na tento výhľadový zdvih sú nová spodná stavba vrátane založenia mosta nadimenzované. Pôvodné inundačná polia na slovenskej strane boli zasypané novým železničným telesom. V mieste poľnej cesty je umiestnený nový rámový objekt (SO 12-33-03). Rovnaký rámový mostný objekt je umiestnený do predpolia na českej strane.

Objednávatelom stavby, v rámci ktorej dochádza k prestavbe predmetných mostných objektov sú Železnice Slovenskej republiky. Zmluva sa riadi zmluvným štandardom FIDIC, v rámci ktorej je zhotoviteľ zodpovedný za vyprojektovanie aj realizáciu diela (design and built) podľa požiadaviek objednávateľa teda ŽSR. Generálnym projektantom združenie združenie firiem pod vedením REMING CONSULT a. s. s členmi MORAVIA CONSULT Olomouc a. s. a TRANSGEO Sofia. Zhotoviteľom stavby je taliansko-slovenské Združenie „JV ICM – VÁHOSTAV – SK“. Vedúcim členom združenia je spoločnosť ICM S.p.A Vicenza a druhým členom je spoločnosť VÁHOSTAV – SK, a. s. Výrobná technická dokumentácia bola vypracovaná spoločnosťou Maeg Construciones SpA, ktorá realizuje aj výrobu ocelevej konštrukcie.



Obr. 4 – Navrhované variantné riešenia

Základné technické parametre objektu

- Smerové pomery: šíra trať v priamej
- Sklonové pomery: niveleta vodorovná
- Prekážka: rieka Morava
- Šikmosť mosta: kolmý
- Uhol križovania s prekážkou: 90°
- Počet mostných polí: 3
- Svetlosť mostného otvoru: 26,0m + 78,0m + 26,0m
- Rozpätie mostného poľa: 28,0m + 80,0m + 28,0m
- Dĺžka mosta: 137,0m
- Voľná výška pod mostom: 3,6m nad bermou, 5,0m nad hladinou rieky
- Zaťažiteľnosť mosta: min UIC71x1,21, viz. tabuľka zaťažiteľnosti
- Nosná konštrukcia: oceľová trámová nad bermami, Langerov trám nad riekou

*ŽSR, modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR SO  
12.33.04 Kúty – št. hranica SR/ČR, nový železničný most nad Moravou v nžkm 74,306  
koľaj č.2.*

- Spodná stavba: 2 piliere, 2 opory so zavesenými rovnobežnými krídlami
- Založenie: hĺbkové na veľkopriemerových pilótach priemeru 1,22 m
- Návrhové zaťaženie: LM71, SW/2 podľa STN EN 1991-2.  
Návrhová rýchlosť je 160m/hod.  
Pozn.: Konštrukcia je navrhnutá až do rýchlosti 200 km/h pre prípadné budúce navýšenie rýchlosti.
- Priestorové usporiadanie: priechodný prierez MPP3,0 v priamej podľa STN 73 6201
- Šírka mosta: 16,9m (oceľové konštrukcie) 21,0m (piliere)
- Voľná šírka na moste: 6,3m (medzi hl. nosníky)
- Materiál nosnej konštrukcie: S420, S355 na hlavné nosné časti

Novobudovaný most je situovaný v medzistaničnom úseku a prevádza 2 koľaje cez rieku Moravu, ktorá tvorí hranicu Českou a Slovenskou republikou. Koryto rieky je cca 70m široké a 3m hlboké. Po oboch brehoch sú bermy šírky cca 32m lemované protipovodňovými hrádzami výšky cca 2,8m. Túto časť preklenujú 3 polia priehradových konštrukcií mosta.

Na strane Českej republiky je trať vedená zalesnenou oblasťou na násype vysokom cca 2,8m. Na strane slovenských republiky je za protipovodňovú hrádzou pôvodné inundáciách šírky cca 80m, cez ktorú je trať prevedená po 8 plnostenných konštrukciách. Nadväzujúci úsek je vedený po násype vysokom cca 4,5m.

Priestorové usporiadanie pod mostom

Voľná šírka hlavného otvoru cez koryto bude zväčšená o 28,0m na 78,0m. Celková šírka všetkých otvorov 130,0m je zachovaná.

Priestorové usporiadanie na moste

Most sa nachádza v extraviláne, trať je v priamej, traťová rýchlosť 160km/hod. Na základe tohto sa na moste uplatní voľný mostné prierez MPP 3,0 podľa STN 73 6201.

Spodná stavba

Opory sú železobetónové, založené na veľkopriemerových pilótach priemeru 1,22 m. Výška základovej škáry je v úrovni 153,200m.n.m. Opory O1 a O2 sú rovnaké, vzájomne otočené o 180 °. Piliere sú železobetónové, založené na veľkopriemerových pilótach priemeru 1,22 m. Výška základovej škáry je v úrovni 148,650m.n.m. Piliere P1 a P2 sú rovnaké.

#### **4. Požadované podmienky pre výrobu nosných konštrukcií mostov v podmienkach ŽSR**

V podmienkach železníc Slovenskej republiky každý zhotoviteľ ocelevej konštrukcie musí mať na zváranie ocelových mostných a mostom podobných dráhových konštrukcií potrebné oprávnenie vydávané Dopravným úradom podľa § 17 zákona NR SR č.513/2009 (zákon o dráhach).

Oprávnenie na zváranie ocelových konštrukcií a certifikát na nedeštruktívne skúšanie ocelových mostných a mostom podobných dráhových konštrukcií v podmienkach Železníc Slovenskej republiky. Obe potvrdenia vydáva Dopravný úrad, ktorý bol zriadený zákonom NR SR č. 402/2013 Z.z. o Úrade pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb a Dopravnom úrade a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o dopravnom úrade) s účinnosťou od 1. januára 2014 ako orgán štátnej správy s celoslovenskou pôsobnosťou pre oblasť dráh a dopravy na dráhach, civilného letectva a vnútrozemskej plavby. Dopravný úrad je právnym nástupcom Úradu pre reguláciu železničnej dopravy, Leteckého úradu Slovenskej republiky a Štátnej plavebnej správy.

Pre výrobu a montáž ocelevej konštrukcie je potrebné postupovať v zmysle TNŽ 732603. Tzn. nestačí vizuálna kontrola ale je potrebné vykonať dielenskú prebierku a spracovať písomný zápis o dielenskej prebierke. Uvedená TNŽ stanovuje postup a spôsob preberania ocelových konštrukcií vrátane požiadaviek na výrobnú dokumentáciu, materiál, výrobu, dielenské spoje, dielenskú montáž, dielenskú prebierku, protikoróziu ochranu a montážnu prebierku. Všetky zápisy a doklady o výrobe nosných konštrukcií (zápisy z dielenských prebierok), schválené technologické postupy zvárania a montáže (príp. ich zmeny) doklady o kontrole montážnych spojov (zvarov), certifikáty použitých materiálov je v zmysle uvedenej TNŽ potrebné vyhotovovať v písomnej forme nakoľko budú súčasťou dokladovej časti (podľa prílohy č.11) predpisu ŽSR S5 Správa železničných mostných objektov pri vykonaní hlavnej prehliadky mostného objektu pred jeho uvedením do prevádzky a budú požadované vedúcim hlavnej prehliadky.

Súčasťou dielenskej prebierky je správa o pripravenosti OK k dielenskej prebierke popisujúca všetky zmeny vo výrobe s doložením ich schválenia projektantom. Ďalej sú to výrobné denníky, protokoly o nedeštruktívnych skúškach NDT (doložené s potvrdením od oprávnenej osoby, požadujeme osvedčenie o odbornej spôsobilosti na vykonávanie NDT), protokoly o vizuálnej kontrole (doložené s potvrdením od oprávnenej osoby), protokoly o geodetickom zameraní (doložené s potvrdením od geodeta), certifikáty od hlavného materiálu (hutný atest), certifikáty od prídavného materiálu

Zhotoviteľ spracuje technologický predpis výroby a technologické postupy zvarovania oprávnenou osobou (zvárací technológ)

Odbor 430 GR ŽSR schvaľuje:

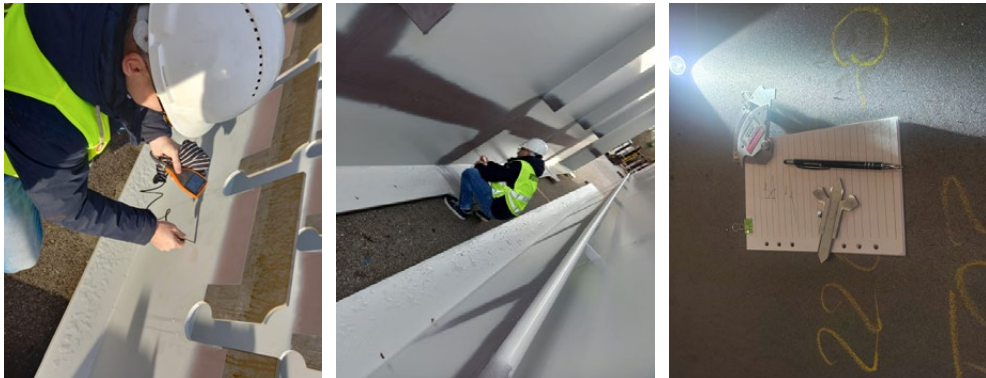
- výrobnú dokumentáciu nosných ocelových konštrukcií zhotoviteľa
- technologický predpis systému protikorózneho ochrany (PKO)

## 5. Dielenské prebiecky vo výrobnom závode

Dielenské prebiecky vo výrobných priestoroch spoločnosti Maeg Construzioni SpA zabezpečovali zamestnanci O 430 GR ŽSR s odbornou spôsobilosťou pre činnosti zvarovania Ing. Peter Melicher medzinárodný zvaračský inžinier IWE a Ing. Roman Štalmašek medzinárodný zvaračský špecialista IWS technológ zvarovania



Obr. 5, 6, 7 – Kontrola kvality zvarových spojov na zárodku oblúka



Obr. 8, 9, 10 – Kontrola kvality PKO/meranie hrúbky jednotlivých vrstiev a meracie pomôcky pre kontrolu zvarov

Zváranie prebiehalo podľa vypracovaných WPS podľa EN ISO 15 609-1 v súlade s vypracovanými WPQR podľa EN ISO 15 614, ktoré pokrývali všetky typy a polohy zvarovaných spojov vyskytujúcich sa na ocelevej konštrukcii.

Pre zváranie ocelevej konštrukcie mostu bola použitá nasledujúca technológia zvarovania podľa EN ISO 4063:

135 – Oblúkové zváranie taviacou elektródou v aktívnom plyne (MAG)

122 – Zváranie pod tavivom – len tupé a kútové zvary v polohe PA

Kontrolné operácie počas zvarovania:

- zvaracie parametre
- dodržovanie technologického predpisu a postupu zvarovania

- čistenie, tvar húseníc a vrstiev zvarového kovu
- rozmerová kontrola (deformácie...)

Kontrolné operácie po zváraní:

- rozmery zvarov
- vonkajšie znaky pre posúdenie akosti zvarov (zápaly, vruby, rozstrek..)
- deformácie
- rozmerová kontrola (deformácie...)
- nedeštruktívne skúšky (VT, UT, MT)

Kontrola zvarových spojov: EN ISO 5817 (050110) – Zvarové spoje ocelí zhotovené oblúkovým zváraním.

Smernice pro určovanie stupňov akosti (ISO 5817:1992).

EXC3 – nosná konštrukcia mostu – stupeň akosti B

EXC2 – nosná konštrukcia mostu – stupeň akosti C

Vizuálna kontrola zvarových spojov: EN ISO 17637 (051180) – Nedeštruktívna skúška zvarov.

Vizuálna kontrola tavných zvarov.

Vizuálna kontrola zvarov (vrátane rozmerovej kontroly zvarov) bola vykonávaná počas výroby a po ukončení výroby jednotlivých dielcov ocelevej konštrukcie. Jednotlivé vizuálne kontroly počas výroby boli zaznamenané do výrobného denníka. Záverečná vizuálna kontrola ocelevej konštrukcie pred dielenskou prebierkou bola zaznamenaná do protokolu o vizuálnej kontrole s uvedením posúdenia zvarov podľa EN ISO 5817. Protokol o vizuálnej kontrole je ako doklad pro dielenskú prebieрку.

Rozsah kontroly: – všetky zvarové spoje – 100%. – povrch základného materiálu – 100%.

Kontrola zvarových spojov ultrazvukom:

EN ISO 17640 (051171) – Nedeštruktívna skúška zvarov – Skúšanie zvarových spojov ultrazvukom.

EN ISO 11666 (051172) – Nedeštruktívna skúška zvarov – Skúšanie zvarových spojov ultrazvukom – Stupeň prípustnosti (SP2).

EN ISO 23279 (051173) – Nedeštruktívna skúška zvarov – Skúšanie ultrazvukom – Posúdenie charakteru indikácií v zvaroch.

Rozsah kontroly: podľa VD

Kontrola zvarových hrán ultrazvukom:

EN 10160 (015024) – Skúšanie ocelových plochých výrobkov o hrúbke 6mm a väčšie ultrazvukom (odrazová metóda) – Stupeň prípustnosti (E2)

Kontrola povrchu magnetickou metódou práškovou:

EN ISO 17638 (051182) – Nedeštruktívna skúška zvarov – Skúšanie magnetickou metódou práškovou.

EN ISO 23278 (051183) – Nedeštruktívna skúška zvarov – Skúšanie zvarov magnetickou metódou práškovou – Stupeň prípustnosti (2X)



Rozsah kontroly: podľa VD

V prípade, že pri nedeštruktívnej kontrole (vizuálnej, ultrazvukovej) boli zistené neprípustné vady zvarových spojov bola vykonaná oprava. Vadné miesta boli vybrúsené kotúčovou uhlovou brúskou (v neprístupných miestach – drážkovaním), boli očistené od prachu, nečisťôt a mastnoty.



Obr. 11 – Pohľad z vtáčej perspektívy na novorealizovaný mostný objekt cez rieku Morava koľaj č.2



Obr. 12 – Celkový pohľad na novorealizovaný mostný objekt cez rieku Morava koľaj č.2

## 6. Záver

Po ukončení stavebných prác na železničnom mostnom objekte cez rieku Morava v druhej traťovej koľaji budú nasledovať stavebné práce na železničnom mostnom objekte v prvej traťovej koľaji, a to demoláciou pôvodného mostného objektu tvoreného z mostovky a následne demoláciou mostných pilierov, výstavbou novej spodnej stavby a výrobou ocelevej nosnej konštrukcie. Prvá dielenská prebiehka vo výrobných závodoch spoločnosti MAEG Construzioni SpA je ohlásená na koniec februára 2024.

*ŽSR, modernizácia železničnej trate Devínska Nová Ves – štátna hranica SR/ČR SO  
12.33.04 Kúty – št. hranica SR/ČR, nový železničný most nad Moravou v nžkm 74,306  
koľaj č.2.*

Otvorenou zostáva otázka výkonu budúcej správy a údržby po ukončení prác a realizácii nového mostného objektu v koľaji č.1. Zástupcovia O 430 GR ŽSR navrhujú stanoviť budúce správcovstvo a údržbu na moste nasledovne

- (mostovka) oceľová nosná konštrukcia bude v správe a údržbe ŽSR,
- medziľahlý pilier a opora na slovenskej strane bude v správe a údržbe ŽSR,
- medziľahlý pilier a opora na českej strane bude v správe a údržbe SŽ,
- na českej strane mostný objekt SO 12-33-05 Kúty – št.hranica SR/ČR, nový železničný most v nžkm 74,497) bude po ukončení kolaudačného konania stavby odovzdaný zápisom o odovzdaní a prevzatí do trvalej správy a údržby SŽ.

Z horeuvedeného dôvodu bude potrebné tieto skutočnosti zapracovať do „Miestneho dohovoru pre riadenie prevádzky a organizovanie dopravy na dráhe na pohraničnej trati a v pohraničných staniách Kúty (SR) – Lanžhot (ČR)“ a zároveň v čo najkratšom čase vyvolať rokovanie medzi ŽSR a SŽ na zazmluvnenie týchto skutočností do osobitného dokumentu – memoranda na úrovni Ministerstva dopravy SR a ČR.

**Ing. Roman Štalmašek**

Manažér železničných tratí a stavieb  
Oddelenie stavieb železničného spodku  
ŽSR Generálne riaditeľstvo  
Klemensova 8, 813 61 Bratislava  
tel.: +421 911 042 430  
e-mail: stalmasek.roman@zsr.sk

**Ing. Peter Melicher**

Manažér železničných tratí a stavieb  
Oddelenie stavieb železničného spodku  
ŽSR Generálne riaditeľstvo  
Klemensova 8, 813 61 Bratislava  
tel.: +421 0903 528 023  
e-mail: melicher.peter@zsAr.sk

# Aktuální stav přípravy VRT

Ing. Jakub Bazgier, Ing. Jiří Merta, Správa železnic, státní organizace

## 1. Vysokorychlostní železnice

Vysokorychlostní železnice je dopravní síť, která zcela zásadně mění podobu veřejné dopravy. Díky radikálnímu zkrácení cestovních dob se systém vysokorychlostních tratí (dále jen VRT) stane páteří dopravy v naší zemi, a to i proto, že na vysokorychlostní vlaky zpravidla bude navazovat další doprava, ať už běžná vlaková, autobusová, nebo městská. Stejně tak budou VRT připraveny na to, aby je mohli využívat ti, kteří přijedou svým vlastním autem a budou potřebovat zaparkovat, stejně jako ti, kteří dorazí na kole. Vysokorychlostní železnice je součástí běžného života ve většině vyspělých zemí. V Evropě dosahují vlaky rychlosti až 320 km/h a konkurují tak na středních vzdálenostech i letecké dopravě.

## 2. Očekávané přínosy VRT

### 2.1. Zvýšení rychlosti a komfortu cestování

Dojde k radikálnímu, násobnému zkrácení dojezdových časů. To bude zásadní pro zrychlení dopravy ve střední Evropě, v ČR i pro dostupnost regionů a regionálních center navzájem. 75 % obyvatel ČR bude mít zastávku rychlého vlaku v dojezdové vzdálenosti do 20 minut. Moderní rychlé vlakové soupravy pro dálkovou dopravu navíc přinesou tichou a klidnou jízdu s možností práce i odpočinku.

### 2.2. Výrazně lepší mobilita obyvatel

Díky využití vysokorychlostní železnice samotné i proto, že dojde k navýšení kapacity na s távajícími tratích, bude moci posílit regionální doprava. Převedení části dopravy na železnici povede ke zlepšení dopravy obecně, a to i silniční. To celé pak také přinese ještě větší dopravní dosažitelnost zaměstnání nebo vzdělání, nemluvě o cestách do zahraničí.

### 2.3. Rozvoj hospodářství

K rozvoji ekonomiky dojde zásluhou lepší dostupnosti, a tím i atraktivity regionů pro investory i pracovníky. S výkonnější ekonomikou přijde i zvýšení životní úrovně obyvatel v regionu. Kromě možnosti dojíždět do zaměstnání do jiných center, se pak postupně vytvoří nové pracovní a podnikatelské příležitosti přímo v krajích. Dostupnost je totiž základem konkurenceschopnosti. Mnohým odpadne nutnost se stěhovat za prací, a proto očekáváme příznivý trend, který půjde proti vylidňování určitých regionů, míst a venkova celkově. Navíc ke zpomalení suburbanizace kolem velkých aglomerací může přispět i možný přesun centrál firem mimo Prahu a další větší ekonomická centra.

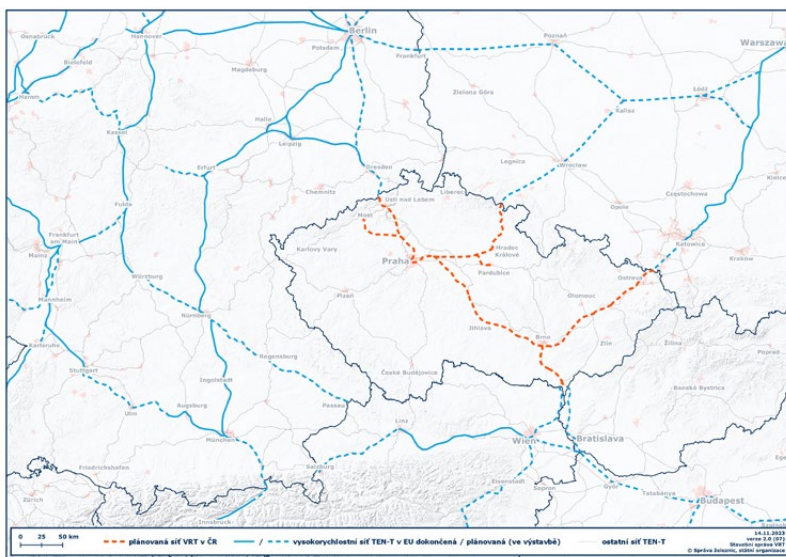
VRT sebou svým rozsahem a možnostmi přinesou velké příležitosti jak pro české firmy, tak pro jejich zaměstnance, a to ve všech fázích jejich přípravy, výstavby a provozu.

### 2.4. Přínos pro životní prostředí

Ke zlepšení životního prostředí přispěje větší zapojení železnice do dopravního systému. Sama vysokorychlostní železnice je až sedmkrát energeticky úspornější než ta automobilová. Podobný poměr platí i v rámci celkové produkce CO<sub>2</sub>.

## 3. VRT jako součást sítě TEN-T a Rychlých spojení

Na základě Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1315/2013, o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (TEN-T), se Česká republika zavázala podporovat rozvoj železniční infrastruktury, a to i výstavbou nových tratí v hlavních směrech transevropských koridorů sítě TEN-T (viz Obr. 1).



Obr. 1 – Síť VRT ve střední Evropě

Rozvoj VRT také výslovně deklarovala Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR v usnesení č. 1583 z 55. schůze ze dne 2. března 2017. Následně, 22. května 2017 bylo vydáno Usnesení vlády ČR č. 389 o Programu rozvoje rychlých železničních spojení v České republice, jehož podstatou je výstavba nových VRT, modernizace významných stávajících tratí, pořízení odpovídajícího vozidlového parku a vytvoření nového provozního konceptu zejména dálkové osobní železniční dopravy. Správa železnic pak byla z pozice manažera železniční infrastruktury a na základě výše zmíněných dokumentů pověřena přípravou výstavby nových VRT.

Hlavními směry sítě Rychlých spojení (RS) jsou ramena (viz Obr. 2):

- RS 1 Praha – Brno – Přerov – Ostrava – Katowice
- RS 2 Brno – Břeclav – Wien / Bratislava
- RS 3 Praha – Plzeň – Domažlice – Bavorsko
- (konvenční trasa s vyššími rychlostními parametry)
- RS 4 Praha – Ústí nad Labem – Dresden
- RS 5 Praha – Wrocław
- VRT jsou pak jejich klíčovým prvkem a aktuálně jsou připravovány v souhrnné délce 650 km v těchto ucelených tazích:
- RS 1 VRT Praha – Brno – Ostrava – státní hranice PL
- RS 2 VRT Brno – Rakvice
- RS 4 VRT Praha – Ústí nad Labem – státní hranice DE
- RS 42 VRT (Praha –) Louny – Most
- RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/Pardubice – státní hranice PL

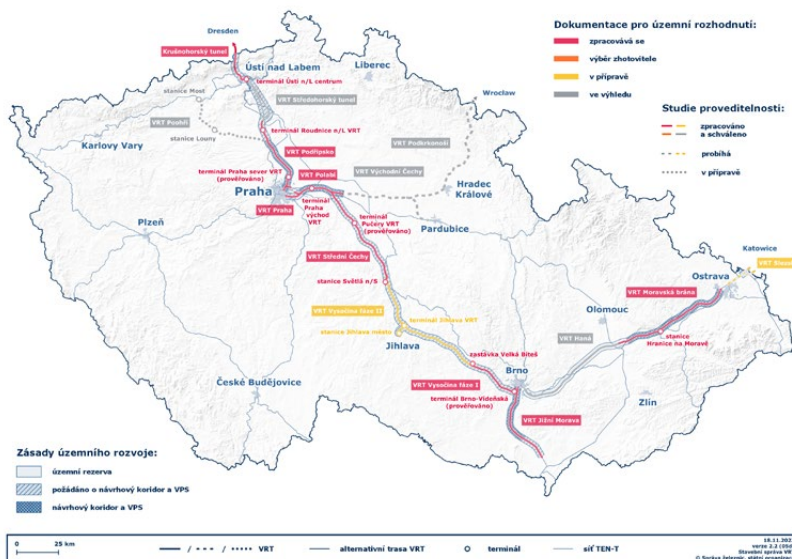
Jednotlivé tahy a ramena se pro další projektovou přípravu dělí na samostatné stavebně-technické úseky o délkách několika desítek kilometrů (viz Obr. 2).

#### 4. Aktuální stav projektu VRT v ČR



Obr. 2 – Síť Rychlých spojení (RS) a úseky VRT

V roce 2023 práce na přípravě VRT značně zintenzivnily. Na řadě úseků probíhá zpracování dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR), na VRT Polabí už byla dokončena a odevzdána a na moravských úsecích je dokončována. Celková délka projektovaných VRT již dosahuje délky cca 350 km (viz Obr. 3). DÚR zpřesňují vedení tratí a jejich podobu, postupy výstavby, zásahy do stávajících tratí i další infrastruktury a například i navrhovaná opatření pro ochranu obyvatel a životního prostředí v blízkosti VRT. Zahnují v sobě též podklady pro budoucí majetkoprávní vypořádání, tj. výkupy pozemků.



Obr. 3 – Aktuální stav přípravy VRT (12/2023)

Aktuálně probíhá také aktualizace krajských územně plánovacích dokumentací Zásad územního rozvoje (ZÚR) v hlavním městě Praha, v kraji Vysočina, ve Středočeském, Ústeckém, Jihomoravském, Olomouckém a Moravskoslezském kraji (viz Obr. 3). Pro některé úseky bylo pořizování aktualizací ZÚR již úspěšně dokončeno. Pro úsek VRT Vysočina fáze II Správa železnic momentálně připravuje zadávací dokumentaci pro výběr zhotovitele DÚR a dokumentace EIA. Na úseku VRT Jižní Morava bylo zahájeno zjišťovací řízení před samotným posouzením vlivu stavby na životní řízení a pro VRT Moravská brána I i VRT Moravská brána II bylo ukončeno. Dokumentace EIA těchto dvou úseků je sjednocena tak, aby pro oba úseky proběhlo jedno posouzení vlivu stavby na životní prostředí v souladu se závěry zjišťovacích řízení EIA.

Pro zjištění postoje majitelů pozemků pod budoucí VRT Jižní Morava proběhl průzkum, v rámci kterého bylo dopisem osloveno 1200 fyzických osob, které se mohly pomocí odkazu (QR kód) blíže seznámit s postupem při budoucích výkupy (video prezentace), zjistit předpokládané dotčení svého pozemku stavbou (tzv. karta vlastníka) a zejména vyjádřit svůj postoj k budoucímu majetkoprávnímu vypořádání (dotazník). Byly také zjištěny odhady nákladů na zpracování geometrických plánů, znaleckých posudků i na

samotné výkupy pozemků. Obdobná akce proběhne v roce 2024 také na obou úsecích VRT Moravská brána.

Pro veřejnost již je spuštěno pět GIS portálů (pro úseky VRT Polabí, VRT Vysočina fáze I, VRT Jižní Morava, VRT Moravská brána I a VRT Moravská brána II). Tyto portály přinášejí přehled o plánovaných trasách VRT včetně mnoha užitečných detailů. Umožňují také veřejnosti vznášet dotazy a podněty ke konkrétnímu místu nebo technickému řešení.

V prosinci 2023 byla pro VRT Praha spuštěna tzv. pocitová mapa, která slouží pro získání podnětů a názorů široké veřejnosti a spolu s tím začalo také představování projektu veřejnosti v konkrétních pražských městských částech.

Povolování jednotlivých stavebně-technických úseků VRT už probíhá procesem dle nového stavebního zákona, který počítá s jednostupňovým povolením záměru. Dokumentace pro územní rozhodnutí je na všech úsecích použita jako podklad pro EIA a následně bude dopracována dle příslušných vyhlášek pro obsah dokumentace pro povolení záměru podle nového stavebního zákona a dle závěrů stanovisek EIA.

## **5. Financování a další postup v přípravě a realizaci projektu**

V roce 2023 byla na investiční přípravu VRT vynaložena částka přes 1,2 mld. Kč a v roce 2024 se předpokládá částka obdobná. Pro přípravu nové trati z Prahy do Drážďan byla získána 50% podpora z fondu CEF a pro další ramena byla podána žádost o spolufinancování jich přípravu ze zdrojů EU také pomocí tohoto dotačního programu.

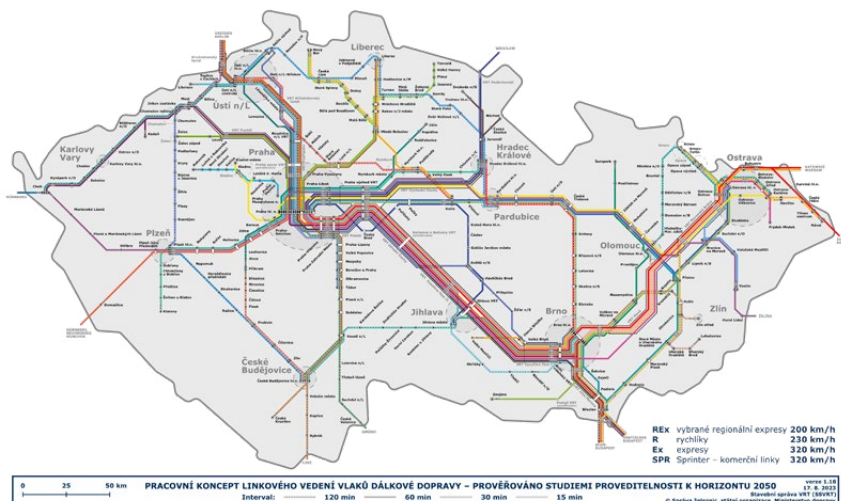
V průběhu roku 2023 byla dokončena studie možností financování systému RS včetně VRT a na základě jejích závěrů bylo vládou ČR vydáno usnesení ukládající Správě železnic prověřit možnosti využití partnerství veřejného a soukromého sektoru (PPP) i pro VRT. Na konci minulého roku tak byl vybrán zhotovitel Studie proveditelnosti PPP pro moravskou část projektu VRT, resp. RS, který doporučí další postup a posoudí vhodnost jednotlivých úseků pro přípravu, financování, realizaci a provoz nových, nejen vysokorychlostních tratí na tahu Břeclav – Brno – Přerov – Ostrava právě touto formou.

Na sklonku roku 2023 byly také zahájeny předběžné tržní konzultace (PTK) pro možnost dalšího pokračování přípravy VRT pomocí veřejných zakázek typu Design & Build & Maintain. První fáze PTK se zaměří na technické předpoklady a nastavení takových zakázek i na možnosti a zkušenosti stavebního trhu a trhu dodavatelů technických a technologických komponent budoucích VRT. Využití dat získaných touto formou lze předpokládat i při přípravě zakázek PPP.

## **6. Architektonické soutěže na nové terminály i mosty**

Vysokorychlostní vlaky budou na řadě míst jezdit po tratích stávajících, konvenčních. V rámci toho budou zastavovat na řadě existujících nádraží i v samotných centrech měst. Na nových VRT je pro lepší dopravní obsluhu území, kudy tratě povedou, připravováno několik terminálů přímo na trase vysokorychlostní železnice (viz Obr. 4).

Nové terminály na VRT postupně získávají svou podobu v architektonicko-urbanistických soutěžích probíhající v těsné koordinaci s projektováním jednotlivých úseků VRT. Architektonická část soutěže zpravidla obsahuje výpravní budovu, přístupy na nástupiště,



Obr. 4 – Provozní koncept 2050

pozemní komunikace, parkovací domy, parkoviště, zastávky autobusové dopravy, pěší a cyklistické komunikace, zeleň a další prvky nezbytné pro správné fungování nového dopravního uzlu. Urbanistické části soutěží poté nabízejí místní samosprávě nejen urbanistická a krajinářská, ale i dopravní řešení širšího okolí v návaznosti na nový dopravní uzel a změny vazeb v území.

Prvním takto připravovaným terminálem byl přestupní uzel Praha východ VRT (viz Obr. 5) ležící poblíž Nehvizd jižně od dálnice D11 na VRT Polabí, který nabídne zejména východní části Středočeského kraje rychlé železniční spojení pro pravidelné dojíždění do centra hlavního města a zároveň pohodlné spojení s Brnem, Ostravou, Drážďany nebo dalšími městy u nás i v zahraničí. Druhým terminálem s konkrétním ztvárněním je nová stanice Roudnice nad Labem VRT (viz Obr. 6) v blízkosti dálnice D8 ležící na VRT Podřipsko, který výše zmiňované dopravní služby nabídne pomezí Ústeckého a Středočeského kraje. Vzhledem k pohledově exponovanému místu v blízkosti hory Říp byla do architektonické části soutěže zařazena na stanici navazující údržbová základna, jež se v budoucnu bude starat o infrastrukturu VRT mezi Prahou a Litoměřicemi.

Pro třetí novou stanici na VRT, která bude sloužit obyvatelům Jihlavy a velké části Vysočiny, soutěž právě probíhá. Nacházet se bude jižně od dálnice D1 na křižení a sjezdech nové VRT s dnešní tratí mířící z Havlíčkova Brodu do centra Jihlavy. Součástí soutěže je mj. ztvárnění mostních objektů VRT nad prostorem mimoúrovňové křižovatky dálnice D1 se silnicí I/38 a nedaleké estakády VRT nad samotnou dálnicí D1 v místě jejich křižení ve směru na Prahu.





Obr. 5 – Vizualizace terminálu Praha východ VRT



Obr. 6 – Vizualizace terminálu Roudnice nad Labem VRT

Výběr architektonické podoby čeká ještě terminály Ústí nad Labem centrum v místě současné stanice Ústí nad Labem západ, která tak projde výraznou přestavbou, Brno-Vídeňská VRT v jižní části Brna a Kořenice-Bečváry VRT na Kutnohorsku. Větší či menší přestavbou projdou také stanice, do kterých budou vysokorychlostní spoje sjíždět z blízké VRT, nebo kam budou nové tratě zaústěny. Jedná se zejména o železniční stanice Ostrava-Svinov, Světlá nad Sázavou anebo Hranice na Moravě, kde je ve spolupráci s městem také chystáno vypsaní architektonické soutěže na novou výpravní budovu, která bude blíže autobusovému nádraží a městu.

Cestou architektonické soutěže v těsné koordinaci s projektováním příslušného úseku VRT (VRT Vysočina fáze II) se bude ubírat také příprava tří největších a nejexponovanějších

mostních objektů na VRT Praha – Brno, a to u Světlé nad Sázavou přes údolí Sázavky a údolí Sázavy a u Velkého Meziříčí přes údolí Oslavy.

## **7. Vliv VRT na okolí a okolní krajinu**

Správa železnic ještě více posílila spolupráci s ekology při přípravě VRT. Začlenění VRT do krajiny, jejich ohleduplnost k okolí a zajištění běžného fungování místních ekosystémů je při přípravě VRT jasně vnímanou prioritou.

Velký důraz je kladen na citlivé začlenění do krajiny a minimalizaci bariérového efektu. VRT je svým charakterem „obyčejná“ dvoukolejná elektrizovaná trať, která je v krajině vedena více přímo. V porovnání s dálnicemi je šířka jízdní dráhy zhruba poloviční (cca 11 m), lze ji rozsahem záboru připodobnit spíše k silnici první třídy. Aby trať dobře zapadla do krajiny, připravujeme pokaždé také kompletní urbanistickou a krajinnou koncepci, která vezme v úvahu nejen zelené valy, mosty, tunely, ale i nové parky či pěší a cyklistické stezky.

Průchodnost trati pro pěší, cyklisty i auta budou zachována tím, že jsou při přípravě respektovány stávající příčné vazby v síti silnic, ulic a cest.

Nové tratě a protihluková opatření (zdi a valy) jsou projektovány tak, aby vždy byly striktně dodrženy hlukové limity. O pečlivosti v této oblasti svědčí i to, že pro kalibraci hlukového modelu jeden ze zhotovitelů dokumentace EIA resp. hlukové studie použil reálná data naměřená přímo u VRT ve Francii.

Ke zrychlení přípravy jsou prováděny přírodovědné průzkumy nebo rešerše archivních geologických průzkumů.

V roce 2023 Správa železnic mj. navázala spolupráci s Archeologickým ústavem Akademie věd České republiky v Praze a Archeologickým ústavem Akademie věd České republiky v Brně. V roce 2024 tak na řadě míst začnou předběžné archeologické průzkumy.

Součástí projekční přípravy jsou vždy citlivé úpravy okolního prostředí s ohledem na jeho estetický, kompoziční a ekologický význam. Měly by přinést i významné impulsy k rozvoji tam, kde je to vhodné.

## **8. Komunikace VRT**

Důležitou součástí přípravy VRT je také transparentnost přípravy a komunikace projektu na všech úrovních. Správa železnic v oblasti VRT své záměry intenzivně projednává a představuje jak obcím, krajům, veřejným spolkům, zájmovým sdružením či občanským iniciativám, tak i občanům samotným.

V lednu 2023 byl zahájen projekt Dialog. Jde o otevřenou komunikaci spočívající v předávání aktuálních informací a diskusi s představiteli samosprávy a občany. Pravidelně probíhají jednání s představiteli obcí i setkávání s veřejností, termíny jsou průběžně rozšiřovány. Na pěti

úsecích VRT již funguje veřejný portál GIS, který umožňuje sběr podnětů a připomínek veřejnosti, který se postupně rozšíří na celou připravovanou síť.

Významnými místy pro komunikaci s širší i odbornou veřejností jsou informační centra Správy železnic v Ústí nad Labem a v Praze na hlavním nádraží, ve kterých se se pravidelně konají prezentační dny a další akce na podporu povědomí o projektu VRT v ČR a souvisejících témat. Kromě toho funguje i mobilní informační centrum, tzv. VRTmobil, který v rámci kontaktní kampaně objíždí konkrétní místa a akce.

#### Literatura

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1315/2013 ze dne 11. prosince 2013 o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (a návrh revize nařízení)

Program rozvoje Rychlých železničních spojení v ČR, Ministerstvo dopravy České republiky, Praha, 2017

Studie proveditelnosti VRT Praha – Brno – Břeclav, SUDOP PRAHA a. s., SUDOP EU a. s., Praha, 2020

Studie proveditelnosti VRT (Brno -) Přerov – Ostrava, SUDOP PRAHA a. s., EGIS Rail SA, Praha, 2021

Studie proveditelnosti Nového železničního spojení Praha – Drážďany, Správa železnic, státní organizace, Praha, 2020

Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR (veřejná část), Správa železnic, státní organizace, Praha, 2021–2023

Rozpracované studie proveditelnosti RS/VRT, dokumentace EIA a dokumentace pro územní rozhodnutí jednotlivých úseků VRT, architektonické návrhy a studie terminálů VRT, Zpracovatelé a Správa železnic, státní organizace, 2021–2023

**Ing. Jakub Bazgier**

Správa železnic, státní organizace

Bazgier@spravazeleznic.cz

**Ing. Jiří Merta**

Správa železnic, státní organizace

+420 601 102 276

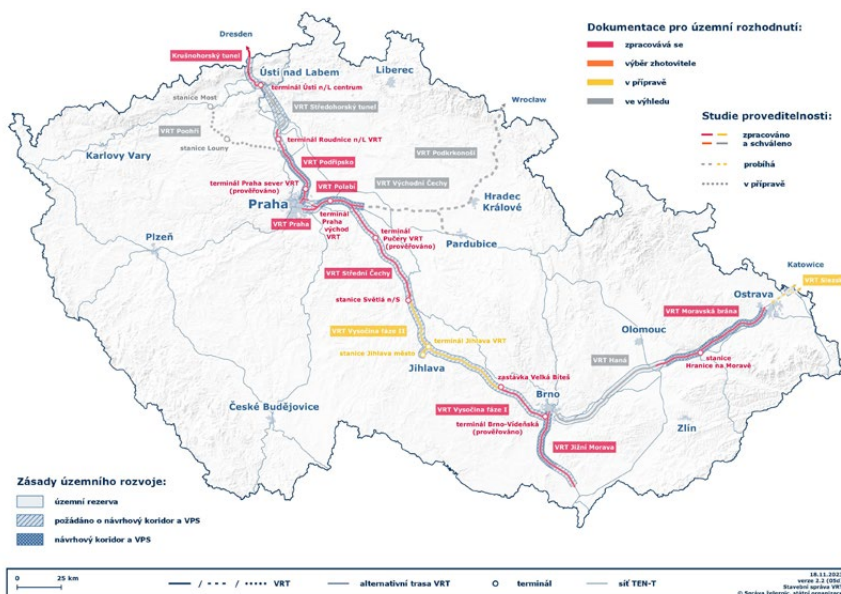
MertaJ@spravazeleznic.cz

# Tunely na VRT v ČR

Ing. Jiří Velebil, Správa železnic, státní organizace

## 1. Úvod

Vysokorychlostní železnice má i v prostředí České republiky potenciál stát se udržitelnou a ekologickou páteří dopravního systému, přispět ke zlepšení životního prostředí a vytvořit podmínky pro lepší rozptřeni ekonomické aktivity napříč celou zemí. Zkrácení jízdních dob umožní zásadní rozvoj ekonomiky a zlepšení mobility obyvatel. VRT nabídnou cestujícím a dopravcům novou kapacitu železniční sítě, již se jim dnes ne vždy dostává, což přispěje k přesunu nákladní dopravy ze silnice na železnici a pro cestujícího zcela nové možnosti dopravní dostupnosti na národní i mezinárodní úrovni.



Obr. 1 – Aktuální stav přípravy k 12/2023

Výstavba vysokorychlostní železnice je projektem, který přesahuje rámec doposud běžných dopravních staveb v České republice. Hlavním motivem k přípravě a realizaci je snaha o posun národního hospodářství na novou úroveň a lepší distribuci bohatství z ekonomických center do regionů. Síť vysokorychlostních tratí tak jsou vždy celonárodním projektem, který má pozitivní dopad na řadu oblastí společenského života.

Stavba vysokorychlostní železnice je rámci České republiky zcela nový, ucelený systém, který vyžaduje aktualizaci přístupů v celé řadě oborů. Vyvolává tak diskuzi napříč profesemi, které spolu zdánlivě nesouvisejí, což umožňuje efektivní hledání společného řešení.

Cílem příspěvku je seznámení a shrnutí informací ohledně připravovaných tunelů na nově plánované síti vysokorychlostních tratí v České republice, o s ohledem na průběžný stav projektování jednotlivých úseků VRT. (Obrázek 1)

## 2. Tunely na vysokorychlostních tratích

Železniční tunely můžeme rozdělit do několika kategorií, bez ohledu na to, zda jsou navrhovány na konvenčních nebo na vysokorychlostních tratích. Vysokorychlostní tratě se navrhují zpravidla dvoukolejné, lokálně jednokolejné jsou v krátkých úsecích v místech sjezdů a nájezdů na jinou železniční trať.

Podle uspořádání kolejí tedy odvozujeme základní typ tunelů, vyplývající z trasování vysokorychlostní tratě v území, tj. dvoukolejný případně dva jednokolejné tunely.

Další kategorií, jak tunely nebo tunelové objekty můžeme dělit je způsob výstavby a tomu odpovídající typ stavební konstrukce. Jedná se o tunely ražené, prováděné v podzemí pomocí strojní mechanizace nebo pomocí řízených trhacích prací nebo se jedná o tunely hloubené, budované v zajištěných otevřených stavebních jámách.

### 2.1. Dvoukolejné tunely

Při základním technickém návrhu řešení tunelů na vysokorychlostní trati je potřeba rozhodnout, zda je pro danou lokalitu vhodnější vybudování dvoukolejného tunelu (jeden tubus) nebo vytvoření rozpletu, oddělení osové vzdálenosti kolejí a vybudování dvou paralelních jednokolejných tunelů. Tato volba závisí na několika proměnných, které je nutné v konkrétním případě vždy individuálně zvážit a důsledky vzájemně porovnat, posoudit technicko-ekonomické dopady konkrétního případu. V tomto zhodnocení musí být zahrnuty a uváženy mimo technických a finančních (ekonomických) i vlivy společenské. Například výstavba dvou jednokolejných tunelů může být vyvolána společenskou poptávkou, i když technicko-ekonomické zhodnocení bude preferovat řešení dvoukolejné tunelu jako jednoho tubusu, v některých případech doplněného o souběžnou únikovou štolu.

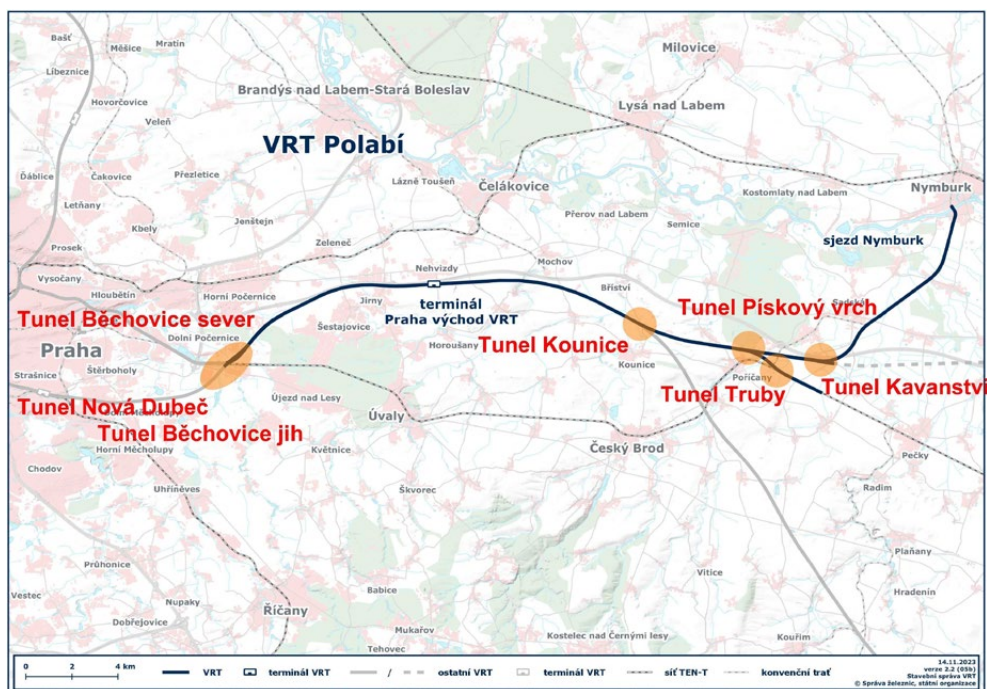
Dvoukolejné tunely se nejvíce navrhují na kratší až střední vzdálenost, obvykle délky do 4 km, se světlým průřezem od cca 80 m<sup>2</sup> do 100 m<sup>2</sup> v závislosti na návrhové rychlosti a s ohledem na aerodynamické účinky provozované dopravy. Na vysokorychlostní železnici v České republice je navržena právě většina dvoukolejných tunelů.

## 2.2. Jednokolejné tunely

Pro překonání dlouhých překážek typicky průchod horským pásmem v délce několika kilometrů, v extrémních případech až desítky kilometrů, se obvykle navrhuje dva paralelní jednokolejné tunely, které jsou vzájemně propojeny příčnými spojovacími chodbami. To je výhodné z hlediska požární bezpečnosti, kdy jeden tubus tunelu slouží jako evakuační v případě mimořádné události v druhém tubusu. Propojky se dále využívají pro umístění řady technologických zařízení potřebných k provozování dopravy. Obvykle je navrhován kruhový profil tunelu se světlym průřezem 60-70 m<sup>2</sup>, v závislosti na návrhové rychlosti a s ohledem na aerodynamické účinky provozované dopravy.

V rámci sítě vysokorychlostní železnice v ČR je navrženo i několik jednokolejných tunelů. Jedná se například o dva mimořádně dlouhé paralelní jednokolejné tubusy v případě Krušnohorského a Středohorského tunelu, na severním výjezdu je pak navržen Strážkovský tunel. Krátké jednokolejné tunely jsou pak lokalizovány u křížení, sjezdů a nájezdů na konvenční železniční síť.

### Přehled navrhovaných tunelů na jednotlivých úsecích vysokorychlostních tratí RS1 VRT Polabí, Praha Běchovice – Poříčany (Obrázek 2)



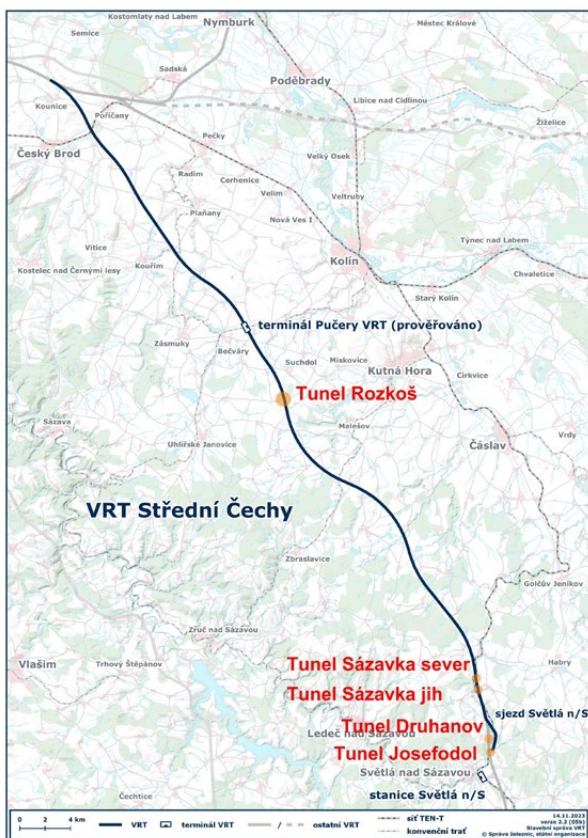
Obr. 2 – Schéma VRT Polabí

## Tunely na VRT v ČR

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Polabí	Běchovice sever	946	jednokolejný	hloubený
	Běchovice jih	804	jednokolejný	hloubený
	Nová Dubeč	2592	dvoukolejný	hloubený
	Kounice	162	dvoukolejný	hloubený
	Pískový vrch	170	dvoukolejný	hloubený
	Kavanství	165	dvoukolejný	hloubený
	Truby	135	jednokolejný	hloubený

### RS1 VRT Střední Čechy, Poříčany – Světlá nad Sázavou (Obrázek 3)

Tento úsek vysokorychlostní trati je v současné době v průběhu zpracování projektové dokumentace pro stupeň DÚR.



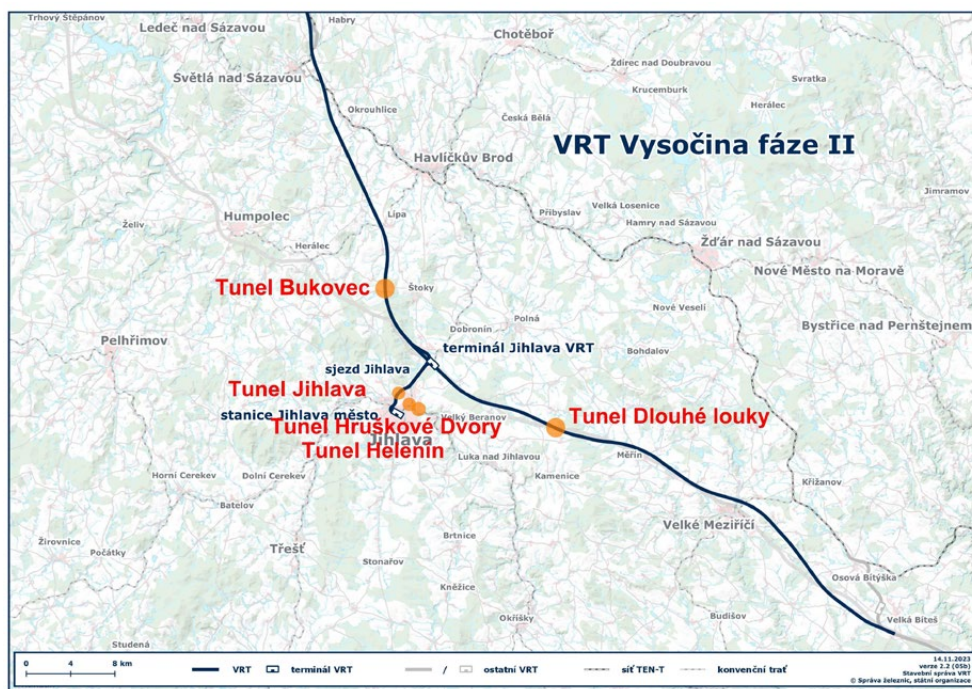
Obr. 3 – Schéma VRT Střední Čechy

## Tunely na VRT v ČR

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Střední Čechy	Rozkoš	640	dvoukolejný	ražení
	Sázavka sever	190	dvoukolejný	ražení
	Sázavka jih	240	dvoukolejný	ražení
	Druhanov	430	dvoukolejný	ražení
	Josefodol	198	jednokolejný	hloubení

### RS1 VRT Vysočina fáze II, Světlá nad Sázavou – Velká Bíteš (Obrázek 4)

Tento úsek vysokorychlostní trati je v přípravě a uváděné trasování a údaje ohledně tunelů jsou převzaty ze Studie proveditelnosti VRT Praha – Brno - Břeclav. V rámci další projekční přípravy dojde k optimalizaci směrového a výškového vedení trasy, údaje o tunelech budou upřesňovány. Tunelové objekty mohou být zrušeny nebo nahrazeny jinými novými, proto je nutné následující údaje v tabulce vnímat pouze orientačně.



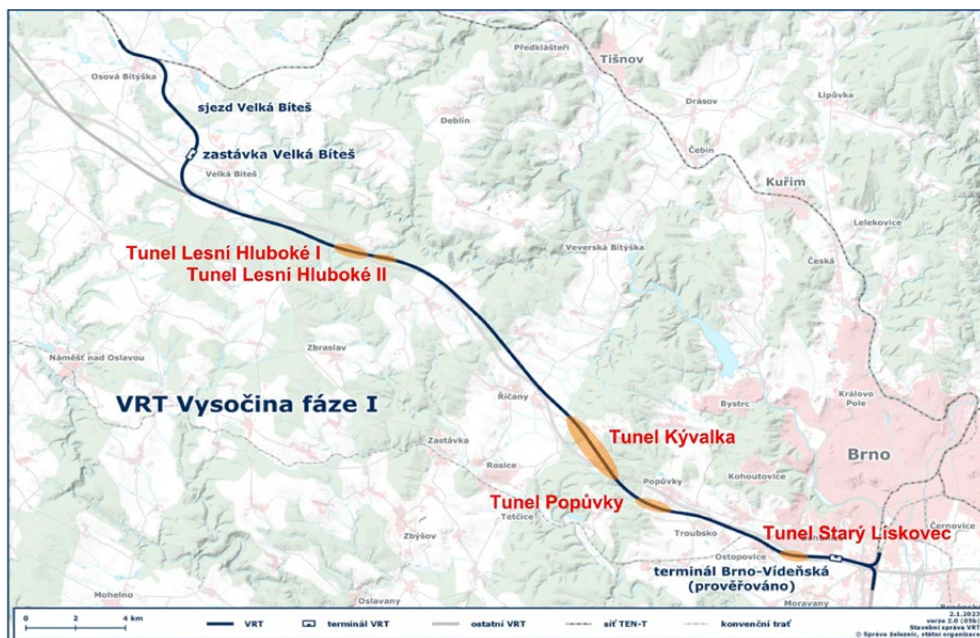
Obr. 4 – Schéma VRT Vysočina fáze II



## Tunely na VRT v ČR

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Vysočina fáze II	Bukovec	800	dvoukolejný	ražený
	Dlouhé louky	600	dvoukolejný	hloubený
	Jihlava	700	dvoukolejný	hloubený
	Hruškové Dvory	1 084	dvoukolejný	ražený
	Helenín	1 460	dvoukolejný	ražený

### RS1 VRT Vysočina fáze I, Velká Bíteš – Brno (Obrázek 5)

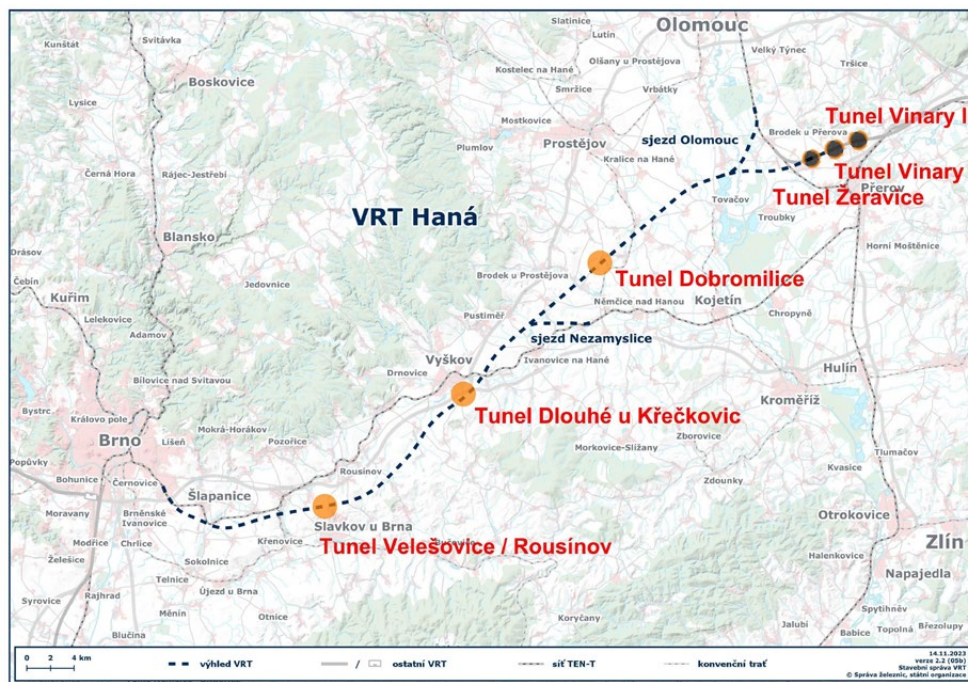


Obr. 5 – Schéma VRT Vysočina fáze I

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Vysočina fáze I	Lesní Hluboké I	995	dvoukolejný	ražený
	Lesní Hluboké II	400	dvoukolejný	ražený
	Kývalka	2 935	dvoukolejný	ražený
	Popůvky	920	dvoukolejný	ražený
	Starý Lískovec	600	dvoukolejný	hloubený

**RS1 VRT Haná, Brno – Prosenice (Obrázek 6)**

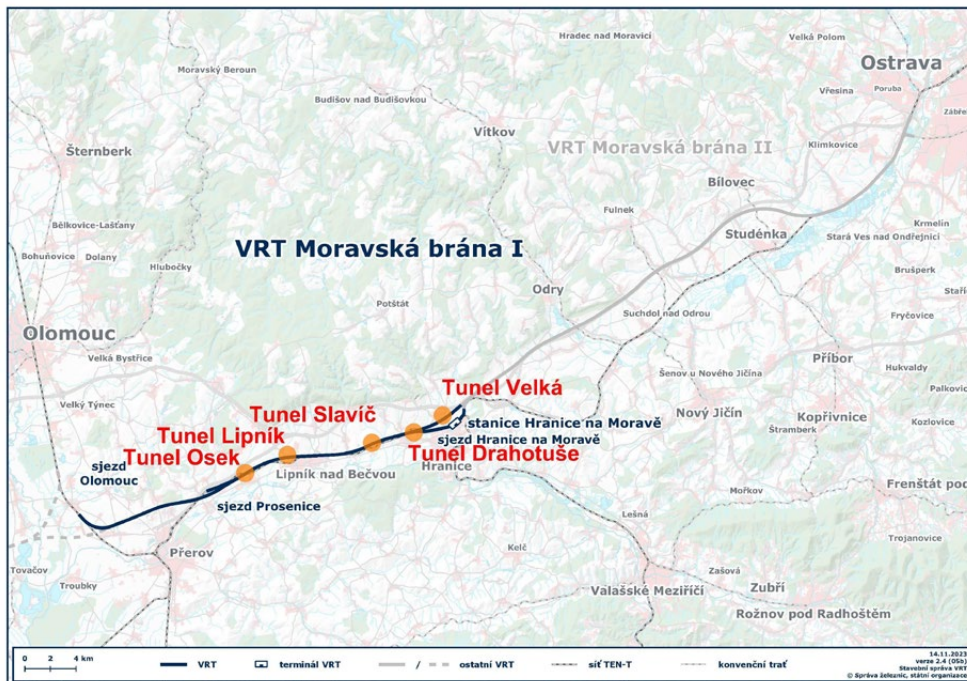
Tento úsek vysokorychlostní trati je ve výhledovém plánu a údaje jsou převzaty ze Studie proveditelnosti vysokorychlostní trati (Brno) – Přerov - Ostrava. V rámci další projekční přípravy, optimalizaci směrového a výškového vedení trasy se mohou tyto údaje rozcházet, tunelové objekty mohou být zrušeny nebo nahrazeny jinými novými, proto je nutné následující údaje v tabulce vnímat pouze orientačně.



Obr. 6 – Schéma VRT Haná

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Haná, Brno - Prosenice	Velešovice / Rousínov	1 842	dvoukolejný	ražený
	Dlouhé u Křečkovic	700	dvoukolejný	ražený
	Dobromilice	725	dvoukolejný	ražený
	Žeravice	150	dvoukolejný	hloubený
	Čekyně / Vinary	470	dvoukolejný	hloubený
	Vinary II	245	dvoukolejný	hloubený

RS1 VRT Moravská brána I, Prosenice – Hranice na Moravě (Obrázek 7)



Obr. 7 – Schéma VRT Moravská brána I

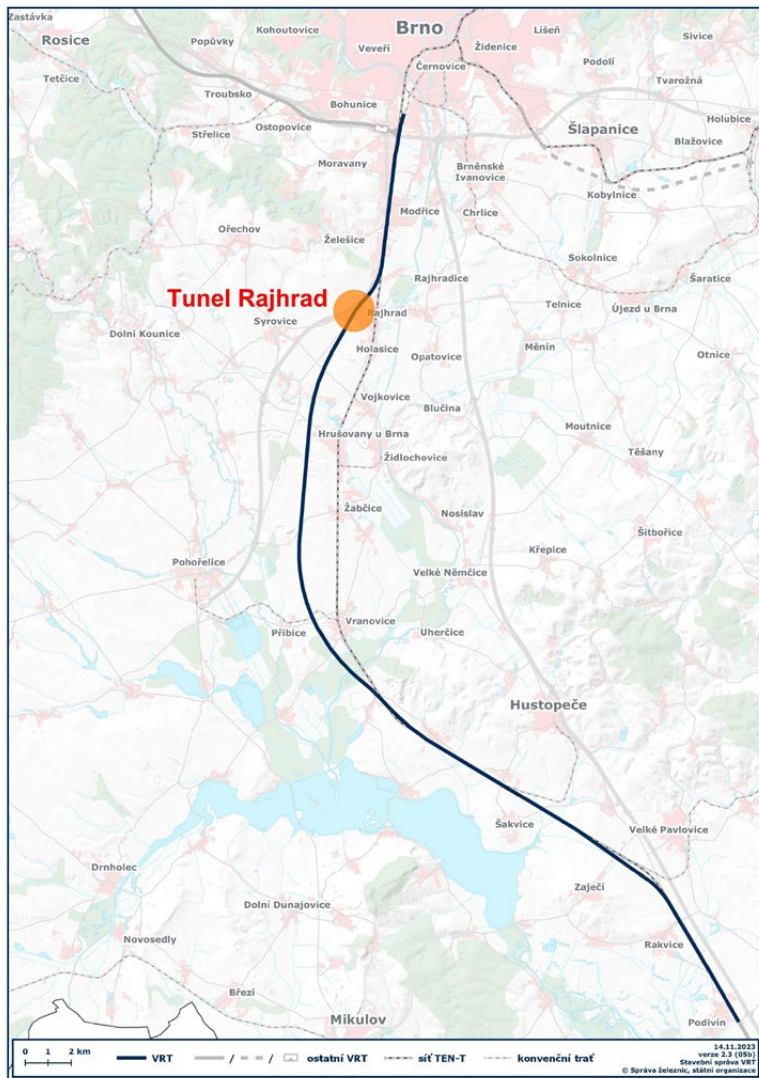
Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Moravská brána	Velešovice / Rousínov	1 842	dvoukolejný	ražený
	Osek	250	dvoukolejný	hloubený
	Lipník	555	dvoukolejný	hloubený
	Slavič	710	dvoukolejný	hloubený
	Velká	380	dvoukolejný	hloubený
	Drahotuše	220	dvoukolejný	hloubený

RS1 VRT Moravská brána II, Hranice na Moravě – Ostrava Svinov

Na tomto úseku vysokorychlostní trati není navržen žádný železniční tunel.

**RS2 VRT Jižní Morava, Brno Modřice – Šakvice (Obrázek 8)**

V tomto úseku je navržen hloubený dvoukolejný tunel Rajhrad délky 948 m.



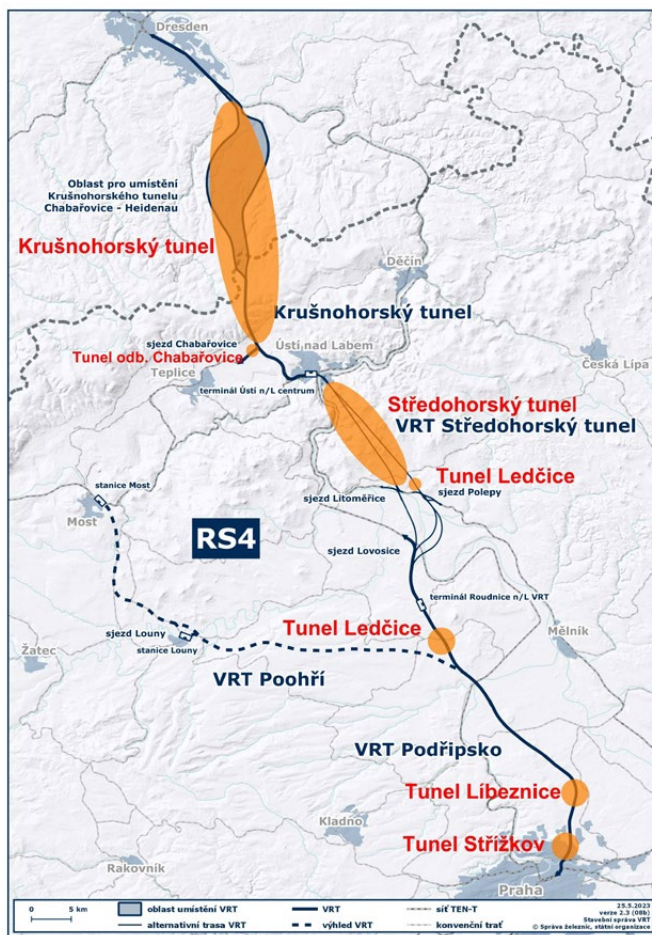
Obr. 8 – Schéma VRT Jižní Morava

**RS4 VRT Podřipsko, Praha Balabenka – Roudnice nad Labem (Obrázek 9)**

**RS4 VRT Středohorský tunel, Roudnice nad Labem – Ústí nad Labem**

**RS4 VRT Krušnohorský tunel, Ústí nad Labem – Drážďany**

## Tunely na VRT v ČR



Obr. 9 – Praha–Draždany

Úsek	Název tunelu	Délka [m]	Jednokolejný	Metoda výstavby
			Dvoukolejný	
VRT Podřipsko	Strážkov	4 200	2 x jednokolejný	ražený
	Libeznice	2 910	dvoukolejný	hloubený
	Ledčice	1 450	dvoukolejný	hloubený
VRT Středohorský tunel (SP)	Slavič	710	dvoukolejný	hloubený
	Zahořany	840	dvoukolejný	ražený
Krušnohorský tunel	Krušnohorský	na území ČR – cca 11 700 celkem – cca 30 000	2 x jednokolejný	ražený
	„odbočka Chabařovice“	92	dvoukolejný	hloubený

### **3. Závěr**

Sítě vysokorychlostních tratí jsou vždy celonárodním projektem, který má pozitivní dopad na řadu oblastí společenského života a má i v prostředí České republiky potenciál stát se udržitelnou a ekologickou páteří dopravního systému, přispět ke zlepšení životního prostředí a vytvořit podmínky pro lepší rozprostření ekonomické aktivity napříč celou zemí.

Aktuální informace o plánování vysokorychlostních tratích v ČR, o stavu přípravy a projektech a řada dalších zajímavých informací je dostupná na webových stránkách Správy železnic, v záložce VRT ([www.spravazeleznic.cz/vrt](http://www.spravazeleznic.cz/vrt)).

**Ing. Jiří Velebil**

Správa železnic, státní organizace

Stavební správa vysokorychlostních tratí

V Celnici 1028/10, 110 00 Praha 1 – Nové Město

VelebilJ@spravazeleznic.cz

# Mostní objekty na VRT

Ing. Jan Kubelka, MBA, Správa železnic, státní organizace

## 1. ÚVOD

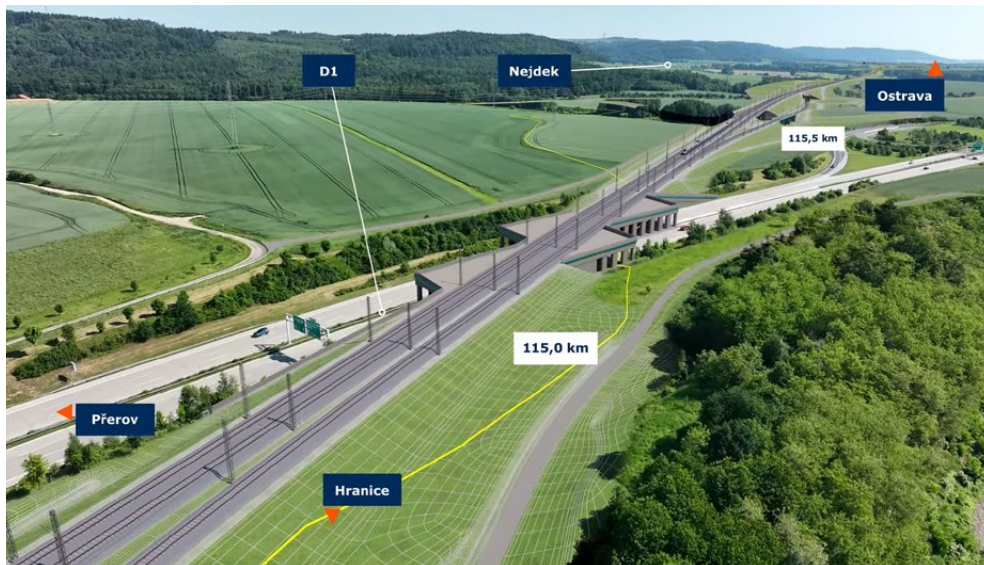
V aktuálním roce jsou již rozpracovány projekty stovek mostních objektů převádějící i překonávající vysokorychlostní trať (VRT). Cílem je standardizovat konstrukce a vytvořit tak ucelený soubor mostů vyskytujících se na nově vznikající síti VRT. Při návrhu mostů je zapotřebí respektovat specifika vysokorychlostního provozu. Jedná se zejména a o následující vlastnosti:

- Noční údržba – pro revizi a opravy mostů bývá primárně využita cca čtyřhodinová každodenní pravidelná přestávka provozu. Pohyb zaměstnanců po trati je přes den omezen na minimum;
- Snadná údržba – objekty jsou vybaveny přístupovými schodišti. U větších mostních objektů jsou navrženy přístupové komunikace a servisní plochy (např. pro instalaci revizní lávky, výměnu kolejnicového dilatačního zařízení);
- Dynamické namáhání – návrhová rychlost VRT je 320km/h s možností zvýšení až na 350km/h;
- Interakce most-kolej – vzhledem k požadavkům na bezstykovou kolej a možnosti trasování se v síti VRT vyskytuje řada delší mostů a estakád. Správné posouzení vyžaduje mj. i kvalitní geotechnický průzkum;
- Posouzení bezpečnosti – návrh opatření minimalizující rizika možného vykolejení vlaku a nárazu do konstrukce nadjezdu, posouzení rizik vlivu silného bočního větru (zejména na konstrukcích vysoko nad terénem). Návrh detektorů nebo jiných stavebních úprav;
- Přechodové oblasti – zohlednění skladby tělesa železničního spodku na širé trati a přísné požadavky na sedání konstrukcí.

Příspěvek se dále zabývá vybranými objekty a popisuje jejich proces přípravy a projednání s dotčenými složkami.

## 2. Křížení vrt s dálniční sítí

Na některých úsecích je možné pozorovat, jak vysokorychlostní trať kopíruje trasu dálnice, aby tak minimalizovala negativní dopady na zábor krajiny. Toto řešení s sebou bohužel přináší i nutnost křížení obou liniových staveb, často pod velmi malým úhlem křížení. Dvě takové situace se vyskytly např. na úseku VRT Moravská brána II, vedoucí z Hranice do Ostravy. V jednom případě se VRT s dálnicí kříží pod úhlem  $14^\circ$  – viz obr. 1, v druhém případě je úhel křížení dokonce okolo  $7^\circ$ .



Obr. 1 – Křížení VRT a D1 u Hranic

zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=cKD3ecUOJsQ&t=54s>

Společně s projektanty zmiňované stavby došlo v uplynulých měsících k mnoha schůzkám mezi dotčenými organizacemi – Správou železnic a ŘSD ČR. A to nejen na pracovní úrovni mezi odpovědnými zaměstnanci, ale také na vrcholové manažerské úrovni. Jednání mezi správci byla nezbytná kvůli potřebě synchronizace plánů, technických specifikací a bezpečnostních požadavků. Každá organizace má svoje priority a požadavky, což vedlo k potřebě hledání kompromisů. Zajímavá byla hned jedna z prvních schůzek, kde bylo definováno, zdali se jedná o silniční tunel v budoucí správě ŘSD nebo to bude železniční most přes D1 patřící Správě železnic. Výsledkem jednání, s ohledem na platné TSI, byla druhá možnost, tedy železniční most. V rámci projektování však nejsou opomenuty bezpečnostní prvky na dálnici, které si stavba vyžádá. Mezi další řešená témata patřily:

- Volba typu konstrukce – bylo posuzováno jednopólové přemostění obloukovou konstrukcí, dvupólové řešení pomocí příhradových nosníků, zvolené rámové řešení a rovněž i mostovka podepřená na samostatných rámech překračující dálnici;
- Podjezdná výška na dálnici – s ohledem na region a charakter přepravovaného zboží byla po dlouhé diskuzi stanovena hodnota 5,5 m;



- Omezení na dálnici během výstavby – snaha minimalizovat dobu, kdy bude provoz na dálnici omezen. To vše se zachováním provozu ve dvou pruzích v každém směru a přerušením omezení během zimních měsíců;
- Případné úpravy dálnice – od zásahu do středního dělicího pásu (např. úprava dálničního odvodnění) až po variantní posouzení přeložky části dálnice. Ke směrové ani výškové úpravě dálnice nakonec nebylo přistoupeno.

Pro rozsah zadaného projektu (DÚR) byly v úseku VRT Moravská brána II výše uvedené problémy se správcem dálnic projednány. Aktuálně probíhá architektonické posouzení obou křížení.

Podobné křížení najdeme i na dalších úsecích VRT a ke každému se přistupuje individuálně. Prozatím největším objektem bude křížení u Jihlavy, které je společně s budoucím terminálem na VRT řešeno samostatnou architektonickou soutěží.

### **3. Památkově chráněné objekty**

Památkově chráněné mosty představují nezastupitelné kulturní a historické hodnoty, které odrážejí architektonické mistrovství a příběhy minulých let. Udržení a ctění těchto mostů je klíčové pro zachování kulturní identity a odkazu naší společnosti. Zároveň při snaze zajistit bezpečný provoz na těchto objektech se otevírá náročný projekční úkol. Tomuto problému byl vystaven i tým připravující úsek VRT Moravská brána I, který se nachází mezi Prosenicemi a Hranicemi. V rámci tohoto úseku byly řešeny:

- nová estakáda v sousedství památkově chráněných Jezernických viaduktů (obr. 3);
- částečná demolice železničního mostu v ev. km 208,894 TÚ 1891;
- rekonstrukce památkově chráněného cihelného a kamenného hranického viaduktu (obr. 2).

V průběhu projekčních prací bylo svoláno mnoho schůzek se zástupci města Hranice a zejména potom se zaměstnanci Národního památkového úřadu (NPÚ). Nejvíce času bylo věnováno rekonstrukci Hranických viaduktů, které se nachází na plánovaném sjezdu VRT do žst. Hranice na Moravě.

Na základě výsledků předběžného stavebně technického průzkumu bylo zhodnoceno, že cihelný viadukt z roku 1846 (dnes již kolejově nepojížděn) nevyhovuje plánovanému provozu a kamenný viadukt z roku 1873 vyžaduje značnou rekonstrukci. Postupně tak bylo hledáno řešení, které by bylo z hlediska památkové péče přijatelné a zároveň splňovalo požadavky na bezpečný provoz na mostě. Tradiční postupy, jako nasazená železobetonová vana na klenbách či nová betonová konstrukce obložená zdivem, byly hned na prvních jednání odmítnuty. Začal se vytvářet plán na znovupostavení nevyhovujících kleneb opět ze zdiva a hledal se minimální rozměr rozšíření horní části mostu tak, aby byl zachován nutný volný prostor. Tato konstruktivní jednání nakonec vyústily v hotovou dokumentaci (v rozsahu DÚR), která vyhovuje požadavkům dopravního i historického zájmu. V těchto dnech probíhá stavebně historický průzkum na zmíněných viaduktech. Na základě jeho výsledků bude detailněji rozpracována podoba rekonstrukce obou objektů.

## Mostní objekty na VRT

Dodejme, že všechny výše zmiňované mostní konstrukce spadají do tzv. Severní dráhy císaře Ferdinanda a na jednom místě se tak bude setkávat jedna z nejstarších železnic na území České republiky s nově budovanou, moderní vysokorychlostní tratí a po ní jedoucích vlakových souprav.



Obr. 2 – Hranické viadukty (zdroj: Správa železnic)



Obr. 3 – nový Jezernický viadukt (architektonický návrh) v kontrastu s původním (zdroj: Správa železnic)

#### 4. Důraz na životní prostředí

V dnešní době, kdy se snažíme skloubit rozvoj moderní dopravy s udržitelným zachováním životního prostředí, je nutné pečlivě přemýšlet o trasování nových liniových staveb, zejména v případech, kdy tyto trasy procházejí přírodně významnými lokalitami. Jako příklad za všechny uvedme evropsky významnou lokalitu (EVL) Plačkův les, nacházející se nedaleko obce Vranovice. Částečně touto oblastí prochází i VRT Jižní Morava, která propojuje Brno s Šakvicemi a na kterou je možné navázat VRT směřující do Rakouska či Slovenska.

Vysokorychlostní trať je v místě EVL vedena na estakádě, jak je zobrazeno na obr. 4. Tímto přístupem byl radikálně snížen zásah do přírodně vzácného území a zároveň se vyřešil problém přemostění řeky Svratky a říčky Šatavy a vytvořil se prostor pro migraci živočichů. Během cca dvou let neustále docházelo ke změně polohy mostu i základních statických charakteristik objektu. Z trasování VRT na estakádě dlouhé přes 1300m byl v jednu chvíli odstraněn výškový oblouk, aby mohla být při realizaci využita metoda výsunu konstrukce. Tím však niveleta tratě zvýšila svojí výšku nad terénem, což vedlo k nespokojenosti obcí poblíž mostu. Po čase se tedy lom sklonu na konstrukci vrátil a tím rozdělil metodu výstavby na dva způsoby, přičemž se podařilo zachovat možnost výsunu na environmentálně „kritické“ části. Změna nivelety byla způsobena i otázkou, zdali estakáda bude vyžadovat kolejové dilatační zařízení. Odevzdané řešení pro účely DÚR nakonec prezentuje most rozdělený na 16 dilatačních celků, zpravidla se jedná o dvoupolové ocelové komorové nosníky s rozpětím 43+43m. Výjimku tvoří mírně delší nosníky nad inundačním územím říčky Šatavy, trojpolový nosník nad Svratkou a doplňkové jednopolové celky.

Z důvodu minimalizace záborů pozemků byla navržena údržba objektu revizním vozíkem, případně vozidlem s revizním ramenem, které se pohybuje nahoře po mostovce.



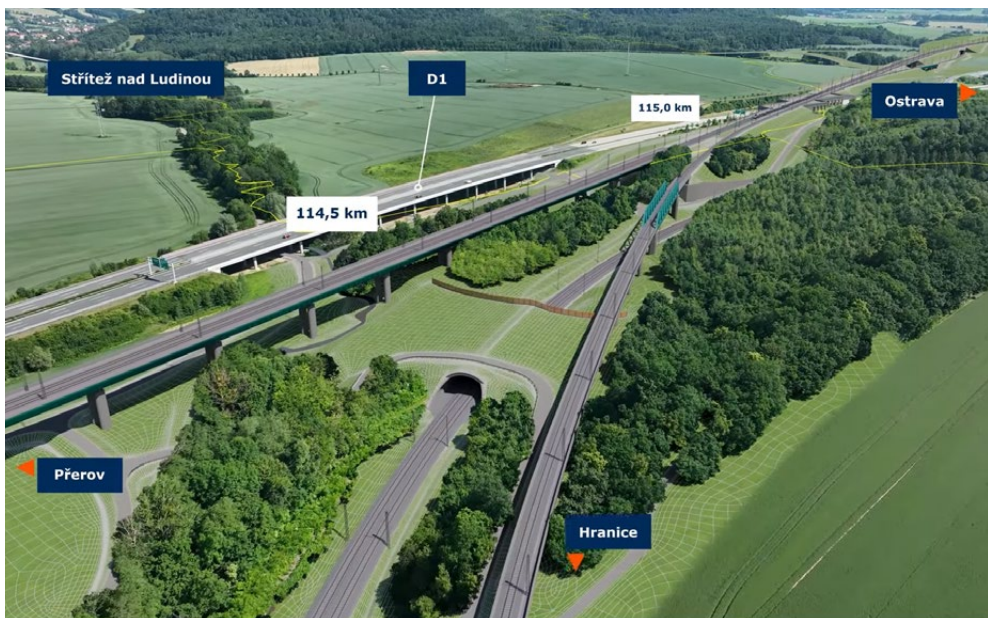
Obr. 4 – estakáda přes EVL Plačkův les  
(zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=u16ZllttoXM>)

## 5. Prostupnost krajiny

Při přípravě VRT se klade velký důraz na prostupnost krajiny pro obyvatele žijící v okolí trati i pro migrující zvěř. Navrhované trasy obsahují celou řadu mostních objektů nad VRT i pod ní. Jejich umístění je konzultováno s místními samosprávami, aby odpovídalo reálnému využití a potřebám obyvatel. Dalším partnerem při přípravě VRT jsou povodí dotčených řek nebo např. Asociace ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK). Na základě zpracovaných migračních studií jsou vytipovány migrační koridory a jim jsou přizpůsobovány železniční mosty a propustky.

Jedním z takových míst je souběh nové VRT se stávající dálnicí D1 severovýchodně od města Hranice (úsek VRT Moravská brána II). K tomuto souběhu se přidávají dvě stávající koridorové koleje a dále sjezd z VRT do žst. Hranice na Moravě – viz obr. 5. Dochází zde ke křížení trasy VRT s Biotopy vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců. Funkčnost tohoto migračního profilu bude zajištěna estakádou na VRT, estakádou na sjezdu VRT do Hranic a novým ekoduktem přes stávající koridorovou trať. Dálnice migrační profil překračuje rovněž estakádou.

Podobné ekodukty se nachází i na jiných místech VRT a při jejich technickém návrhu je zapotřebí uvažovat maximální rychlost 320 km/h (výhledově někde až 350 km/h). Stejně jako u jiných nadjezdů přes VRT je řešena otázka bezpečnosti při riziku nárazu vykolejené soupravy do opěry (pilíře) mostního objektu. V tomto případě se postupuje dle platných eurokódů a dalších předpisů, na které se normy odkazují (např. předpis UIC 777-2R).



Obr. 5 – migrační koridor SV od města Hranice  
(zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=cKD3ecUOJsQ&t=54s>)

V rámci moderní infrastruktury VRT se kladou stále vyšší nároky na bezpečnost, efektivitu a kvalitu. Jedním z klíčových prvků, který by mohl zásadně přispět k těmto cílům, je vlastnictví (správcovství) nadjezdů nad VRT Správou železnic, příp. jiným pověřeným subjektem. Tato strategie by nejenom eliminovala riziko zanedbání údržby ze strany jiných správců, ale také přinášela další výhody pro bezpečnost a odbornost. Jedná se stále o diskutovanou otázkou napříč jednotlivými správci pozemních komunikací, Správou železnic a zákonodárci.

**Ing. Jan Kubelka, MBA**

Správa železnic, státní organizace  
Stavební správa vysokorychlostních tratí

+420 601 103 131

KubelkaJ@spravazeleznic.cz

# MVL 102 Přechodové oblasti a ukončení nosných konstrukcí železničních mostů

Ing. Miloš Novák, Správa železnic, státní organizace

prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. a kolektiv, Fakulta stavební ČVUT v Praze

## 1. Úvod

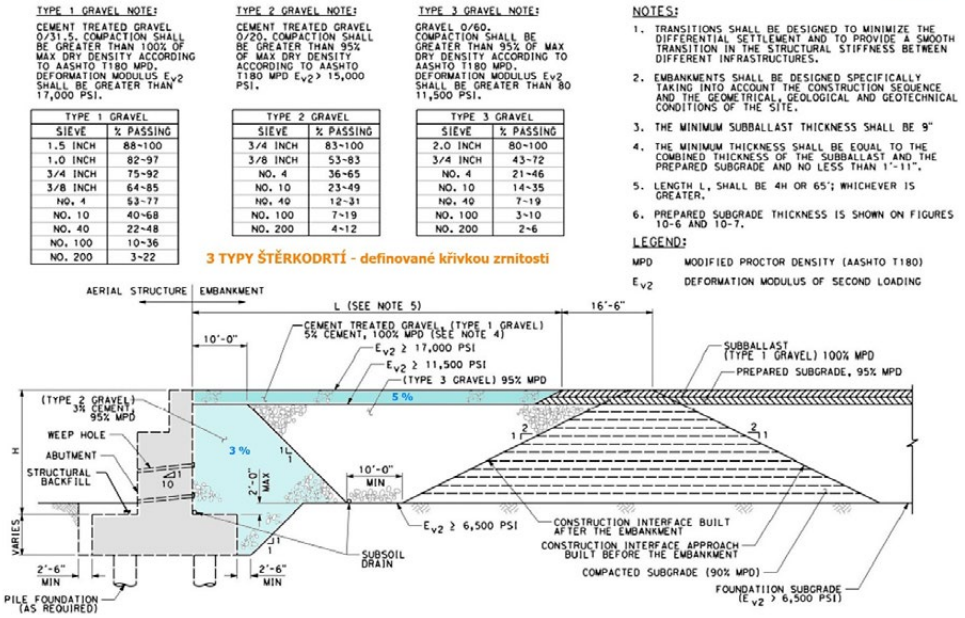
Aktualizaci Mostního vzorového listu MVL 102 Přechodové oblasti a ukončení nosných konstrukcí železničních mostů vydala v minulém roce v elektronické formě Správa železnic. Novela platná od 1.10. 2023, vznikla v posledních letech ve spolupráci se stavební fakultou ČVUT v Praze s kolektivem vedeným prof. Ryjáčkem a díky komplexnímu záběru problematiky i za pomoci řady specialistů Správy Železnic.

MVL 102 nahrazuje vydání z roku 1997 s názvem „Přechody – mezi nosnými konstrukcemi, mezi nosnou konstrukcí a opěrou a mezi spodní stavbou a tělesem železničního spodku“, které zpracoval SUDOP Praha. Cílem novely nebylo provést „revoluci“, ale evolučně aktualizovat předpis tak, aby odpovídal současným trendům a praxi a vyřadit nepoužívaná technická řešení.

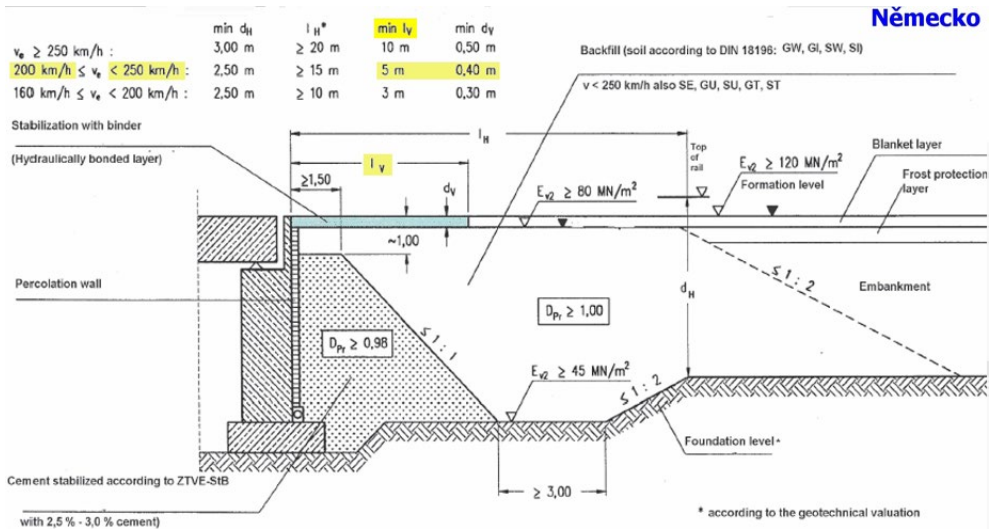
## 2. Rešerše zahraničních řešení

Vlastnímu zpracování a následnému projednání textové a výkresové části MVL předcházela Rešerše zaměřená na zkušenosti a ověřená řešení zejména přechodových oblastí „násep-most-násep“ z okolních zemí, případně i z USA. Některé principy a zkušenosti z legislativy a výstavby rychlých spojení/VRT se dají využít i pro konvenční trati s rychlostí do 160 km/hod. Níže je uvedeno několik příkladů z Rešerše s krátkým komentářem.

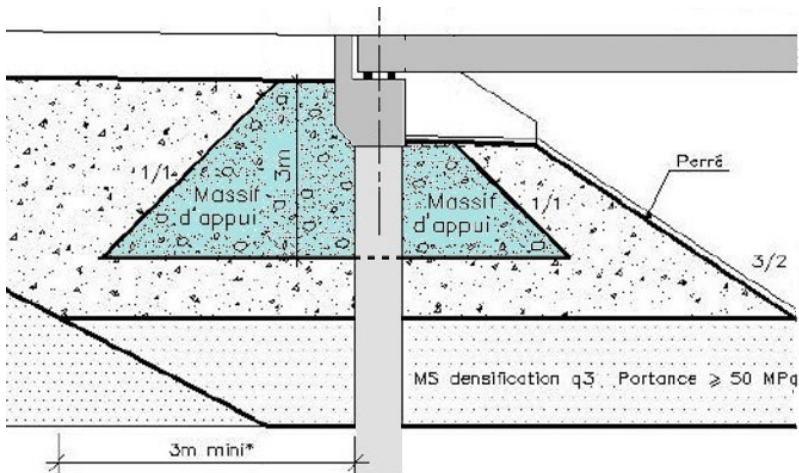
USA



Obr. 1 – Řešení z USA, zajímavostí je zpracování na 1xA3 vč. všech potřebných informací



Obr. 2 – Řešení z Německa, „Přechodová“ deska cementové stabilizace tvoří přechod tuhosti ze zemní pláň na most a její tloušťka a délka se mění podle intervalu rychlosti vlaků ...



Obr. 3 – Řešení z Francie, zajímavý je princip hybridního založení

### 3. Novinky MVL 102

MVL 102 je členěn na následující hlavní části:

#### I. UKONČENÍ NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

- A. Masivní nosné konstrukce
- B. Ocelové nosné konstrukce

#### II. PŘECHOD MEZI SPODNÍ STAVBOU MOSTU A TĚLESEM ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

- C. Úprava za opěrou, odvodnění
- D. Dispoziční úprava ukončení mostního objektu

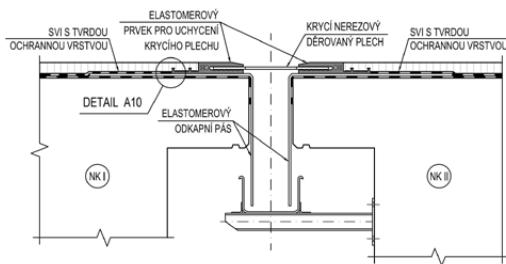
V těchto částech je celkem 42 výkresů různých detailů a situací ukončení mostů. Řada původních výkresů byla zrušena bez náhrady, neboť neodpovídají současným technickým zvyklostem. Mimo jiné byly zrušeny detaily nasazené římsy, která ale tímto není zrušena, jen se její použití uvažuje jako velmi specifické na konkrétní stavby a je nutno ji řešit individuálně.

Zde bychom rádi upozornili na některé změny, které považujeme za nejvýznamnější a mají dopad do projekční činnosti.

U mostních závěrů se uvažuje s použitím závěrů s jednoduchým těsněním spáry, nebo závěrů kobercových. U prvně jmenovaných se za standard považuje jejich odvodnění navulkanizovanou trubičkou. U druhých, dnes méně používaných, je naopak zásadní výhoda zarovnání s vrstvou ochrany izolace a eliminace rizika zapadávání šterku.

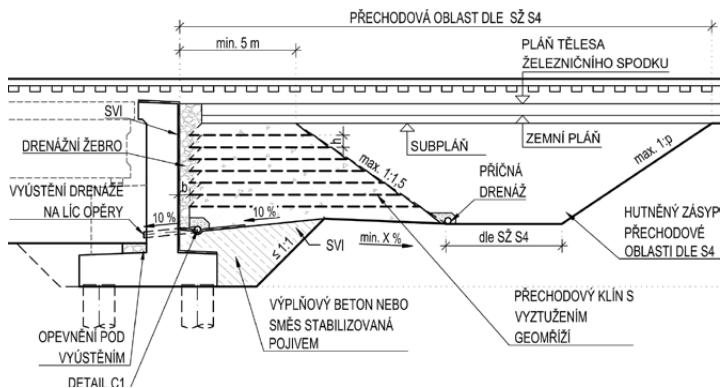
Posledním typem je odvodněná spára. Ta je nově akceptována jen ve zcela výjimečných případech a nově by neměla být navrhována. Pokud ale již navržena být musí, zavádí se řešení firmy STOG, osvědčené v Německu a doporučené DB.



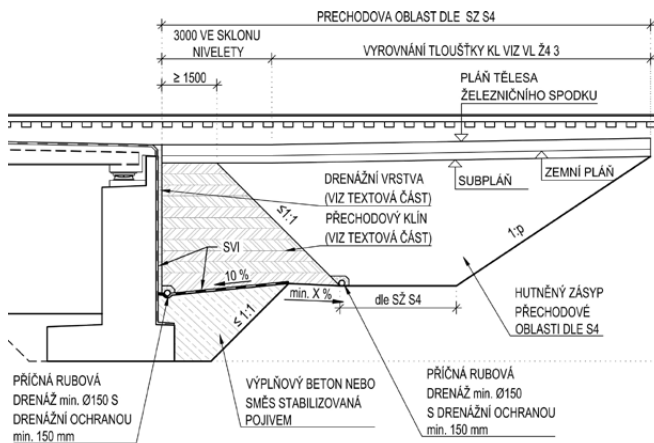


Obr. 4 – Odvodněná dilatační spára

V přechodových oblastech je dopracováno řešení s obráceným přechodovým klínem. Jak pro novostavby, tak rekonstrukce stávajících tratí. V případě použití stmelěného, a tedy nepropustného přechodového klínu se očekává svedení vody dále od opěry, a tedy i následnou nutnost dalšího drenážního žebra.

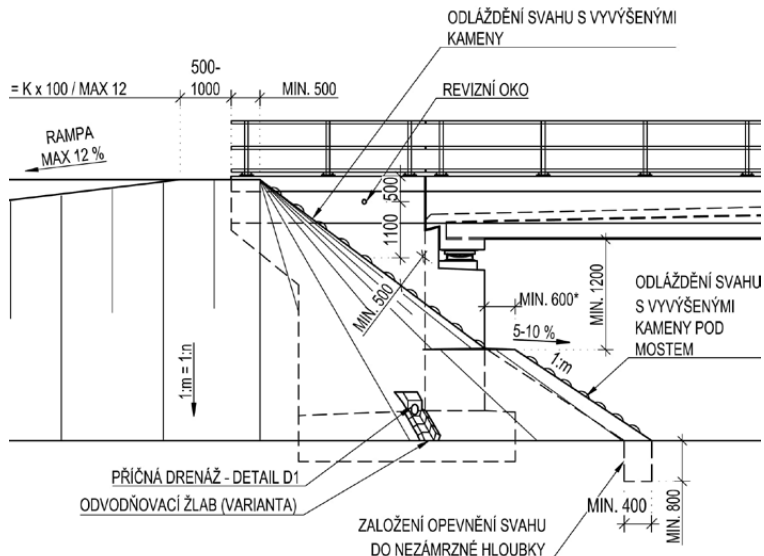


Obr. 5 – Obrácený přechodový klín v přechodové oblasti, novostavby



Obr. 6 – Obrácený přechodový klín v přechodové oblasti, novostavby na stávající trati – nově s vyrovnáním tloušťky kolejového lože

V případě přechodu mostů do trati bychom chtěli upozornit na dvě novinky. Jednak nutnost zajištění přístupu na most pro provádění revizí, pokud není provedeno schodiště, požadují se do odláždění svahu osadit vyvýšené kameny. Pro dlouhodobější práce se pak osazují kotevní oka pro osazení lana, které revizním technikům umožní bezpečný přístup i po mokřém či namrzlém odláždění.



Obr. 7 – Přechody z mostu do trati

#### 4. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že novelizace předpisu jej aktualizuje na současně známé a platné poznatky a doufáme, že zjednoduší a tím i usnadní projektovou přípravu staveb. Předpis je online v PDF formátu k dispozici na stránkách Správy Železnic.

**Ing. Miloš Novák**  
 Správa železnic, státní organizace  
 602 160 959  
 novakmilo@spravazeleznic.cz

**prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. a kol.**  
 ČVUT v Praze  
 pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

## Leica Nova MS50

Robotická totální stanice a 3D laserový skener v jednom přístroji

### Technologie:

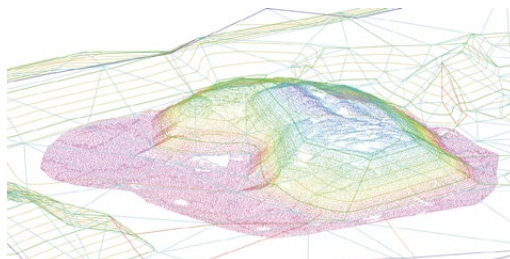
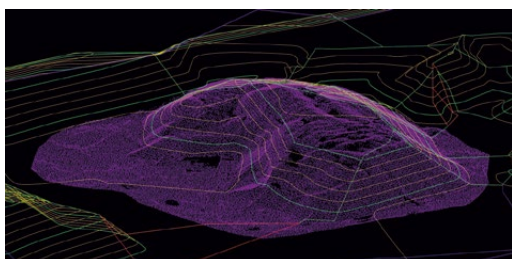
- mergeTECH: integrované 3D skenování v totální stanici s rychlostí až 1000 b/s do 300 m,
- dosah skenování až 1000 m, milimetrová přesnost skenování,
- super rychlý bezhranový dálkoměr R2000 s dosahem až 2000 m,
- 2 kamery: 20 Hz širokoúhlá pro asistenci měření a pořizování panoramatických obrázků, teleskopická v ose dalekohledu, automatické ostření kamery a dalekohledu na jedno tlačítko,
- odolnost proti prachu a vodě IP65,
- automatické zpracování 3D mračen bodů v totální stanici: registrace, 3D interaktivní prohlížeč, modelování povrchů a výpočty kubatur,
- ultra-dynamická automatizace: absolutně tiché a velmi rychlé keramické piezo-motory s velmi dlouhým servisním intervalem, PowerSearch.



### Leica Infinity

kancelářský software pro správu dat ze systému Leica Nova

- import a správa dat z přístrojů
- správa a exporty naskenovaných mračen bodů
- modul pro výpočty povrchů a kubatur z mračen bodů



## Rekonstrukce mostu v km 21,510 trati Tábor – Písek, Sepekovský viadukt

Ing. Matěj Mikšovský, Ing. Daniel Novotný, TOP CON SERVIS s.r.o.

*Železniční most přes široké údolí říčky Smutné na hranicích katastrálních území Sepekov a Božetice byl postaven jako součást trati Tábor – Písek, budované v rámci tzv. Českomoravské transverzální dráhy. Do provozu byla trať uvedena v listopadu roku 1889 jako poslední z úseků transverzálky. Desetiobloukový most o výšce přes 20m je jedním z celkem deseti velkých kamenných mostů, které se v úseku mezi Horní Cerekví a Pískem zachovaly. Mezi nimi patří k největším a nejmonumentálnějším. Most si dodnes uchoval autentický vzhled, včetně mnoha detailů, typických pro kamenné železniční mosty lokálních drah z konce 19. a počátku 20. století. Jediným výraznějším stavebním zásahem byla dílčí oprava v roce 2003. Viadukt je evidován v seznamu nemovitých kulturních památek ČR pod rejstříkovým číslem 15792/3-5920 jako tzv. pozdě zapsaná památka a v době přípravy ani realizace stavby nebyl památkově chráněn.*

*Cílem projektu byla komplexní rekonstrukce mostu, která měla zajistit prodloužení jeho životnosti.*

### 1. Stav mostu před rekonstrukcí

Sepekovský viadukt převádí železniční trať postupně přes nebezpečnou účelovou komunikaci, koryto říčky Smutné, její inundační území a původní náhon ke Kvěčovskému mlýnu. Délka přemostění činí 137,5m, výška mostu je 20,88m. Jedná se o desetipolový most, nosnou konstrukci tvoří půlkruhové klenby z kamenného rádkového zdiva o poloměru 12,0m, první z kleneb je menší o poloměru 3,5m. Čelní zdivo je provedeno rovněž z kamenného rádkového zdiva, na kterém jsou provedeny kamenné římsy s ocelovým zábradlím. Římsová partie byla po délce rozdělena dvěma páry revizních výklenků, které byly vyneseny na kamenných konzolách. V patě kleneb jsou provedeny původní kamenné krakorce pro osazení ramenátů bednění kleneb.



Obr. 1 – Původní stav mostu

Na podhledu všech kleneb byly patrné průsaky vody s výluhy pojiva, které tvořily krápníky a souvislou žlutobílou krustu. NK měla hloubkově vypadané spárování, v čelních zdech hojně narůstala vegetace. Ve zdivu nebyly patrné trhliny, ale jejich existenci s ohledem na celoplošné pokrytí zdiva krustou nebylo možné vyloučit. Kamenné římsy byly v místech původních děr pro zábradlí popraskané, s vypadaným spárováním.

Zdivo spodní stavby vykazovalo obdobné poruchy, bylo popraskané, místy s hloubkově vypadaným spárováním, ve spárách mezi kameny narůstala vegetace. Prostorová průchodnost na mostě byla nevyhovující.

Účelem stavby bylo zlepšení stavebně-technického stavu mostu a zlepšení prostorové průchodnosti na mostě.

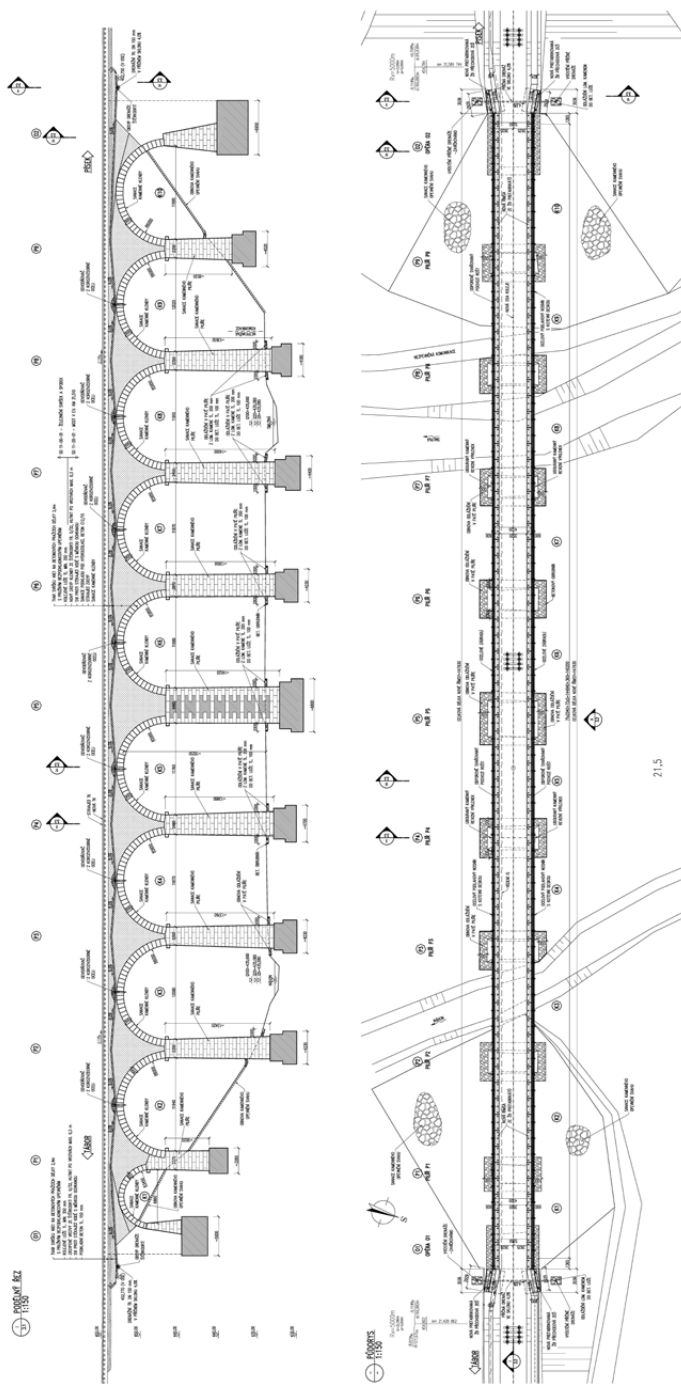
## 2. Rekonstrukce mostu

Zásadním faktorem pro rekonstrukci mostního objektu byla jeho historická hodnota, byť aktuálně není uveden jako nemovití kulturní památka. Požadované rozšíření VMP na normovou hodnotu bylo proto navrženo tak, aby zásah do římsové partie mostu byl co možná nejméně patrný.

### 2.1 Oprava izolace kleneb a jejich odvodnění

Po snesení železničního svršku a odstranění zásypových vrstev kleneb byla odstraněna původní izolace objektu. Stávající odvodňovače byly šetrně odhaleny, očištěny a po jejich zevrubné kontrole bylo rozhodnuto, že se ponechají a do stávajících litinových trubek budou vloženy nové nerezové odvodňovače, které jsou vyústěny v původních místech na podhledu kleneb. Dále se provedly nové spádové betonové vrstvy z betonu. Na ně byla provedena vodotěsná izolace proti volně stékající vodě (pásky z modifikovaného asfaltu) s měkkou

Rekonstrukce mostu v km 21,510 trati Tábor – Písek, Sepekovský viadukt



Obr. 2 – Přehledný výkres mostu

ochranou. Izolace je podélně spádována k mostním odvodňovačům a k příčným drenážím na předpolí za oběma opěrami. Po provedení hydroizolace byly provedeny nové záсыповé vrstvy, ZKPP a položen nový železniční svršek.



Obr. 3 – Podklad pro izolaci a odvodnění



Obr. 4 – Provedení izolace

## 2.2 Sanace kamenného zdiva pilířů a kleneb

Podél celého mostu a kolem spodní stavby bylo postaveno prostorové lešení, aby bylo možné provést požadované stavební zásahy zejména do kamenného zdiva.

Ze sanačních prací šlo o odstranění vegetace z povrchu zdiva, očištění a otryskání kamene, vysekání spár, nové spárování, injektáže a celkové očištění po injektážích.

Kamenné zdivo opěr, pilířů, čelních zdí a kleneb bylo nejprve očištěno tlakovou vodou a následně posíleno nízkotlakou injektáží. Injektáž byla provedena až po hloubkovém spárování injektovaných částí, aby bylo zamezeno unikání injekční směsi mimo zdivo. Účelem injektáže bylo zpevnit zdivo, zajistit jeho stabilitu, zvětšit soudržnost materiálu a vytvořit kompaktní zdivo schopné přenášet požadované zatížení.



Obr. 5 – Prostorové lešení podél mostu

Po očištění veškerého zdiva byla provedena podrobná pasportizace se zaměřením na existenci trhlin zejména v klenebním zdivu. Trhliny zde byly zastíženy a následně bylo zdivo kleneb posíleno pomocí prutů z korozivzdorné oceli šroubovitého tvaru (helikální výztuže). Do vybroušených spár (kolmo na osu mostu) byly vloženy 2 ks prutů prof. 6 mm. Dokonalým spolupůsobením se zdívem se zamezí vzniku nových trhlin, bez vnášení nových sil do konstrukce.

### 2.3 Výměna říms

S ohledem na nedostatečnou prostorovou průchodnost bylo nutné provést zásah do římsové partie. Původní kamenné římsy nebylo možné vysunout ani znovu použít. Většina byla poškozená, v místech původních kapes pro sloupky zábradlí byly kameny prasklé po celé své výšce, další poškození byla v místech kotvení stávajícího zábradlí. Proto se přistoupilo ke snesení veškerých kamenných říms a k jejich nahrazení novými ŽB prefabrikáty, které umožnily rozšíření VMP na požadovanou hodnotu. Nové římsy jsou po celém mostě provedeny v konstantní šířce, původní výklenky byly zrušeny.

Prefabrikáty říms jsou z betonu C30/37-XF3, šířky 600 mm, délky 2040 mm, respektive 1365 mm. Horní povrch prefabrikátů je proveden ve sklonu 4 % směrem do mostu a opatřen příčnou striáží. Prefabrikáty jsou do stávajících poprsních zdí kotveny pomocí trojice kotevních tyčí, které byly osazeny do předem vyvrtaných otvorů vyplněných chemickou kotvou. Kotevní tyče jsou v horní části opatřeny závitem, a maticí s podložkou, vše v předem připravených kapsách, které byly po provedení kotvení zality nesmršlivou záplivkou.



Obr. 6 – Nové ŽB prefabrikované římsy



Obr. 7 – Římsy s konzolami



## 2.4 Chodníky a zábradlí

Pro zajištění požadovaného VMP je na mostě proveden oboustranný chodník z ocelových konzol s pochozími rošty. Konzoly jsou provedeny z válcovaných nosníků, které jsou prostřednictvím kotevních desek a dodatečně vlepených kotevních šroubů z korozivzdorné oceli připevněny k římsovým prefabrikátům. Na konzolách jsou osazeny samonosné pochozí rošty chodníků a rovněž nové třímadlové zábradlí.



Obr. 8 – Most po ukončení výluky opět v provozu

## 3. Závěr

Rekonstrukce Sepekovského viaduktu se stala ukázkou rekonstrukce historického mostu. Mj. i díky znalostem a dovednosti zhotovitele byla tato stavba doposud úspěšně provedena v požadované kvalitě a po ukončení výluky byl opět na trati zahájen provoz. Po provedení injektáží a dokončovacích prací v jarním období bude stavba dokončena a most může nadále sloužit po další desetiletí.



Obr. 9 – Celkový pohled na most po ukončení výluky

**Ing. Matěj Mikšovský**  
TOP CON SERVIS s.r.o.  
+420 731 108 108  
miksovsky@topcon.cz

**Ing. Daniel Novotný**  
TOP CON SERVIS s.r.o.  
+420 778 413 402  
novotnyd@topcon.cz

# Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně, v ev.km 458,756

Ing. Tomáš Badár, DT Mostárna, a. s.

## 1. ÚVOD

V letech 2021-2023 byl sdružením Společnost most Prostřední Žleb (STRABAG Rail a.s., DT Mostárna a.s., STRABAG AG) realizován projekt „Optimalizace traťového úseku Děčín východ – Děčín-Prostřední Žleb“. Objednatel stavby byla státní organizace Správa železnic, generální projektant – SUDOP PRAHA a.s. DT Mostárna a.s. realizovala výměnu nosné ocelové konstrukce železničního mostu.

Jedná se o jednokolejný železniční most o 4 mostních otvorech, který přemostuje řeku Labe, místní komunikaci a železniční vlečku Děčín-Loubí. Celková délka přemostění je 254,77 m a délka mostu činí 276,57 m. Celková hmotnost staré konstrukce ~ 1400 t.

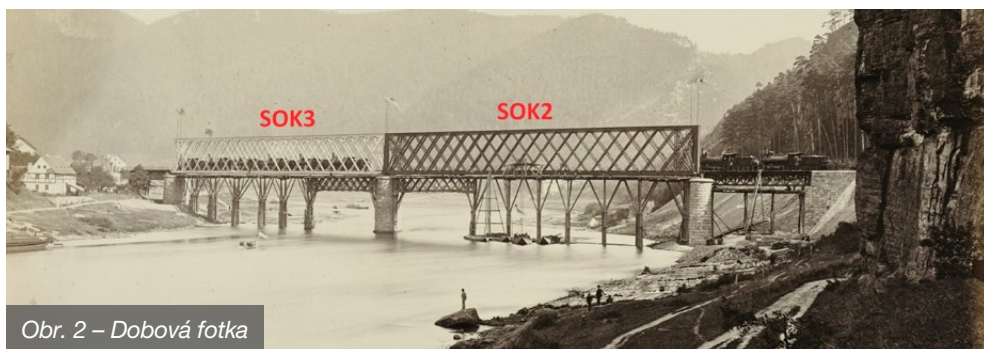


Obr. 1 – Pohled na starou ocelovou konstrukci (SOK)

## 2. Historie mostu

Původní ocelový most byl vybudován v letech 1873–1874 dle konceptu a plánů Konrada Wilhelma Hellwaga a Eduarda Gerlicha.

Začátkem 20. století byla provedena rekonstrukce mostu tak, aby odpovídala zvyšujícím se nárokům na jeho nosnost. V době výstavby se jednalo o největší most na našem území a sloužil do roku 2022. Hlavní část mostu byla tvořena ocelovou příhradovou konstrukcí se spodní mostovkou (SOK2, SOK3).



Obr. 2 – Dobová fotka

## 3. Příčný posun staré ocelové konstrukce (SOK2, SOK3)

Z důvodu souběžných prací montáže nové ocelové konstrukce bylo potřeba starou konstrukci příčně posunout z pilířů o 17,8m na podpůrnou konstrukci (pižma). Do zprovoznění nového mostu sloužila stávající konstrukce pro přístup k pilíři P2 (uprostřed řeky) a k převedení vodovodu a kabelů.

U pilířů byly založeny a zabudovány pižmo věže, na kterých byly umístěny vysouvací dráhy. Stará ocelová konstrukce (SOK) byla uložena na 4 kluzácích, které jely po výsuvných dráhách. SOK byla v každém poli samostatná o hmotnosti cca 700 t (SOK2, SOK3).



Obr. 3 – Připravené vysouvací dráhy pro příčný posun staré ocel. konstrukce (SOK)

*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*

Pro montáž výsuvných drah a kluzáků bylo potřeba most přizvednout o cca 500mm. Byly navrženy a instalovány konzoly zvedání na vnější straně hlavních nosníků v ose příčníků. Pomocí hydraulických lisů byla konstrukce zvednuta o 0,5m a následně byla vyjmuta ložiska. Na jejich místo osazeny kluzáky včetně výsuvných drah.



*Obr. 4 – Konzola zvedání*

SOK usazená na kluzácích byla vysouvána pomocí vodorovných lisů a lanových svazků. Pro každou SOK byly použity 4 lisy. Dva lisy umístěné na koncích drah nad pížmo věži konstrukci táhly a další dva lisy umístěné na druhé straně dráhy byly brzdné, pro případ nutnosti konstrukci brzdit nebo částečně potáhnout zpět.



*Obr. 5 – Kluzák + dráha*



*Obr. 6 – Tažné zařízení*



*Obr. 7 – Příčně posunuta SOK2*

*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*

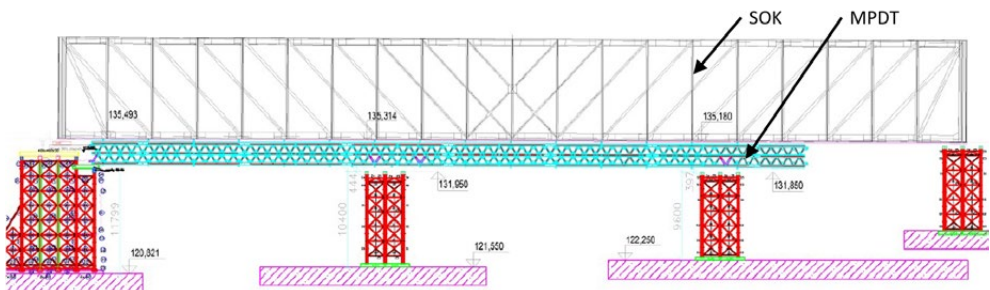
Každá z konstrukcí se přesouvala samostatně s týdenním odstupem.



Obr. 8 – Příčně posunutá SOK2 + SOK3

#### 4. Montáž podpěrné příhradové konstrukce (MPDT) pod SOK3

Pro započítí samotné demontáže SOK2, SOK3 (rozpalování) bylo navrženo podepření mostů pomocí montážní podpěrné příhradové konstrukce (MPDT). Jednalo se o příhradové nosníky příčně propojené ztužením a příčníky v rastru 5 m. Celková délka podpůrné konstrukce činila cca 77 metrů a byla tvořena ze 7 segmentů. Podpůrná konstrukce byla uložena na pížmo věžích.



Obr. 9 – Podélný řez SOK a MPDT

Nejprve probíhala montáž podpůrné konstrukce MPDT pod SOK3. Po ukončení paličských prací SOK3 byla MPDT demontována a přesunuta pro demontáž SOK2.

*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*

Příhradové nosníky byly postupně sestavovány na předmontážní ploše. Z důvodu mělkého dna v okolí břehu byla předmontážní plocha vytvořena náspeem přímo v řece. Tato plocha nám sloužila na předmontáž 2 segmentů podpůrné konstrukce, které byly následně přizvednuty pod SOK3 a zaváženy do polohy.

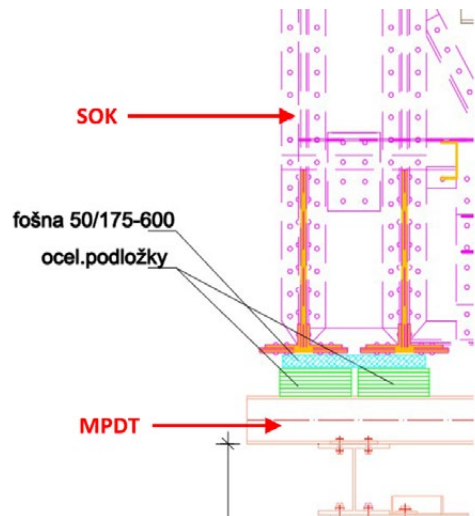
Přizvednutí dvojice segmentů MPDT probíhalo pomocí 4 hydraulických lisů a lanových svazků. Lisy se opíraly o stěny spodních pasů stávající mostovky.



Obr. 10 – Zvedání dvojice segmentů MPDT pod SOK3

Zavážení MPDT do polohy bylo řešeno pomocí pojízdných rámců vozíků umístěných na dráze mostovky. Vyvěšení segmentů podpůrné konstrukce na pojízdné vozíky bylo řešeno pomocí dywidag tyčí. Samotné zavážení do konečné polohy bylo realizováno pásovým jeřábem URW 547, který byl umístěn na mostovce. Při zavážení bylo potřeba přesouvat dywidag tyče tak, aby nebyly v kolizi se ztužením a příčnicí staré konstrukce. Také se muselo kontrolovat umístění tyčí vzhledem k těžišti segmentů, aby nedošlo k jeho překlopení.

Po zavezení všech segmentů podpůrné konstrukce MPDT do konečné polohy bylo aktivováno podepření SOK3 pomocí ocelových a dřevěných podložek.



Obr. 11 – Aktivace podepření SOK3

Po aktivaci podepření byla SOK3 připravena k rozpalování.



Obr.12 – Montáž MPDT pod SOK3

## 5. Rozpalování SOK3

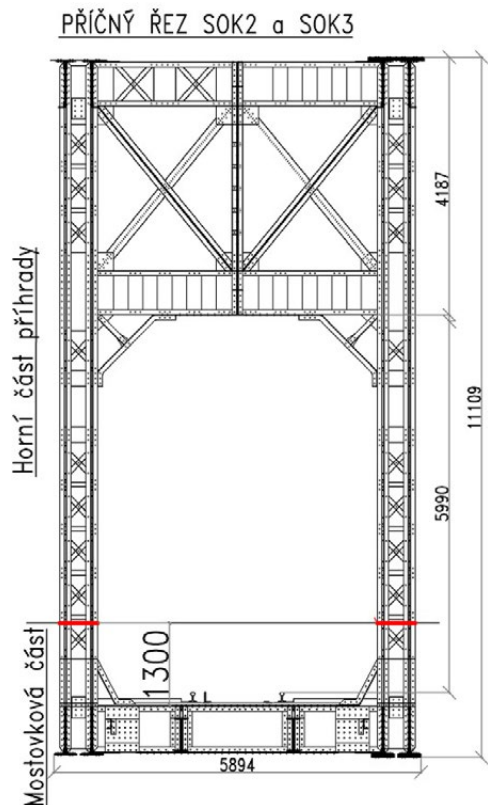
Po aktivaci podpůrné konstrukce MPDT bylo možné zahájit pálicí práce.

SOK byla rozpalována postupně. Jako první byla rozpálena horní část konstrukce, tj. vše nad cca 1,3m nad dolním pasem. Následně byla rozpálena mostovková část.

Pro přístup k řezům horní části konstrukce sloužily kloubové elektrické plošiny, které byly umístěné na mostovce. Pro přístup k řezům mostovkové části sloužila lávka vytvořená na podpůrné konstrukci MPDT a samotná stávající konstrukce mostovky.

Byla vytvořena dvě pracoviště, které obsluhovaly mobilní jeřáby. Jeden z břehu a druhý byl umístěn na pontonu v řece. Odpalování jednotlivých dílců probíhalo dle nosnosti daného typu jeřábu.

Z důvodu prvotního dosednutí konstrukce na podpůrnou konstrukci MPDT bylo rozpalování horních pasů zahájeno nad pižmy v řece.



Obr. 13 – Aktivace podepření SOK

*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*



*Obr. 14 – Rozpalování horní části SOK3*



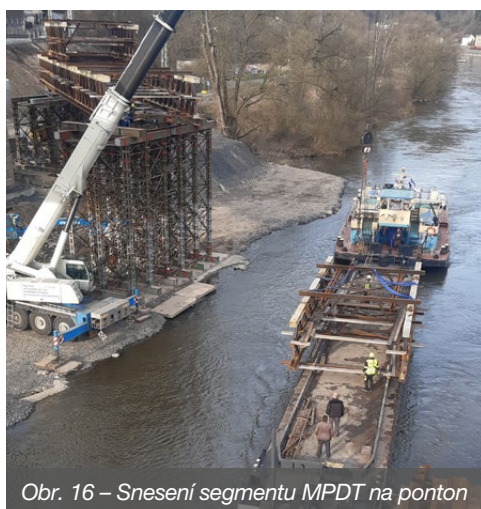
*Obr. 15 – Rozpalování mostovkové části SOK3*

## **6. Demontáž podpěrné příhradové konstrukce (MPDT) pod SOK3**

Po ukončení rozpalování SOK3, proběhla demontáž podpěrné konstrukce MPDT pod SOK3.

Podpěrná konstrukce MPDT byla postupně vysouvána směrem k břehu pomocí dvou hydraulických válců (pod každým pasem MPDT jeden). Válce byly pevně uchyceny na pižmo věžích. Na dolní pas podpěrné konstrukce MPDT byly instalovány šroubovací stoličky, na které působily válce. Stoličky byly přesouvány v kroku 600mm.

Pro výsun byly na pižmech instalovány kluzné stolice, opatřené kluzným materiálem s bočním vedením, po kterých jela dolní



*Obr. 16 – Snesení segmentu MPDT na ponton*



*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*

pásnice podpůrné konstrukce MPDT. Také byly odstraněny nosníky příčné vazby MPDT u dolní pásnice.

Jednotlivé segmenty podpůrné konstrukce MPDT byly odebírány pomocí mobilního jeřábu ze břehu a byly odkládány na ponton. Následně byly na pontonech dopraveny na terminál přístavu, kde se uskladnily pro demontáž SOK2.



*Obr. 17 – Hydraulický válec, kluzná stolice s bočním vedením, šroubovací stolička*

## **7. Montáž podpěrné příhradové konstrukce (MPDT) pod SOK2**

Montáž podpůrné konstrukce MPDT pod SOK2 probíhala zaplavováním na pontonech z přístavu, kde byla následně přizvednuta a zavážena do konečné polohy. Zavážení do konečné polohy probíhalo obdobně jako pro SOK3, tedy pomocí pojízdných rámců – vozíků.

Kvůli silnému toku řeky Labe nebylo možné segmenty na pontonu stabilizovat pro zdvih pomocí hydraulických lisů. Stranový výkyv pontonu byl až 1 m. Řešením pro nás byla kočka mostového jeřábu, na jejíž hák jsme segmenty podpůrné konstrukce MPDT uvázali vázacími prostředky. Tuto operaci jsme museli udělat v relativně rychlém čase, aby nedošlo ke stržení jeřábové kočky nebo segmentu MPDT do řeky.



*Obr. 18 – GIGA kočka mostového jeřábu*



*Obr. 19 – Montáž MPDT pod SOK2*



*Obr. 20 – Namontovaná MPDT pod SOK2*

## **8. Rozpalování SOK2**

Rozpalování konstrukce SOK2 probíhalo stejným způsobem jako rozpalování SOK3.

## **9. Demontáž podpěrné příhradové konstrukce (MPDT) pod SOK2**

Po ukončení rozpalování SOK2 proběhla demontáž podpěrné konstrukce MPDT pod SOK2. MPDT byla vysouvána a demontována obdobně jako u SOK3.

## **10. Závěr**

Tento článek informoval o realizaci demontáže staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně, v ev. Km 458,756.

*Demontáž staré ocelové konstrukce železničního mostu přes Labe v Děčíně,  
v ev.km 458,756*

Předmětem stavby byla celková rekonstrukce trati v úseku Děčín východ-Děčín-Prostřední Žleb. Došlo ke zlepšení bezpečnosti provozu a zvýšení traťové rychlosti.

Děkuji všem za pozornost.

**Ing. Tomáš Badár**  
DT Mostárna, a. s.  
+420 724 095 034  
badar@dtmo.cz

# Zkušenosti z realizací železničních mostů s extrémně stlačenou stavební výškou

Ing. Libor Kožík, Ing. Gabriela Šoukalová, FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a. s.

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace  
Diázbočná 100337, 110 00 Praha 1, Nové Město



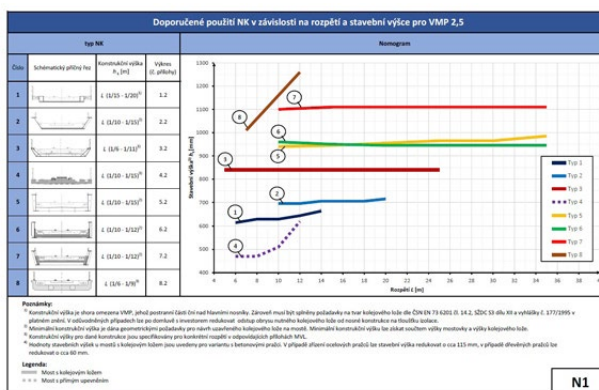
## MOSTNÍ VZOROVÝ LIST

### MVL 115 ŽELEZNIČNÍ MOSTY S EXTRÉMNĚ STLAČENOU STAVEBNÍ VÝŠKOU

Schváleno Ředitelstvím odboru traťového hospodářství  
dne: 25. května 2019  
č. j.: 26600/2019-SZDC-GR-013

Účinnost od: 3. června 2019

Počet stran: 11  
Počet příloh: 23  
Počet tab. příloh: 20

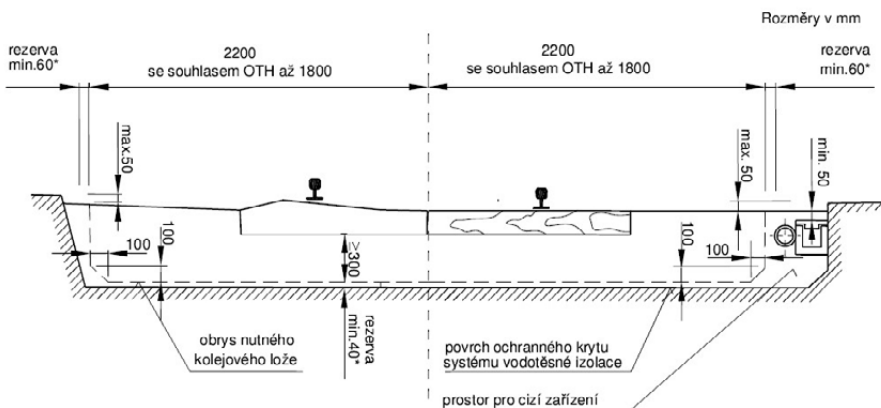


Obr. 1 – MVL115

Obr. 2 – Typy konstrukcí dle rozpětí

Mosty s extrémně stlačenou stavební výškou dle MVL 115 jsou zpravidla mosty, které překračují místa křížení železnice se silnicí nebo vodními toky, kde je nedostatek světlé výšky, často nahrazují ocelové konstrukce s prvkovou mostovkou nebo ocelové konstrukce s přímým uložením koleje. V tomto příspěvku jsou prezentovány zkušenosti s nosnou ocelovou konstrukcí s masivní deskou mostovky s komorovými nosníky. Firma FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a. s. realizovala celkem 11 těchto mostních konstrukcí s extrémně stlačenou stavební výškou.

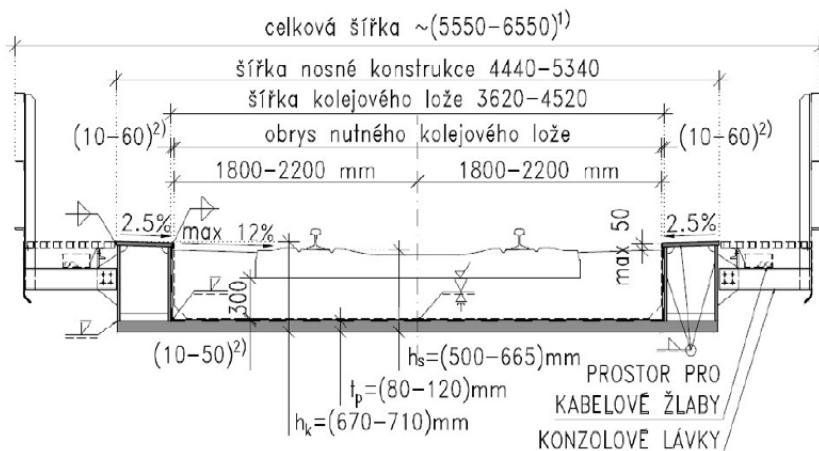
Z výčtu výhod těchto konstrukcí je hlavní použití kolejového lože, které je z hlediska provozu a údržby ideální (obrázek č. 3). Obvykle se odstraní bodové snížení rychlosti na trati, dojde ke snížení hluchnosti. Správce tím získá konstrukci, kde je zajištění geometrické polohy koleje snazší a trvanlivější.



Obr. 3 – Uspořádání kolejového lože ve žlabu (S3, díl XII)

V příspěvku se budu věnovat pouze nosným ocelovým konstrukcím s masivní deskou mostovky s komorovými nosníky. Realizovali jsme i některé další typy konstrukcí dle MVL 115. Zasloužili by si samostatný příspěvek.

Uspořádání uzavřeného kolejového lože vychází z předpisu S3. V příčném řezu v MVL 115 je uveden rozptýl hodnot stavební výšky 500 až 650 mm, který vychází z použití daného druhu pražce (ocel, dřevo, beton). Jak uvádí předpis S3, tak MVL 115 pokud potřebujeme upravit obrys nutného kolejového lože, tak musíme mít souhlas Správy železnic, O13.



Obr. 4 – Příčný řez – uprostřed rozpětí

Naše první zkušenost z těmito konstrukcemi byla v roce 2017 a 2018 mosty v Norsku (obrázek č. 5 a 6). Zajímavostí bylo provedení kotvení těchto konstrukcí. Podélně a příčně zajišťovali polohu konstrukce kotevní tyče, které byly osazené do úložného prahu. Konstrukce byla osazená na elastomery.



*Obr. 5 – Konstrukce u přejímky*



*Obr. 6 – Detail kotvení*

U nás v České republice jsme první mosty realizovali v roce 2018 na trati Ledečko – Zruč nad Sázavou. Konstrukce jsou většinou uložené na ozub. Spodní stavba zůstává původní kamenná, sanuje se injektáží a přespárováním zdiva. V roce 2020 jsme realizovali most na trati Středokluky – Podlešín. Byl to šikmý most, který měl dílenský svar plechu mostovky. Betonáž příčnicku pro uložení na ozub byla před vkládáním konstrukce do otvoru.

Ve většině případů jsme prováděli šířku nutného kolejového lože 2x1800 mm. Konstrukce se svařila dílensky do jednoho dílce a šířka konstrukce cca 4,5 m umožňovala přepravu na stavenišť. Pokud se použije šířka nutného kolejového lože 2x2200 mm již záleží na možnostech přepravy nadrozměrného dílce na místo stavby.



*Obr. 7 – Zkouška deformace svaru s asistencí ČVUT (prof. Ryjáček)*

V případě mostů v Bransouzích a Krahulově jsme je neuměli přepravit konstrukci v celku. Vyvstali z toho nové otázky. Svar takto tlustého plechu je nutné provádět na montáži a to buď přímo v otvoru a nebo na montážním roštu a následně osadit do otvoru. V případě montážního svaru je nutné řešit preventivně problém se zajištěním geometrie konstrukce po svaření takto tlustých plechů, (80–110 mm). Při deformaci od svaru hrozí vyčerpání tolerancí a žlab kolejového lože nebude mít předepsaný tvar.

Byla provedena zkouška montážního svaru plechu mostovky 80 mm pro zjištění deformací od svařování. Vzorek měl celkovou šířku mostovky a délku 1,0 m. Zjištěné deformace nám pomohli při svařování na montáži. Montážní svar se prováděl z jedné strany jako V-svar a proto bylo nutné ověřit také kategorii detailu pro únavové namáhání.



*Obr. 8 – Montážní svařování plechu tloušťky 80 mm*

Při uložení ocelové konstrukce na ozub jsme si zvolili montáž v otvoru a tím jsme eliminovali předmontážní plochu a dvojí nájezd jeřábu. V ozubu úložného prahu se provedlo podlití z plastmalty předem. Následně se osadila ocelová konstrukce na montážní podpory v ozubu a v otvoru. Provedl se montážní svar mostovky. Poté byl proveden železobetonový příčník přímo v otvoru. Vzhledem k šikmosti mostu a podélnému spádu mostovky měl příčník různou výšku a zde se také ukázala výhoda betonování přímo v otvoru. Provedli se navazující práce: dobetonování zídek, izolace, kolejové lože, kompozitní podlahy atd.



*Obr. 9 – Hotový most v Bransoužích*



*Obr. 10 – Hotový most v Krahulově*

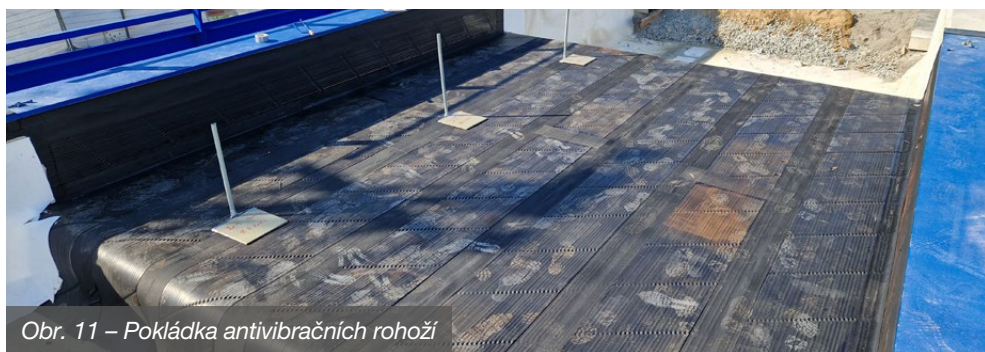
## *Zkušenosti z realizací železničních mostů s extrémně stlačenou stavební výškou*

Každý z těchto mostů se choval trochu jinak. Most kolmý se choval dle předpokladu. Most šikmý se choval výrazně odlišně a během montážního svařování se muselo se přidávat balastní zatížení pro udržení tvaru konstrukce.

Z této zkušenosti doporučujeme se vyhnout montážnímu svařování u šikmých mostů.

Dělali jsme další mosty tohoto typu. U mostu ve Strážnici se nám povedlo přepravit konstrukci v příčném řezu v celku včetně konzol, protože konstrukce byla širší než delší.

Na nosnou konstrukci se aplikovala bezešvá stříkaná izolace MasterSeal na bázi polyuretanu. Nově dle požadavku O13 SŽ není možné použití bezešvé stříkané izolace na betonových konstrukcích. V případě ocelových konstrukcí je nutno izolaci ochránit pomocí antivibračních rohoží.



*Obr. 11 – Pokládka antivibračních rohoží*

Použitá byla antivibrační rohož VM 12-01, která je z přírodního a syntetického kaučuku, rohože mají podélné komůrky. Dodává se standardně v rozměrech 10000x650mm, nejčastěji v tloušťce 12mm.



*Obr. 12 – Hotový most ve Strážnici*



Ze zkušeností u těchto realizovaných mostů lze velice těžko zobecňovat kolik stojí tento typ konstrukce za m<sup>2</sup>. Je to souhra různých způsobů montáže, dopravy, svařování pro konkrétní umístění mostu na některé z tratí. Z toho plynou také různé nároky na výluky pro osazování NK mostu. Dle našich dosavadních zkušeností je tento typ konstrukce dle MVL 115 velmi vhodný! Jde o efektivní konstrukci, který i přes nízkou stavební výšku umožňuje kolejové lože.

Doporučujeme vždy s příslušným správcem již v návrhu mostu vyřešit nutný obrys kolejového lože a pokud je to možné preferovat vzdálenost 1,8m od osy koleje. Pokud to není možné jde již o konstrukci, kde je nutné uvažovat staveništní montáž OK a tomu je nutné přizpůsobit délku výluky a podpěrné konstrukce pro montáž.

V neposlední řadě je nutná i schopnost zhotovitele OK provést svar tlustých plechů z hlediska geometrie a jakosti svarů, který tvoří hlavní nosnou konstrukci!

**Ing. Libor Kožik**

FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a. s.  
+420 725 881 723  
kozik@firesta.cz

**Ing. Gabriela Šoukalová**

FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a. s.  
+420 602 741 175  
soukalova@firesta.cz

## **Mostní stavby pro veřejnost – podchody, lávky. Poznatky z navrhování, realizace a provozu**

**Ing. Petr Žákovec**, Správa železnic, státní organizace

Podchod a lávky slouží k bezkoliznímu přístupu cestujících k vlakům, pro přestupy mezi nástupišti a v neposlední řadě pro širokou veřejnost jako propojení míst rozdělených železnicí.

Podle konfigurace terénu se navrhují buď podchody nebo lávky, s výtahy či rampami (v poslední době nazývané přístupové chodníky) případně jejich kombinace. Přednostně se tyto objekty navrhují jako bezbariérové, výtahy se potom osazují převážně ve stanicích, kde je větší pohyb osob a tím menší předpoklady vandalismu.

Po dobu své působnosti na dráze, od roku 2004, jsem měl tu čest realizovat rukama zhotovitelských firem všechny druhy těchto neodmyslitelných součástí dráhy.

V tomto příspěvku do konference se zaměříme spíše na detaily a problémy těchto objektů, protože dle slov většiny mých kolegů se podchody dělí na dva druhy:

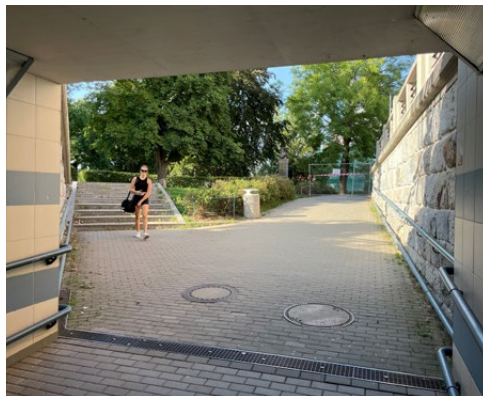
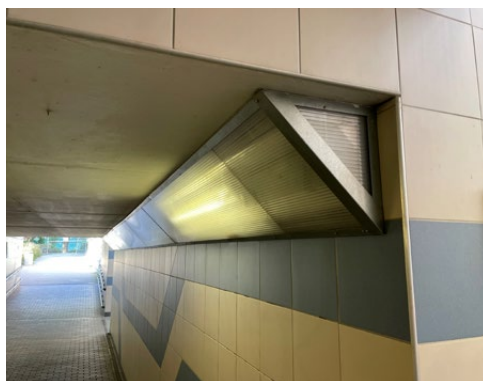
- ty které tečou
- ty které potečou v budoucnu

Přehlednou tabulku aktuálního stavu podchodů má zpracovanou Ing. David Zeman (GŘ O13), celkem máme ve správě 373 podchodů, 108 jich bylo vybudováno nebo rekonstruováno v letech 2014–2023 a z toho jsou u 33 z nich evidovány poruchy způsobené zatékáním.

V krátkosti představíme některé z nich.

## Podchod Rokycany

v zásadě novostavba v ose stávajícího podchodu pod tratí, vstup je rampou z centra města z přednádražního prostoru, na nástupiště jsou schodiště a výtahy. Podchod slouží i jako průchod do vilové čtvrti, kde je rovněž výtah a schodiště. Již při přijímacím řízení byl patrný průsak vody do výtahových šachet, osou podchodu navíc vede městská kanalizace a vodovod, a i přes veškeré snahy a péči o detaily SVI zřejmě došlo buď k poškození při zásypech nebo nedotavení kritických míst. Podchod je částečně pod HPV. Při opravách byla doizolována vstupní rampa až do úrovně ACO drainu, chemicky injektovány pracovní spáry výtahových šachet a do nejkritičtější šachty je vložena nerez jímka vlepená a přikotvená do stěn šachty.



## Podchod Holoubkov

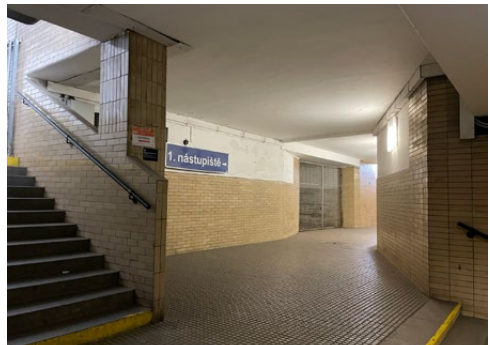
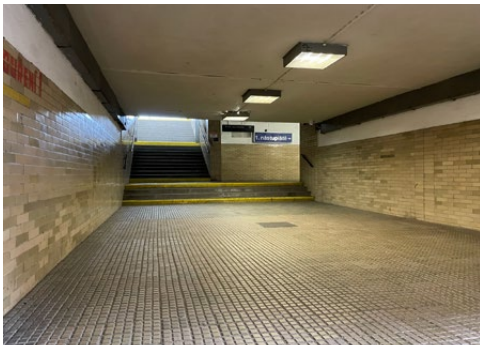
Novostavba podchodu na zelené louce, v etapách, Od výpravní budovy vede z perónu schodiště a zalomená rampa, jejíž tvar byl upraven v průběhu stavby, aby lépe navazoval na terén a potřeby cestujících. Na ostrovní nástupiště jsou pak schody a dlouhá rampa. Aktuálně probíhá už několikátá oprava zatékání. Nejprve se řešila injektáž v oblasti dilatační spáry tubusu, následně i zatékání schodištěm. Ukončena reklamace v roce 2015. Po cca 6 letech se v zimě 2021 projevila vlhkost znova vyboulením dlažby uprostřed podchodu.

Na podzim 2023 proběhl další sanační zákrok, bylo provedeno i odtěžení zásypu kolem podchodu, kontrola izolace, utěsnění detailu kotevní lišty a další. Podchod je v závislosti na počasí pod HPV cca 20-60cm.

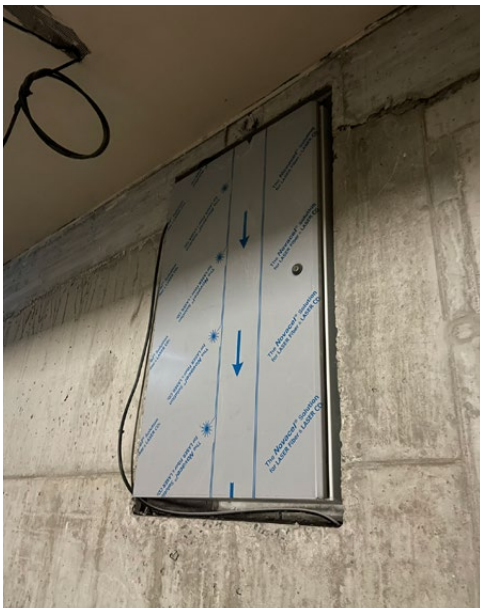


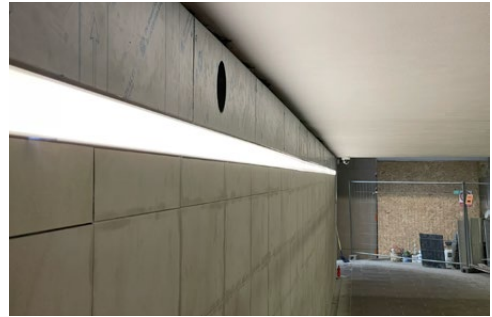
## **Podchod Lovosice**

Přestavba stávajícího podchodu z roku 1969 na bezbariérový. V roce 1999 proběhla v rámci stavby koridoru deštníková izolace a bylo částečně přeřešeno odvodnění v okolí podchodu.



Archivní dokumentace z této doby bohužel není dochována v dostačující podobě, tak jsme během stavby nacházeli spoustu zajímavostí. Zejména detaily napojování nových konstrukcí na stávající, po odbourání, jsou složité a přináší spoustu úskalí, s tím související vícepráce, které z důvodu absence podrobné archivní dokumentace vznikají. Podchod doznal četných změn zejména v detailech z důvodu měnících se požadavků na celkový vzhled a moderní vizi koncepce podchodů. Původně navržené osvětlení v instalačním rohu bylo nahrazeno liniovým LED páskem, mimochodem speciálně konstruovaným pro tento podchod, dále byl řešen problém „zneviditelnění“ rozvaděčů vedle výtahů – což se ukázalo nereálné vzhledem k jejich rozměru 65x105cm a hlavně to, že u každého výtahu je tenhle rozvaděč a je potřeba jej umístit vždy do jiné polohy vzhledem k možnostem provedení nik ve stěnách. Celou stavbou se promítá potřeba koordinace profesí prakticky ze dne na den a ukazuje se, že i tak zdánlivě jednoduchá stavba jakou je vestavba výtahů do historického podchodu je v dnešní době stále problematičtější záležitostí.





## Lávka Kařízek

To je tak, když je v projektu podchod, pod HPV v písčitých jílech a na požadavek při projednání projektu měly být strmé výkopy bez pažení... Tak se v rámci stavby vymyslelo lepší řešení – nahrazení lávkou a úspora cca 16mil. Kč.



**Ing. Petr Žákovec**  
Správa železnic, státní organizace  
Stavební správa západ  
+420 602 774 968  
zakovec@spravazeleznic.cz

# **Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú. Mstětice – Praha-Vysočany)**

Ing. Filip Kutina, Ing. Jan Bartaloš, SUDOP PRAHA a. s.

## **1. Úvod**

Celková rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici byla navržena v rámci stavby „Optimalizace traťového úseku Mstětice (mimo) – Praha-Vysočany (včetně)“. Stavba zahrnovala nejen rekonstrukci stávající dvoukolejné trati Mstětice – Praha-Vysočany, ale i jednokolejné trati Praha – Turnov v úseku od stanice Praha-Vysočany po odbočku Skály (včetně). V navrhovaném stavu se z dopravního hlediska změnila tato odbočka na výhybnu, v úseku výhybna Skály – Praha-Vysočany je tak nyní k dispozici tříkolejná elektrifikovaná železnice začleněná do trati Lysá nad Labem – Praha-Vysočany. Právě na tomto tříkolejném úseku, konkrétně v km 9,062, se nachází železniční most přes Kbelskou ulici, kterému bylo v rámci stavby přiřazeno označení SO 10-20-05.

## **2. Stávající most**

Stávající přemostění Kbelské ulice tvořily 3 samostatné ocelové nýtované nosné konstrukce usazené na kamenné, plošně založené spodní stavbě s navazujícími šikmými křídly. Každá nosná konstrukce byla tvořena 2 hlavními plnostěnnými nosníky s horní prvkovou mostovkou s mostnicemi. Spodní stavba byla kamenná s pravidelným řádkováním žulového zdiva. Most o jednom poli byl kolmý s délkou přemostění 20,0m a překračoval pozemní komunikaci (ul. Kbelská) v uspořádání 2+2 jízdní pruhy oddělené středovými svodidly a doplněné o úzké chodníky těsně přimknuté k lícům opěr. Volná výška pod mostem byla 4,85m. Šířka stávajícího mostu měřila 13,0m. Výstavba stávajícího mostu je datována do roku 1938. S ohledem na silné zasažení stávajících nosných konstrukcí korozí, přítomnost trhlin v horních pásnicích podélníků nesoucích mostnice a dílčím závadám spodní stavby byla navržena celková rekonstrukce mostu.

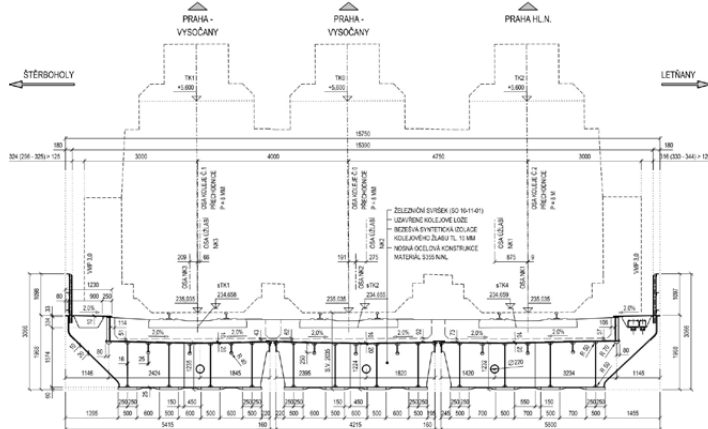
Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú.  
Mstětice – Praha-Vysočany)



Obr. 1 – Stávající konstrukce mostu

### 3. Nový most

Stávající ocelové nýtované konstrukce byly v rámci rekonstrukce mostu demontovány a nahrazeny novými ocelovými svařovanými konstrukcemi s horní ortotropní mostovkou a žlabem kolejového lože. Přitom zůstalo zachováno příčné rozdělení mostu na 3 samostatné nosné konstrukce převádějící jednotlivé koleje. Ze statického hlediska se jedná o prosté nosníky o rozpětí 22,5 m. Z konstrukčního hlediska lze každou z konstrukcí popsat jako nosníkový rošt se 4 hlavními nosníky obráceného T-průřezu. Funkci horní pánsnice nosníků plní plech mostovky, který je mezi jednotlivými nosníky opatřen podélnou páskovou výztuhou. Vzájemné spojení nosníků je zajištěno příčnými výztuhami. Vzdálenost příčných výztuh je 2,25 m. Krajní nosné konstrukce jsou opatřeny konzolami pro revizní chodník a umístění kabelových žlabů. Nosné konstrukce jsou vyrobeny z plechů tloušťky do 60 mm z oceli S 355 N/NL, podružné části jako zábradlí a podlahové plechy revizních chodníků jsou z oceli S 235 JR+AR.



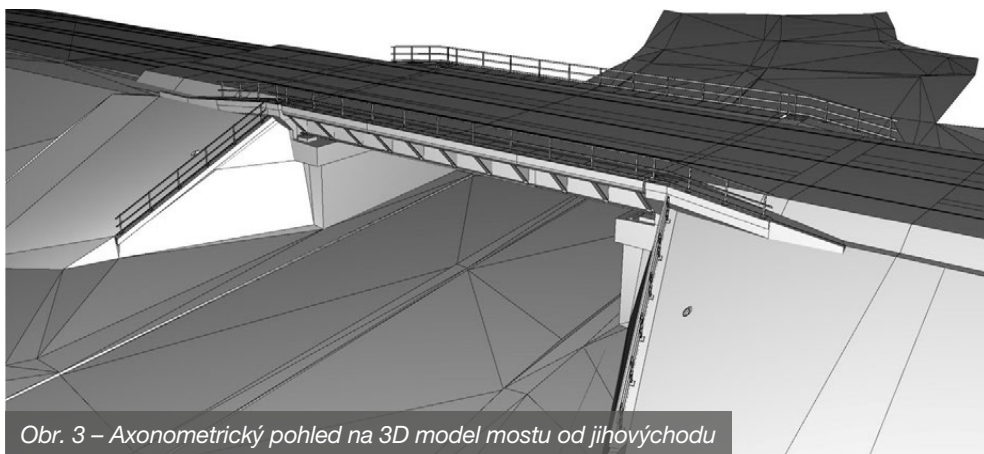
Obr. 2 – Vzorový příčný řez NK



*Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú.  
Mstětice – Praha-Vysočany)*

Stavební výška nových nosných konstrukcí je 2,035 m. Šířka mostu 15,910 m vychází z dodržení VMP 3,0 (dle ČSN 73 6201) na všech kolejích, které se na mostě nacházejí v přechodnici, a zahrnuje i oboustranné revizní chodníky s trojmadlovým železničním zábradlím. Most v novém stavu převádí bezстыkovou kolej tvaru UIC 60 upevněnou na betonových pražcích. Nejvyšší traťová rychlost na mostě je 100 km/h (130 km/h pro naklápěcí skříně). Sklonové poměry trati jsou odlišné pro jednotlivé koleje, nejseverněji umístěná kolej č. 2 stoupá ve směru staničení ve sklonu cca 11‰, zatímco koleje č. 1 a 0 klesají ve sklonu 10,662 – 11,237‰. Šířkové uspořádání pozemní komunikace pod mostem zůstává bez úpravy, zachována zůstává i volná podjezdná výška 4,85 m pod novými nosnými konstrukcemi.

Dle kategorizace tratí z hlediska mostů spadají obě převáděné žel. tratě do 1 třídy. Nová nosná konstrukce byla navržena dle ČSN EN 1991-2 na zatěžovací schéma LM 71 s klasifikačním součinitelem  $\gamma = 1,21$  a zatěžovací schéma SW/2. S ohledem na návrhové požadavky současných norem, přetížení stávajících konstrukcí šterkovým kolejovým ložem a na stav stávajících podpěr byla součástí návrhu také celková rekonstrukce spodní stavby a zesílení založení. Činnosti byly s ohledem na potřebu zachování částečného provozu na trati rozděleny do 2 stavebních etap. V projektu bylo navrženo odbourání stávajících závěrných zdí, úložných prahů a horních částí dřívů opěr i křídel. Na odbouraných opěrách byly navrženy nové železobetonové úložné prahy se závěrnými zdmi a integrovanými rovnoběžnými křídly, opatřenými trojmadlovým zábradlím železničního typu. Tvar nové spodní stavby navazuje svými liniemi na tvar nové nosné konstrukce. Zlepšení základových podmínek pod stávajícími opěrami i v prostoru za jejich rubem bylo docíleno pomocí sloupů tryskové injektáže. Skrz dřívky opěr i sloupy TI byly navrženy ocelové trubkové mikropiloty pro vyztužení stávajícího zdiva a zajištění spojení staré a nové části spodní stavby. Odbourané horní části dřívů křídel byly opětovně dozděny a následně z vrchu opatřeny novou železobetonovou římsou s trojmadlovým úhelníkovým zábradlím. Odvodnění přechodových oblastí je řešeno pomocí rubové drenáže vyústěné na nově odlážděný povrch železničního tělesa. Na nosných konstrukcích je veškerá srážková voda odváděna systémem odvodnění k opěře ve směru Lysá n. Labem a dále pak povrchovým skluzem do stávajícího příkopu pod patou železničního tělesa.



*Obr. 3 – Axonometrický pohled na 3D model mostu od jihovýchodu*

## 4. Výstavba

V průběhu realizace došlo k několika úpravám projektového řešení rekonstrukce spodní stavby. Do stavby byly včleněny dva nové související stavební objekty realizované v rámci investiční činnosti MHM Praha. Šlo o dvojici podchodů pro pěší pod železniční tratí, které se nacházejí v blízkosti za oběma opěrami mostu. V rámci koordinace jejich výstavby současně s mostem došlo k úpravám velikosti výkopových jam a jejich pažení, etapizace činností nicméně zůstala zachována.



Obr. 4 – Jeden z podchodů z ŽB prefabrikátů umístěný před mostem (foto autor)

V první fázi byla z provozu vyloučena severní kolej č. 2, záporové pažení bylo vybudováno mezi kolejemi č. 2 a 0 a veškeré stavební činnosti se soustředily do severní části mostu pod kolejí č. 2. Po částečném odbourání úložných prahů opěr se při vrtných pracích skrz dřívky opěr vyskytly potíže s dosažením požadované hloubky vrtů pro provedení navržené tryskové injektáže (TI) podzákladí. V úrovni základové spáry obou opěr byly zastiženy neznámé kovové součásti, které znemožňovaly provedení některých vrtů v plné délce. Kovové součásti nebylo možné přesně identifikovat, neboť se nedochovala archivní dokumentace spodní stavby mostu. V rámci STP mostu nebyly tyto kovové součásti zastiženy. Na základě četnosti zastižení kovových součástí v úrovni základů mostu a dle znalosti historických zvyklostí byly kovové součásti identifikovány jako domnělý roznášecí kolejnicový rošt. V 1. etapě vrtní se nepodařilo dosáhnout projektované délky u poloviny z 20 navržených vrtů. S ohledem na polohu neúspěšných vrtů byly navrženy nové pozice pro doplňkové vrty a na základě vyjádření geotechnika byl u úspěšných vrtů dosahujících do podzákladí zvětšen průměr TI z 600 na 1200 mm. Vrty provedené v plné délce dle projektu byly po provedení TI osazeny mikropilotami (MP) profilu TR 108/16 a zainjektovány cementovou suspenzí. Vrty neplánovaně ukončené v úrovni základové spáry byly využity k nízkotlaké injektáží dřívků opěr a zalaty cementovou suspenzí, v jejich horní části byly osazeny MP zkrácené na 2,5 m, sloužící pro zajištění propojení původních dřívků opěr s novými úložnými prahy.

*Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú.  
Mstětice – Praha-Vysočany)*

V prostoru těsně za rubem opěr byly dle projektu provedeny dvojité řady sloupů TI o průměru 600 mm dosahujících až ke skalnímu podloží (délka 12–14 m). Po dokončení inžektážních prací byly nad stávajícími dřívky opěr vybudovány nové monolitické ŽB úložné prahy, závěrné zdi a rovnoběžná křídla opěr. Na hotovou spodní stavbu byla následně osazena nová nosná konstrukce NK1. Konstrukce o hmotnosti cca 70 t byla na místo dopravena vcelku díky krátké dopravní vzdálenosti z mostárny v Horních Počernicích. Osazení potom proběhlo pomocí autojeřábů. Tím se podařilo minimalizovat omezení provozu na komunikaci pod postem. Projektové řešení přitom zahrnovalo montážní styky jednotlivých montážních dílů velikostně omezených požadavky na snadnou dopravitelnost.



Na nosnou konstrukci NK1 osazenou na čtyřech párech kalotových ložisek (pod každým nosníkem) bylo instalováno mostní vybavení a železniční svršek. Dne 8.7.2022 byla úspěšně provedena statická a dynamická zatěžovací zkouška. Následně byl provoz na trati převeden na kolej umístěnou na nové konstrukci, což umožnilo realizaci druhé etapy rekonstrukce mostu.

Druhá etapa proběhla za výluky v kolejích č. 1 a 0 současně. Po snesení obou stávajících nosných konstrukcí byly rekonstruovány zbývající části spodní stavby a jednotlivé procesy probíhaly ve stejném pořadí jako v 1. etapě, problémy s dosažením podzákladí u sanačních vrtů pro TI již ale nebyly nečekané. V této jižní části mostu bylo vrtání úspěšné jen ze 45% a řešení bylo obdobné jako v severní části v předchozí etapě. I zde byly realizovány doplňkové vrty. Vzhledem k uspořádání neúspěšných vrtů byly vybrané sloupky TI realizovány s průměrem zvětšeným na 1500 mm. V této etapě byly zvětšeny i některé ze sloupů TI těsně za rubem dřívky opěry a byla doplněna trojice šikmých vrtů sloužících k podchycení základů OP1.

Na takto sanovanou spodní stavbu byly vybetonovány její nové části analogicky jako v 1. etapě. Poté byly obdobným způsobem instalovány nosné konstrukce NK2 a NK3

*Rekonstrukce železničního mostu přes Kbelskou ulici (v km 9,062 t.ú.  
Mstětice – Praha-Vysočany)*

přivezené z mostárny opět vcelku. Po dokončení nosných konstrukcí, vytvoření přechodových oblastí, kompletaci mostních závěrů, podlití kalotových ložisek, provedení izolace, doplnění mostního vybavení, nasypání štěrkového lože a osazení obou kolejí byla dne 21.11.2022 provedena statická zatěžovací zkouška na zbývajících konstrukcích NK2 a NK3. Zatěžovacím břemenem byl, stejně jako při zatěžovací zkoušce NK1, kolejový jeřáb EDK 750 s protizávažím v poloze vyvozující max. nápravové síly nad zadní nápravou, tedy s nápravovými silami 3 x 15 + 3 x 35 t (tj. s celkovou hmotností 150 t) vyvozující účinek cca 75% návrhového zatížení. Výsledek zkoušky byl úspěšný a záhy byl na všech kolejích obnoven železniční provoz. V roce 2023 proběhly ještě dokončovací práce na spodní stavbě mostu a terénní úpravy přilehlého okolí.

Investor stavby: Správa železnic, s.o., Stavební správa západ  
Projektant objektu: SUDOP PRAHA a.s.  
Zhotovitel stavby: Společnost „Mstětice–Vysočany“  
Subterra a.s., OHLA ŽS, a.s., EUROVIA CS, a.s.,  
Elektrizace železnic Praha a.s.  
Zhotovitel SO: Metrostav a.s. – divize D5  
Metrostav a.s. – divize D3 (výroba a montáž ocelové konstrukce)

**Ing Filip Kutina**  
SUDOP PRAHA a.s.  
+420 703 426 513  
filip.kutina@sudop.cz

*Projektujete a nemáte kde vytisknout výkresy a dokumenty?  
Naše středisko reprografie Vám nabízí tyto služby:*

- ❖ *maloformátový a velkoformátový tisk*
- ❖ *maloformátové a velkoformátové skenování*
- ❖ *dokončovací knihařské práce, V1 vazba*
- ❖ *kompletace projektové dokumentace*
- ❖ *laminace do A3, vrtání papíru, strojní řezání papíru*
- ❖ *kroužkové a pevné vazby, bigování, strojní šití*
- ❖ *zadávání tisku přes internet*

*Nově možnost tisku na produkčním stroji:*

- ❖ *tisk hlavičkových papírů, pozvánek, brožur V1*
- ❖ *tisk do velikosti 320x450 mm SRA3*
- ❖ *oboustranný tisk do 300g*

online zadávání zakázek na  
**reprografie.sudop.cz**



# Dynamické zkoušky na železničních mostech při rychlosti 200km/h

prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., prof. Ing. Michal Polák, Ph.D., Bc. Vojtěch Dynybyl,  
Fakulta stavební ČVUT v Praze

## 1. Úvod

Předmětem příspěvku je souhrnná informace o provedených experimentech na skupině železničních mostů u Břeclavi, Vranovic a Soběslavi, jak zabetonovaných nosníků, ocelových nosných konstrukcí tak i sprážených mostů. Předmětem bylo zjistit chování mostů při vyšších rychlostech a zjištění velikosti útlumu, jako podkladu pro přípravu VRT tratí v České republice.

V tomto příspěvku jsou popsány sledované konstrukce a rekapitulovány vybrané zjištěné údaje, týkající se zejména útlumu.

## 2. Přehled provedených měření

### 2.1 TU 2001 - Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) – u obce Podivín



Obr. 1. – Pohled na zkoušený most v km 95,554 na TU2001

V roce 2019 bylo provedeno první měření na dvou mostních objektech (TU2001, km 95,554 – 1 pole  $L = 7,8\text{m}$  a TU2001, km 110,124 – 1 pole  $L = 7,5\text{m}$ ) při zkušební jízdě rychlostí 200 km/h na železniční trati v úseku Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) v koleji č. 2. V obou případech šlo typologicky o zabetonované nosníky.

## **2.2 TU 2001 - Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) – u obce Vranovice**



Na předcházející měření v roce 2022 navázala zkouška na dvou mostních objektech (TU 2001, km 116,129 – 3 pole  $L=11\text{m} + 18\text{m} + 11\text{m}$ , most přes řeku Svatku a TU 2001, km 117,061 – 1 pole  $L=30\text{m}$ , most přes říčku Šatavu) při jízdách zkušební vlakové soupravy až do rychlosti 200 km/h na železniční trati v úseku Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) v koleji č. 2. V obou případech šlo o ocelové mosty s horní ortotropní mostovkou.

## **2.3 Estakády na trati TÚ 1701–u Soběslavi a Heřmaniček**



Na předcházející měření v roce 2023 navázala zkouška na třech mostních objektech:

- TÚ 1701 České Velenice (mimo) - Benešov u Prahy (mimo), ev. km 67,130
- TU 1701, Most v km 106,108 (Estakáda Radíč, SUDOVO)
- TU 1701, Most v km 108,939 (Estakáda Heřmaničky, SUDOVO)

Opět probíhaly jízdy zkušební vlakové soupravy až do rychlosti 200 km/h na jedné koleji. Ve všech případech šlo o spřaženou ocelobetonovou konstrukci s plnostěnnými hlavními nosníky a železobetonovou deskou a horní mostovkou.

### **3. Vybrané výsledky z měření**

#### **3.1 TU 2001 - Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) – u obce Podivín**

Nosné konstrukce obou zkoušených mostů jsou podobné. Nicméně vyhodnocené charakteristiky vlastního kmitání ukazují, že dynamické chování obou mostů je rozdílné více, než by se dalo na základě podobnosti nosných konstrukcí očekávat.

Nosná konstrukce mostu v km 95,554 je rozdělena podélnou spárou na dvě části, které ale navzájem spolupůsobí. Z toho lze odhadovat, že v této podélné spáře je deska dobetonována se vzájemným kontaktem bez vyztužení (tedy jako jakási třecí plocha fungující při malém buzení jako kloub). Toto chování potvrzují také průhyby naměřené při dynamické zatěžovací zkoušce.

Tuhost nosné konstrukce je v příčném směru menší než u mostu v km 110,124, nosníky kmitají do určité míry samostatně s vlastními frekvencemi, které jsou navzájem mírně odlišné. To může být způsobeno tím, že most v km 95,554 není příčně vyztužen.

Vyhodnocené výsledky ukazují, že se zvýšením rychlosti jízdy zkušební lokomotivy víceméně stoupá i velikost dynamického součinitele, která je ale i tak významně nižší než normativně definovaná hodnota.

#### **3.2 TU 2001 - Břeclav (mimo) – Vranovice (mimo) – u obce Vranovice**

Na obou mostech byly hodnoty útlumu vždy vyšší než normativní předpoklady, a to až násobně. Je pravděpodobné, že na výši útlumu se mimo jiné podílí vzájemné spolupůsobení v podélné spáře mezi mosty a související svislý pohyb v kolejovém loži. Tento faktor byl pozorován na obou sledovaných mostech. Vlivem spolupůsobení zůstávaly na mostě reziduální deformace až 1 mm.

Dynamické součinitele pro provozní zatížení byly v tomto případě blízké nebo nižší než hodnoty uvažované pro provozní zatížení. Tento fakt sice může působit pozitivně, nicméně je třeba si uvědomit, že kvalita jízdní dráhy i vozů byla vysoká. Při vyšších imperfekcích nákolků vozidel a trati je možné, že reálné dynamické součinitele budou mírně překročeny oproti součinitelům pro provozní zatížení.

#### **3.3 Estakády na trati TÚ 1701 – u Soběslavi a Heřmaniček**

Zajímavou informací, která je často diskutována, je velikost útlumu v závislosti na charakteru a míře buzení. Jak je obecně známo, velikost útlumu závisí nejen na charakteru mostu, ale i na velikosti budící síly, míře buzení a úrovni vyvolaného kmitání, případně i poloze a typu



## Dynamické zkoušky na železničních mostech při rychlosti 200 km/h

buzení. V další tabulce je k dispozici porovnání výsledků z dynamické zkoušky informativní a zatěžovací pro most u Soběslavi.

*Tab. 1 Porovnání výsledku z informativní zatěžovací zkoušky (budič) a zatěžovací zkoušky (přejezdy břemenem) pro most km 67,130*

Dynamická zkouška informativní		Dynamická zkouška zatěžovací	
Vlastní frekvence [Hz]	Poměrný útlum [%]	Vlastní frekvence [Hz]	Poměrný útlum [%]
3,46	<b>2,12</b>	3,50	<b>0,46</b>
3,64	<b>1,21</b>	3,69	<b>0,64</b>
4,82	<b>1,24</b>	4,92	<b>1,00</b>
5,01	-	5,07	<b>0,79</b>
5,39	<b>0,97</b>	5,52	<b>0,82</b>
5,70	<b>2,26</b>	5,78	<b>0,80</b>

Dále s ohledem na omezený rozsah článku jsou níže uvedeny údaje o hodnotách poměrného útlumu z realizovaných dynamických zkoušek pro jednotlivé vlastní frekvence. Pro srovnání je v posledním sloupci tabulky uvedena hodnota útlumu určená podle normy ČSN EN 1991-2 ed. 2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2.

*Tab. 2 Souhrnná analýza útlumu v celé skupině sledovaných konstrukcí*

Most	Vlastní frekvence [Hz]	Poměrný útlum z DZZ [%]	Poměrný útlum – ČSN EN [%]
Most TU2001, km 95,554 – Zaben L=7,8m	22,50	3,20	<b>2,55</b>
	26,12	5,10	
	31,66	2,10	
	42,37	4,30	
Most TU2001, km 110,124 – Zaben L=7,5m	21,12	5,20	<b>2,57</b>
	34,25	3,00	
TU 2001, km 116,129 – 3 pole L=11 + 18 + 11 m,	6,91	1,42	<b>0,5</b>
	8,91	1,80	
TU 2001, km 117,061 – 1 pole L=30 m	5,08	1,46	<b>0,5</b>
	5,52	1,16	
	5,87	1,40	
Most km 67,130 (Soběslav)	3,50	0,46	<b>0,5</b>
	3,69	0,64	
	4,92	1,00	
	5,07	0,79	
	5,52	0,82	
	5,78	0,80	

Most	Vlastní frekvence [Hz]	Poměrný útlum z DZZ [%]	Poměrný útlum – ČSN EN [%]
Most km 106,108 (Radíč)	3,00	0,54	<b>0,5</b>
	3,22	0,73	
	4,16	0,64	
	4,63	0,51	
	4,78	0,64	
	4,93	0,55	
Most km 108,939 (Heřmaničky)	3,14	0,63	<b>0,5</b>
	3,56	0,72	
	3,75	0,79	
	3,94	0,65	
	4,56	0,57	
	4,69	0,54	

#### 4. Analýza útlumu a srovnání i s dalšími experimenty

V rámci analýzy navazující na provedená měření byl zkoumán i útlum mostních konstrukcí zjištěný z dalších dynamických zatěžovacích zkoušek. Byla postupně sbírána data z různých typů mostů, přičemž předmětem byly silniční mosty, železniční mosty i lávky pro pěší. Trendy hodnoty poměrného útlumu byly sledovány v závislosti na typu materiálu, ze kterého byla konstrukce realizována (beton, ocel, jejich kombinace), dále v závislosti na typu konstrukce (mosty trámové, obloukové, zavěšené apod.) a nakonec i podle typu převáděná dopravy. Trendy hodnot poměrného útlumu byly porovnávány s mezními hodnotami stanovenými normou ČSN EN 1991-2.

Pro tuto analýzu byla využita data od následujících společností, kterým bychom chtěli za vstřícnost velmi poděkovat:

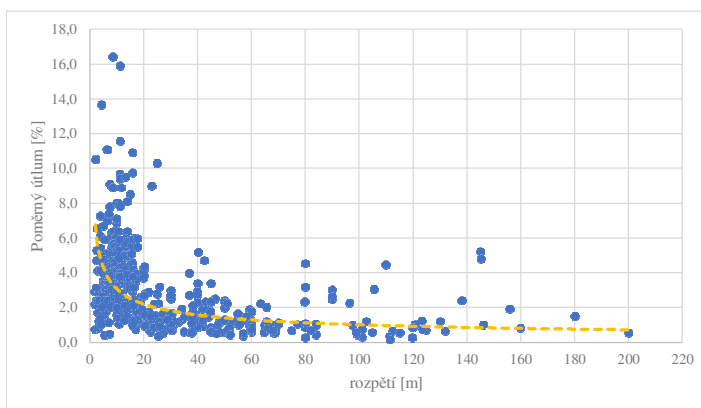
- Zkušební laboratoř Fakulty stavební ČVUT v Praze,
- Kloknerův ústav ČVUT, oddělení experimentálních a měřících metod
- Akademie věd, Ústav teoretické a aplikované mechaniky, oddělení dynamiky a aerodynamiky
- Společnost INSET s.r.o.

Dále byly použity výzkumné práce z Portugalska a Švédska, odborná literatura a další dokumenty výzkumného charakteru.

Podle typu zdroje dat bylo možné podrobnější zkoumání útlumu dané mostní konstrukce. Některé zdroje poskytovaly pouze grafy s hodnotami poměrného útlumu v závislosti na rozpětí. Tedy pro danou mostní konstrukci, která nebyla blíže popsána, byla stanovena jedna výsledná hodnota poměrného útlumu. Mosty od subjektů na území republiky bylo možné zkoumat podrobněji. Byly rozlišovány typy mostů z hlediska použitého materiálu,

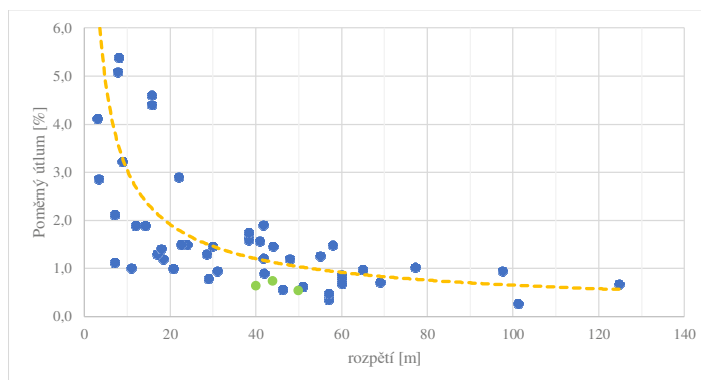
konstrukčního typu a typu převáděné dopravy. Byly také sledovány různé hodnoty poměrného útlumu pro daný most v závislosti na vlastní frekvenci příslušící různým tvarům kmitání (svislé ohybové kmitání, vodorovné kmitání a kroucení).

V následujícím grafu jsou zobrazeny hodnoty poměrného útlumu v závislosti na rozpětí (u spojitých nosníků na rozpětí hlavního pole). Předmětem tohoto grafu jsou všechny mosty analýzy. Konstrukce nejsou rozlišovány podle materiálu, konstrukčního typu či typu převáděné komunikace. Pokud o daném mostě byla informace o útlumu reprezentována pouze jednou hodnotou poměrného útlumu, je právě tato hodnota využita. Pokud se jedná o most, o kterém bylo získáno více informací a hodnot poměrného útlumu v závislosti na tvaru kmitání, byla použita hodnota poměrného útlumu pro 1. tvar svislého ohybového kmitání.



Obr. 4 – Souhrnná analýza útlumu v celé skupině sledovaných konstrukcí

V grafu je možné sledovat trend hodnot poměrného útlumu na rozpětí. Závislost je z možné na základě hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu označit jako podstatnou až velmi silnou. Na dalším grafu jsou předkládány hodnoty poměrného útlumu v závislosti na rozpětí pouze pro skupinu železničních mostů. Hodnoty poměrného útlumu nejsou rozlišovány na základě materiálu a konstrukčního typu mostu. Zelenou barvou jsou vyznačeny mosty, které byly měřeny v rámci kampaně dynamických zkoušek na železničních mostech při rychlosti 200 km/h.



Obr. 5 – Souhrnná analýza útlumu ve skupině železničních mostů ze sledovaných konstrukcí

V grafu je rovněž zobrazen trend hodnot poměrného útlumu. Míra závislosti je zde oproti předchozímu grafu vyšší a lze ji označit jako velmi silnou.

## **5. Závěr**

Závěrem lze konstatovat, že zjištěné výsledky budou pomocným podkladem pro další rozvoj a stavbu VRT tratí, kde mohou pomoci v projekční praxi při dynamických výpočtech odezvy na pohyblivé zatížení.

Další výsledky a informace budou předmětem samostatných prací a článků.

**prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. a kolektiv**  
ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
+420 602 250 860  
pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

## Most na železniční trati přes D7 u obce Chlumčany

Ing. Martin Sedmík, Ing. Tomáš Jakubíček, Valbek, spol. s r. o.  
Ing. Petr Berník, Ing. Oleksandr Chudik, Metrostav Infrastructure a. s.

### Abstrakt

Příspěvek popisuje návrh a výstavbu mostu nedaleko obce Chlumčany. Most převádí železniční trať Podlešín – Obrnice přes nově vznikající úsek dálnice D7. Jedná se o jednopopulový kolmý most s rozpětím 40,0m. Příčný řez je charakterizován dvojicí příhradových nosníků s dolní ortotropní mostovkou. Nosná ocelová konstrukce je trámová s kosoúhlou soustavou diagonál. Spodní stavba je tvořena masivními krajními opěrami. Realizace opěr probíhala za provozu pod mostními provizorii. Ocelová konstrukce byla sestavena na předmontážní plošině a v průběhu výluky pomocí jeřábů přemístěna do definitivní pozice.



Obr. 1 – Vizualizace z roku 2015

## 1. Úvod

Most je realizován v rámci stavby „D7 Chlumčany zkapacitnění“. Stavba se nachází v blízkosti obcí Chlumčany a Smolnice. Úsek D7 Chlumčany zkapacitnění je napojen na již dostavěný úsek D7 – Sulec, obchvat a navazuje na aktuálně realizovaný úsek D7 Louny, zkapacitnění obchvatu. Investorem stavby je Ředitelství silnic a dálnic ČR. Správcem mostu je Správa železnic, s. o. (oblastní ředitelství Ústí nad Labem).



Obr. 2 – Výstavba – celkový pohled ve směru na Louny (12/2023)

## 2. Charakteristika mostu

Most tvoří ocelová trámová konstrukce o jednom poli s rozpětím 40,0m. Příčný řez nosné konstrukce je navržen jako dvojice příhradových nosníků s dolní ortotropní mostovkou s kolejovým ložem a neomezenou volnou výškou.

Most převádí železniční trať 0693 Podlešín – Obrnice, která byla vedena v místě mostního objektu po tělese násypu ve výšce přibližně 4m nad původním terénem. Směrově je trať na mostě vedena v přímé a částečně v přechodnici levostranného oblouku. Výškově trať klesá ve směru staničení ve sklonu 12,2 ‰. Mostní konstrukce je navržena kolmá a v přímé.

Přemostovanou překážkou je nově vznikající úsek dálnice D7. Mostní konstrukce je umístěna přibližně v úrovni původního tělesa násypu převáděné trati, dálnice D7 je vedena pod mostem v zářezu. Trasa D7 je pod mostem navržena směrově v pravostranném směrovém oblouku o poloměru 3 200m, úhel křížení s osou koleje je 74°. Výškově je trasa D7 pod mostem vedena v klesání 4,5 ‰ s dodržáním průjezdného prostoru 4,80 + 0,15m.

## 3. Mostní provizoria

Na základě požadavku na minimalizaci výluk na trati byla použita dvojice mostních provizorií ŽM 16, každé délky 24m, osazených v místě opěr. Mostní provizoria byla sestavena mimo půdorys mostu a následně byla osazena na provizorní opěry z panelové rovnániny pomocí autojeřábu LTM 1500. Hmotnost každého MP je 48,9 t včetně dřevěných mostnic a kolejnic. Vzhledem k rozpětí MP bylo provedeno nadvýšení koleje. Pro ověření deformací byly MP po sestavení zatíženy pomocí panelové rovnániny. Na základě výsledků změřených deformací bylo provedeno nadvýšení koleje pomocí zádlabů do dřevěných mostnic. Následně byla provedena zatěžovací zkouška pomocí lokomotivy 744.1 Subterra.



#### 4. Založení mostu a spodní stavba

Založení mostu je navrženo v souladu s IGP jako hlubinné na velkopřůměrových pilotách délky 12m ukončených ve zvětralých písčitých jílovcích třídy R4. Hladina podzemní vody nebyla zastižena. Pilotové založení bylo provedeno s hluchým vrtáním během krátké osmidenní výluky. Úroveň pilotážní plošiny byla přibližně 5m pod niveletou koleje. Následně došlo k dokončení výkopových prací a ochrání svahů pomocí stříkaného betonu.



Krajní opěry celkové výšky přibližně 6,5m jsou navrženy jako masivní železobetonové se zavěšenými rovnoběžnými křídly. Základy, dřík a křídla včetně části říms byly provedeny za provozu drážní dopravy na dvojici mostních provizorií, v hlavní výluce byly poté dobetonovány závěrné zídky a ložiskové bločky.

## 5. Nosná konstrukce

Most tvoří ocelová trémová konstrukce o jednom poli s rozpětím 40,0m. Příčný řez nosné konstrukce je navržen jako dvojice příhradových nosníků s dolní ortotropní mostovkou. Nosná konstrukce je navržena z oceli třídy S355 J2+N.



Obr. 5 – Pohled na sestavenou část mostu při dílenské přejímce

Hlavní příhradové nosníky jsou navrženy s kosoúhlou trojúhelníkovou soustavou o celkové výšce 5,34 m. Vzdálenost příhradových styčniců je 5,0 m a na dolním pásu je mezi jednotlivé vazby doplněn mezilehlý příčník. Jednotlivé prvky hlavního nosníku jsou navrženy jako svařované s průřezy tvaru „I“ pro dolní pás, „H“ pro vnitřní diagonály a uzavřeného truhlíkového průřezu pro horní pás a krajní diagonály. Ortotropní mostovka je navržena s pásovými podélnými výtuhami a příčníky s dolní pásnicí. Koncové příčníky jsou navrženy zesílené se stěnovými výtuhami v místě lisů pro případné přizvednutí konstrukce.



Obr. 6 – Předmontážní plošina s NK před svařením obou polovin



Hlavní nosníky byly vyrobeny s nadvýšněním 25 mm, které odpovídá průhybu od stálých zatížení a části zatížení proměnného. Ocelová konstrukce byla zařazena do třídy provedení EXC3 s dílenskou přejímkou. Protikorozní ochrana konstrukce byla navržena duplexním systémem s celkovou tloušťkou 300  $\mu\text{m}$ , žlab kolejového lože je opatřen vodotěsnou bežešvou izolací.

## **6. Výroba a montáž ocelové konstrukce**

Uspořádání a rozměry jednotlivých dílců vychází z výrobních a montážních možností zhotovitele OK. V podélném směru jsou příhradové nosníky rozděleny přibližně v polovině na dva dílce, které byly na stavbě společně s mostovkou svařeny. Ortotropní mostovka byla v příčném směru vyrobena bez montážních styků, v podélném směru byla v polovině rozdělena na dvě části.



*obr. 7 – Osazení NK do otvoru pomocí autojeřábů*

Z kapacitních důvodů a pro možnost akcelerace výstavby mostu byla výroba ocelové konstrukce rozdělena mezi dvě mostárny v Praze a ve Frýdku-Místku. V každé z mostáren byla vyrobena jedna polovina mostu o délce přibližně 20 m s následnou dílenskou přejímkou. Obě poloviny byly následně na stavbě sestaveny a svařeny. Po svaření ocelové konstrukce byl dokončen systém PKO, připevněna ložiska a následně byla NK osazena do definitivní pozice pomocí dvojice autojeřábů LTM1500. Celková hmotnost OK při osazení byla 140 tun. Po osazení byly doplněny mostní závěry, odpálena montážní oka a provedla se izolace mostovky.



obr.8 – Realizace SVI pro žlab kolejového lože

## 7. Kolejové lože a příslušenství

Na mostě je navrženo standardní uzavřené šterkové kolejové lože. Po obou jeho stranách jsou umístěny betonové kabelové žlaby. Kolej na mostě je navržena bezstyková typu 49 E1 uložená na betonových pražcích B91S. Kolej je navržena bez převýšení.



Obr. 9 – Pohled do mostu

Na mostě je osazeno ocelové trojmadlové zábradlí výšky 1,1 m z „L“ profilů, mezi spodním a středním madlem je zábradlí doplněno o výplň ze sítě s oky 20x20 mm. Na opěrách je osazeno ocelové trojmadlové zábradlí výšky 1,1 m z „L“ profilů. Odvodnění je řešeno pomocí systému mostních odvodňovačů a dvojice podélných svodů vyspádovaných k opěře 2 a následně přes svislý svod a skluz je dešťová voda zaústěna do příkopu dálnice D7.



*Obr. 10 – Zatěžovací zkouška jeřábem EDK 750*

## **8. Shrnutí**

Realizace mostního objektu byla vyvolána výstavbou nového úseku dálnice D7 v místě křížení s železniční tratí. Práce na mostě byly zahájeny v létě 2022 terénními úpravami a předmontáží mostních provizorií. Následně v září 2022 proběhla celkem osmidenní nepřetržitá výluka, během které došlo ke kompletnímu odstranění stávajícího kolejového lože, provedení a odvodnění stavební jámy včetně stabilizace svahů, realizace pilotového založení, osazení mostních provizorií a uvedení trati do provozu. Harmonogram prací byl nastaven po hodinách, Práce probíhaly nepřetržitě i v nočních směnách a byla nutná koordinace všech subdodavatelů, betonáren, zástupců investora a budoucího správce stavby. V průběhu následujících dvou měsíců byla realizována spodní stavba a provedena předmontáž ocelové konstrukce. V říjnu a listopadu 2022 proběhla hlavní výluka v délce 25 dní v rámci které byly dokončeny opěry, osazena ocelová konstrukce do otvoru, provedeno kolejové lože a zatěžovací zkouška. Na konci listopadu 2022 byl most uveden do předčasného užívání. Následně byl realizován zářez dálnice D7. V současné době je mostní objekt již dokončen a probíhají závěrečné práce na přemostované dálnici, která má být na konci roku 2023 uvedena do předčasného užívání.

**Ing. Tomáš Jakubíček**  
Valbek, spol. s r. o.  
+420 778 961 070  
tomas.jakubicek@valbek.cz

# Vybrané železniční mosty realizované jako prefabrikované klenby a rámy

Ing. Pavel Bulejko, Ing. Rastislav Schreiber, Ing. Tomáš Brzák, ABM Mosty s.r.o.,  
člen skupiny ABM Europe

## 1. Úvod

Prefabrikace je v moderním stavebnictví cesta ke snižování rizik spojených s výstavbou, vede ke zrychlení výstavby. Použití prefabrikátů znamená pro stavbu garanci kvalitního stavebního prvku vyráběného v kontrolovaném prostředí výroby bez vlivu povětrnostních vlivů. Čerstvá betonová směs urazí od mísičního jádra k formě výrobku v minimální vzdálenosti v řádu jednotek minut. V případě subtilních prefabrikovaných přesypaných konstrukcí z prostě vyztužených betonů třídy C50/60 dochází oproti robustním monolitům z betonů klasických pevností ke snižování spotřeby materiálů a uhlíkové stopy a zlepšuje udržitelnost výstavby s dobrým výsledkem hodnocení metodikou LCA (life-cycle assessment). V následujícím textu si představíme několik vybraných realizací mostů pod železnicí i nad železnicí právě z prefabrikátů.

## 2. Dětmarovice – Petrovice u Karviné – st. hranice CZ/PL, SO 46-20-01

Rekonstrukce 9,8km dlouhého úseku odstraní propad rychlosti z 65 km/h na novou rychlost 100 km/h. Součástí stavebních prací byla i kompletní přestavba železničního mostu č. 8141 v km 292,400 v intravilánu obce Petrovice u Karviné, poslední mostní konstrukce pouhých 150m od státní hranice s Polskem. Most překlenuje místní komunikaci a stálou vodoteč. Původní most byl vystavěn roku 1935, poslední přestavba byla z roku 2001 (injektáže zdiva, nové římsy). Stávající nosná konstrukce byla hodnocena stavem K2 a spodní stavba S2. Most se nachází na stávající dvoukolejně železniční trati, výstavba mostu tedy byla ovlivněna provozem na trati, most se budoval ve dvou fázích, vždy za vyloučeného provozu v jedné koleji. Koleje na mostě jsou vedeny v oblouku o  $R1 = 2450\text{m}$ , niveleta stoupá +1,601%. Na mostě je navržen VMP 3,0 R (pro rychlost 120 km/h). Nová nosná konstrukce je prefabrikovaná klenba typu ABM52Wx40R, poskytující světlý rozpon 8,9m. Poloměr nové

klenby se proti původní klenbě zvětšil o přibližně 60 cm. Založení zůstalo plošně částečně na stávajících základech. První polovina mostu byla smontována během jediného dne 17. června 2022 a druhá polovina pak 19. října 2022. Projektantem objektu byla firma AFRY CZ a zhotovitelem byla firma STRABAG a.s.



### **3. Rekonstrukce mostu v km 190,152 trati Plzeň – Žatec**

Celá tato stavební akce spočívala v rekonstrukci mostu v km 190,152 a mostu v km 190,286, dále pak sanaci železničního spodku v km 190,100 až 190,232, úpravu železničního svršku v km 190,090 – 190,347 a přeložku sdělovacího vedení. Původní mosty poblíž obce Kněžice byly zhotoveny roku 1872, v případě mostu v km 190,152 šlo o kamennou klenbu hodnocenou stavem K2/S3. Rekonstrukce mostu je navržena na zatěžovací vlak LM-71 s  $\alpha=1,21$  a zajistí přechodnost mostu C3/80 km/h. Nová nosná konstrukce je prefabrikovaná klenba typu ABM52Wx64R, poskytující světlý rozpon 10,5 m, přibližně stejný jako původní klenba. Osazení nové konstrukce široké včetně křídel (tj. délka tubusu) 27 m proběhlo během dvou dnů 19. až 20. září 2022. Projektant DIPONT s.r.o., zhotovitel EDIKT a.s.



### **4. Rekonstrukce mostu v km 89,477 trati 0693 Podlešín (mimo)–Obrnice (mimo)**

Samostatná stavební akce spočívající v rekonstrukci klenbového mostu z roku 1872 jenž překlenuje polní cestu poblíž obce Chlumčany. V původní kamenné klenbě byly trhliny a zdivo zvětřelé a popraskané, místy docházelo k vytlačování zdiva. Kolmá světlost mostu byla 4,0 m a volná výška pod mostem 3,9 m. Stav mostu byl ve stupni K3/S3.

Nová prefabrikovaná rámová konstrukce ABM poskytuje výrazné zlepšení světlosti na 6,0m i volné výšky 4,7m. Rámová konstrukce je zakončena prefabrikovanými šikmými křídly. Termín výluky na trati se koordinovali s vedlejší stavbou ŘSD nového úseku dálnice D7. Montáž nosné konstrukce proběhla 17. až 18. října 2022. Projektant DIPONT s.r.o., zhotovitel PORR a.s.



## **5. Most v obci Sychrov – Radostín přes železniční trať 030**

Investorem rekonstrukce tohoto jediného silničního mostu je obec Sychrov. V příspěvku je zařazen z důvodu zajímavého využití železnice pro přesun stavebních materiálů a nasazení kolejového jeřábu. Šlo o náhradu mostního provizoria, dlouhodobého zatímního mostu typu Bailey Bridge rozpětí 24m a celkové hmotnosti přibližně 20 tun. Zatížitelnost mostu byla poslední prohlídkou z roku 2018 snížena na 3,5 tuny. Stavební stav spodní stavby byl kategorie 4 a nosné konstrukce dokonce 6 – velmi špatný. Most byl na konci své životnosti. Proto bylo navrženo zhotovit most nový, s ohledem na budoucí investice do správy mostu jako přesýpaná bezúdržbová klenbová konstrukce. Výstavbou nového mostu se zároveň zlepšilo směrové uspořádání převáděné místní komunikace, která byla mírně přeložena. A s ohledem na těžkou dostupnost k mostu byla zvolena nosná konstrukce prefabrikovaná ABM64Wx52R, která byla na místo montáže dopravována na vagoněch železniční cestou a smontována kolejovým jeřábem Gottwald GS 100.06 T. Montáž nové nosné konstrukce proběhla během kompletní výluky na trati, a to ve dnech 31. října a 1. listopadu 2022. Projektant Valbek, spol. s r.o., zhotovitel EUROVIA CS, a.s.





## 6. Revitalizace trati Lovosice – Česká Lípa, železniční most v ev. km 50,058

Rekonstrukce úseku od Žalhostic po Liběšice proběhla v letech 2021 až 2022 a jejím cílem bylo zvýšení rychlosti až na 100 km/h. Na úseku bylo opraveno několik mostních objektů a propustků. Most poblíž stanice Ploskovice byl tvořen nýtovanou ocelovou plnostěnnou trémovou nosnou konstrukcí osazenou na kamenných opěrách. Most pochází z roku 1898 a poslední rekonstrukce byla provedena v roce 1962. Stav mostu byl ve stupni K2/S3. Přestavbou mostu na prefabrikovaný ABM rám se zvětšila vodorovná i svislá světlost o 0,5 m a traťová rychlost zvýšila z 50 km/h na 85 km/h. Samotná montáž nosné konstrukce proběhla včetně křídel proběhla během jediného dne 3. května 2022. Projektant Ing. Bernát, zhotovitel EDIKT a. s.



## 7. Průmyslový polookruh, podchody a návazné komunikace v oblasti žel. mostu přes Kbelskou ulici

Pod tímto dlouhým názvem stavby, kde investorem bylo hlavní město Praha, se primárně skrývá zhotovení dvou nových podchodů po obou stranách železničního mostu přes Kbelskou ulici na trati č. 232 Praha – Milovice. Výstavbu obou podchodů se podařilo přichystat a zrealizovat v rámci investiční akce SŽ s názvem „Optimalizace traťového úseku Mstětice (mimo) – Praha-Vysočany (včetně)“. Objekty obou podchodů byly montovány po polovinách v souběhu s výlukami na uvedené stavbě SŽ. Podchod za pražskou opěrou (západní) je z klenbové prefabrikované konstrukce ABM25Wx15R a podchod za opěrou mstětickou (východní) pak z konstrukce ABM25Wx7,5R. Vybrané dílce obou objektů byly opatřeny chráničkami pro protažení elektrických kabelů pro osvětlení podchodů. Montáž první poloviny obou objektů proběhla v dubnu a druhá v září roku 2022. Projektant TOP CON SERVIS s. r. o., zhotovitel Metrostav a. s.

## 8. ŽST Praha-Bubny



Na uvedené stavbě byla jako jedna z prvních činností provedena dočasná přeložka trati směrem na Kralupy nad Vltavou s plánovanou dobou provozu přibližně dva roky. Pod dočasným mostem je vedena komunikace pro pěší spojující ulici Veletržní a Dělnickou. Po demontáži provizorní koleje bude objekt sloužit k převedení staveništní komunikace v rámci navazující výstavby soukromého developera. Doba, po kterou bude probíhat následná výstavba není v tuto chvíli známá, předpokládá se 5–10 let. Mostní provizorium je navrženo jako prefabrikovaný polorám se světlostí 6 m. Celá prefabrikovaná konstrukce mostu včetně křídel je prosta jakéhokoliv mokrého procesu. Demontáž na konci služby bude tedy prosta jakýchkoliv bouracích prací či řezání betonu. Montáž objektu proběhla na začátku března 2023. Projektantem byl Metroprojekt a. s. a zhotovitelem OHLA ŽS, a. s.



**Ing. Pavel Bulejko**

ABM Mosty s. r. o.

+420 777 226 293

pavel.bulejko@abmeurope.com

**Ing. Rastislav Schreiber**

ABM Mosty s. r. o.

+421 915 488 480

rastislav.schreiber@abmeurope.com

**Ing. Tomáš Brzák**

ABM Mosty s. r. o.

+420 731 802 567

tomas.brzak@abmeurope.com



# Poruchy předpjatých železničních mostů

## Failures of prestressed railway bridges

Ing. Milan Holý, Ph.D., Ing. David Čítek, Ph.D., Ing. Stanislav Řeháček, Ph.D.,  
prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Kloknerův ústav, ČVUT v Praze

### Abstrakt

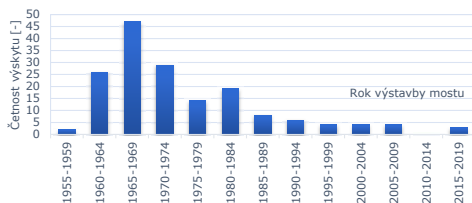
*Na železničních tratích v České republice ve správě Správy železnic s. o. (SŽ) se nachází celkem 167 předpjatých betonových mostů (stav k roku 2019). Naprostá většina z nich byla postavena mezi lety 1960-1980, jejich aktuální stáří, respektive doba provozu je tedy nejčastěji okolo 43-63 let. Nosné konstrukce těchto mostů jsou v cca 75 % případů tvořeny prefabrikovanými typovými systémy, cca 2/3 ze všech předpjatých mostů tvoří ovšem pouze 5 typových systémů. Historicky nejčastěji používané typy předpjatých nosných konstrukcí jsou stručně představeny a podrobněji jsou shrnuty jejich typické poruchy, a to jak z pohledu diagnostiky, tak z pohledu provádění statických přepočtů.*

### Úvod

Tento článek vychází z projektu Správy železnic s. o. (dále SŽ) „Diagnostika a přepočty mostů s předpjatou nosnou konstrukcí“, kdy v první fázi tohoto projektu provedli zaměstnanci SŽ mostní prohlídky u všech předpjatých mostů v síti SŽ, tzn. celkem u 167 ks předpjatých mostů. Ve druhé fázi projektu bylo vybraných 63 mostů podrobně prověřeno provedením diagnostického průzkumu a statickým posouzením (přepočtem). Výběr mostů pro podrobnější analýzu byl determinován jejich aktuálním stavebním stavem i záměrem podrobně prověřit co nejvíce různých typů konstrukcí z předpjatého betonu použitých historicky na železnici v ČR. Vyhodnocení projektu bylo podrobně provedeno v knize [1], která zahrnuje podrobný teoretický úvod k předpjatému betonu, historický vývoj předpjatých železničních mostů, jejich typologii a souhrny z vyhodnocení provedených diagnostických průzkumů a přepočtů zatížitelnosti.

## Vývoj předpjatých železničních mostů a typizace

Předpjaté mosty na železnici v ČR se začaly navrhovat v 50. letech 20. století. Již v 60. letech 20. století se postupně rozvíjela jednotná koncepce typizace nosných konstrukcí železničních mostů, která podpořila rozvoj využívání předpjaté technologie. Z obr. 1 je patrné, že mostů s nosnou konstrukcí z předpjátého betonu bylo nejvíce postaveno právě po zavedení typizace, a to mezi lety 1960 a 1984.

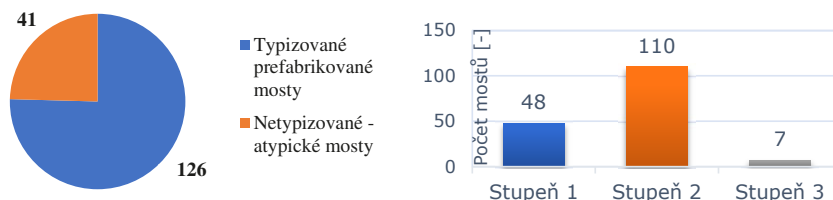


Obr. 1 – Počet železničních mostů z předpjátého betonu postavených v letech 1955–2019 [1]

Předpjaté mosty obecně lze dělit na jednotlivé typy podle různých kritérií, např. podle způsobu výroby. V případě předpjatých mostů na železnici zcela převažují prefabrikované nosníky, tzn. nosníky vyrobené ve formě mimo svoji finální polohu. Monolitické mosty, které jsou vyrobeny ve finální poloze přímo na stavbě, tvoří méně než 5 % ze všech předpjatých mostů v síti SŽ. Dle statického působení se předpjaté mosty nejčastěji navrhovaly jako prostě ulo-

žená pole. Minoritně byly použity rámové konstrukce či spojitě nosníky. Nejčastěji využívanou nosnou konstrukcí byly pod každou kolejí dva dilatačně oddělené nespolutůsobící komorové nosníky. Na předpjatých mostech v síti SŽ ale byly také aplikované různé další průřezy: jednokomorové konstrukce pod jednou či dvěma kolejemi, parapetní nosníky, nosníku průřezu I, T nebo obdélníku, či deskové konstrukce vylehčené i nevylehčené dutinami. Ve většině případů byly mosty předpínány dodatečně na stavbě, což umožnilo použití zvedaných kabelů a výrobu nosníků z menších (kratších) dílců, které se snadněji transportovaly a manipulovaly. Méně využívané předem předpjaté nosníky, využívaly přímá předpínací lana a bylo nutno je vyrábět již ve finální délce.

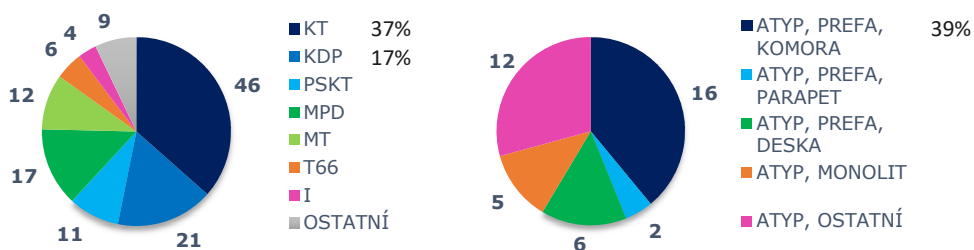
Předpjaté mosty je z hlediska správy a údržby výhodné rozdělit na mosty z typizovaných systémů a mosty netylizované (atypické). Celkem 125 ze 167 železničních předpjatých mostů je tvořeno z typizovaných prefabrikovaných nosníků, 41 z netylizovaných konstrukčních systémů a 1 most o více polích je tvořen jak typizovanými, tak netylizovanými nosníky, viz obr. 2.



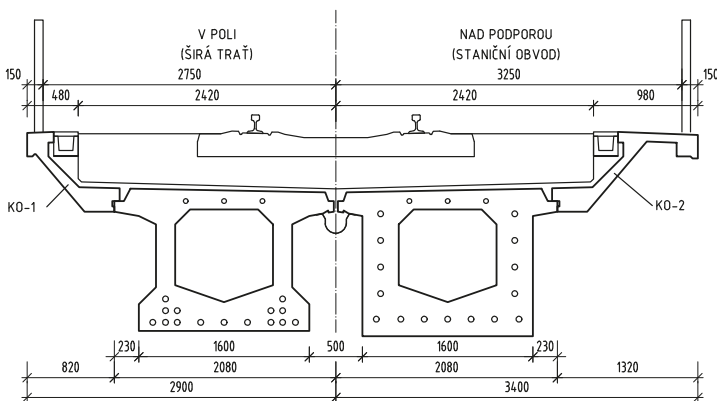
Obr. 2 – Vlevo: Počty předpjatých železničních mostů z typizovaných a atypických systémů v ČR, Vpravo: Aktuální konstrukční stav předpjatých železničních mostů k roku 2019 [1] podle třístupňové stupnice: Úroveň 1 - vyžaduje pouze běžnou údržbu, Úroveň 2 - vyžaduje opravu nad rámec běžné údržby, Úroveň 3 - vyžaduje stavební zásah.

U typizovaných systémů je zpravidla k dispozici dostatečný soubor vstupních informací o nosné konstrukci potřebný pro kontrolu a přepočítání konstrukce (ačkoliv na základě zjištění diagnostických průzkumů byly v některých případech konstrukce provedeny s určitými odchylkami). U atypických konstrukcí se potom ne vždy podařilo dohledat potřebné podklady, což vyžadovalo výrazně větší rozsah diagnostického průzkumu.

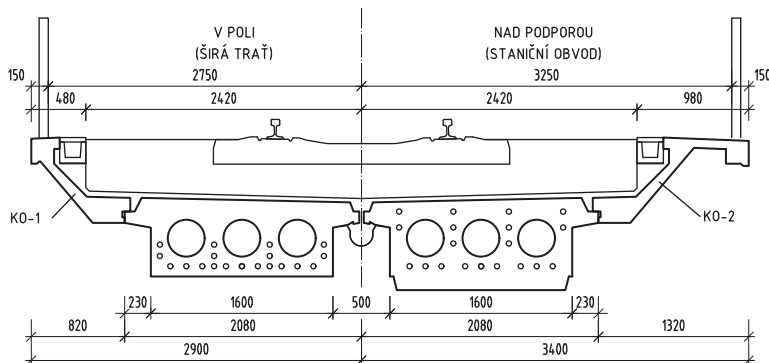
Pro potřeby správy a diagnostiky byly předpjaté železniční mosty rozděleny dle následujících diagramů, typové systémy podle zavedených označení (zpravidla počáteční písmena celého názvu) a atypické konstrukce podle způsobu výroby a průřezu NK. Jak je patrné z obr. 3, mezi nejčastěji používané typizované nosníky patří nosníky typu KT, KDP, MPD, PSKT a MT. Nejčastěji používané netypizované (atypické) nosníky jsou prefabrikované nosníky komorového průřezu, tyto mosty byly většinou postaveny ještě před vydáním typového podkladu pro nosníky KT (1967).



Obr. 3 – Zastoupení jednotlivých typů předpjatých železničních mostů – vlevo typizované, vpravo atypické mosty, systémy KT a KDP tvoří více než polovinu typizovaných mostů a jejich předchůdci – atypické prefabrikované komorové tvoří cca třetinu atypických. [1]



Obr. 4 – Typický příčný řez mostu z nosníků KT (komorový trám) - dodatečně předpjaté komorové nosníky vylehčené profilovaným otvorem délek 18, 21 a 24 m pro rozpětí 17, 20 a 23 m. Nosníky byly běžně skládány ze 3 dílů (sepnuty kabely z patentovaného drátu  $\varnothing P7\text{mm}$ ). Pod jednou kolejí jsou 2 navzájem nespojené nosníky osazené prefabrikovanými železobetonovými konzolami pro kolejové lože.



Obr. 5 – Typický příčný řez mostu z nosníků KDP (komorová deska předpjatá) - pro rozpětí 4,80 až 10,50m byly opatřeny vylehčujícími podélnými otvory kruhového průřezu, pro rozpětí 12 až 15m byly vylehčeny profilovaným otvorem obdobně jako nosníky KT, příčné uspořádání bylo obdobné jako u nosníků KT.

## Nejčastější poruchy předpjatých železničních mostů

Typické poruchy předpjatých železničních mostů jsou podobné jako u silničních mostů a jsou způsobené zejména zatékáním vody na nosnou či přímo do nosné konstrukce (NK) v kombinaci s některými problematickými konstrukčními detaily poplatnými době výstavby. Ke snížení trvanlivosti těchto konstrukcí nezřídka přispěla i technologická nekázeň během betonáže a předpínání. Železniční mosty mají ovšem některé výhody oproti silničním mostům, protože na železnici se nepoužívají CHRL (chemické rozmrazovací látky – soli), které výrazně urychlují korozní procesy a také dopravní zatížení je pevněji definované, poloha stopy vozidla je v zásadě konstantní, jasně definovaný je také provoz na mostě – zejména parametry vozidel, nedochází tedy ke zvýšenému namáhání v důsledku přejezdu přetížených vozidel jako u silničních mostů. Nevýhodou oproti silničním mostům je potom náročnější plánování realizace oprav, protože např. výměna hydroizolace často znamená kompletní vyloučení provozu na delší časové období na celém úseku trati.

Obecně lze tedy konstatovat, že nejvíce poruch je způsobeno zatékáním na NK či do NK, a to buď v důsledku nefunkční hydroizolace, anebo v místech odvodnění či dilatačních spár. Předpjaté mosty z 60.-80. let vykazují malé krytí betonářské výztuže, protože tehdy byly jednak výrazně nižší normové požadavky na krycí vrstvu a také nezřídka docházelo k posunu armatury při výrobě. Nyní po 40-60 letech provozu již často dochází k lokální korozi betonářské výztuže a následně k odpadávání krycích vrstev v důsledku nárůstu korozních produktů.

Problematické bývají také uzavřené dutiny v nosné konstrukci, které bývají často obtížně přístupné či zcela nepřístupné. Vlivem zatékání vody do dutin NK může dojít k jejímu zadržování v konstrukci. V případě mostů s přístupnými dutinami byly zaznamenány případy přespávání bezdomovců v konstrukci, a s tím spojené poruchy v důsledku pálení ohňů uvnitř dutin.



Obr. 6 – Vlevo: zatékání v místech odvodnění kolejového lože mezi 2 nepropojené hlavní nosníky a u dilatace na úložné prahy, vpravo detail koroze betonářské výztuže s malým krytím včetně odpadávání krycí vrstvy



Obr. 7 – Akumulace vody v dutinách – vlevo foto vytékající vody po navrtání otvoru do dutiny nosníku, vpravo dutina nosníku z části zaplněná vodou s odpadlou krycí vrstvou betonu z horní příruby

Většina typových systémů využívá prefabrikované konzoly tvořící žlab pro kolejové lože. Často dochází k zatékání na NK skrz spáry mezi segmenty prefabrikovaných konzol. Kotvení segmentů prefabrikovaných konzol je ovšem nejslabším místem. Ocelové kotvy nejsou přístupné vizuální kontrole a v případě korozního oslabení těchto kotev může hrozit i nebezpečí pádu prefabrikovaného segmentu.



Obr. 8 – Detail kotev prefabrikovaných konzol poškozených korozí a detail protékání vody z kolejového lože skrz spáry segmentů prefabrikovaných konzol

## Předpínací výztuž







Z hlediska spolehlivosti předpjatých mostů je nejdůležitější stav předpínací výztuže. Mezi nejčastější problémy spojené s předpínací výztuží lze zařadit: zatékání na kotvy předpínací výztuže na koncích mostu, špatně provedená injektáž - segregace a sesedání injektážní malty, špatně proinjektované kabely, nezainjektované kabely, zatékání v místě kotev a příčných spár mezi segmenty.



Obr. 9 – Vlevo destruktivní sonda k předpínací výztuže s nezainjektovaným kabelovým kanálem, vpravo obnažené kotvy předpínací výztuže napadené korozí, kotvy se nachází v oblasti dilatace

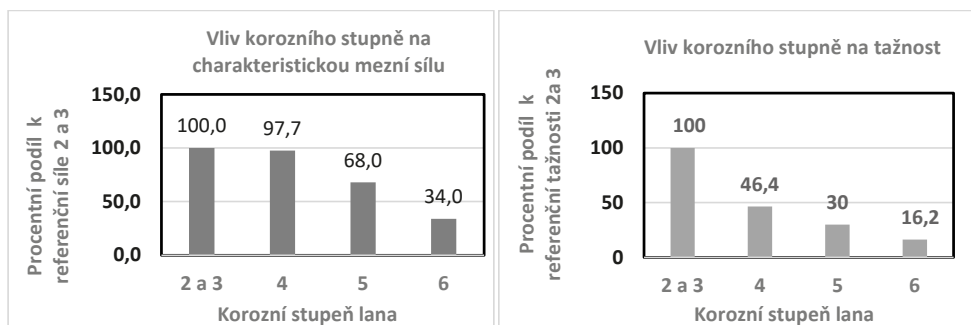
Kontrola předpínací výztuže s cílem ověřit polohu a stav předpínacích lan se provádí pomocí destruktivních sond k předpínací výztuži. Hodnocení stavu předpínací výztuže bylo v projektu [1] prováděno podle metodiky Kloknerova ústavu [3], kdy stav předpínacích lan je klasifikován 6 stupni na základě stupnice hodnocení korozního poškození, viz Tab. 1.

Tab. 1 Klasifikace korozního poškození předpínací výztuže [3]

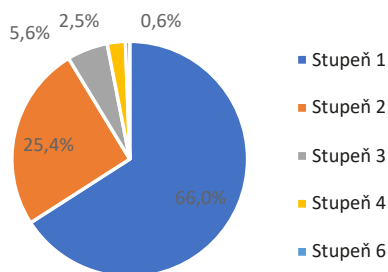
Stav výztuže	Stupeň	Hodnocení korozního poškození
	Stupeň 1	Výztuž bez jakékoli známky koroze.
	Stupeň 2	Výztuž se začínající lokalizovanou povrchovou korozí. Lze zaznamenat původní nekorodující povrch.
	Stupeň 3	Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže bez odlupujících se korozních zplodin.
	Stupeň 4	Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže. Korozní zplodiny se odlupují. Není patrná zjevná změna tvaru ani zmenšení plochy průřezu.
	Stupeň 5	Plošně rozvinutá povrchová koroze. Masivní odlupování zplodin. Na povrchu se tvoří rovnoměrná důlková struktura typu "pomerančová kůra". Místy zjevná změna a zmenšení tvaru a průřezu drátů.
	Stupeň 6	Masivní odlupování korozních zplodin. Výrazná a zjevná změna tvaru drátů. Některé mohou být i porušené nebo překorodované.

Nastíněný postup vizuálního hodnocení dle nastaveného etalonu vzhledem k odhadu vlivu na odhad mechanických vlastností může být operativní a velmi účinný. Pro možnost pravidelného a hodnověrného využití tohoto přístupu v rámci diagnostiky a hodnocení stavu konstrukcí, je třeba jej ještě podrobněji rozpracovat a průběžně škálu verifikovat. Za vhodných korozních podmínek předpínací výztuž rychle, snadno a masivně koroduje, často s vrubovým narušením. Lokalizovaná koroze s výrazným korozním narušením lana může probíhat ve velmi krátkém úseku délky.

Korozní oslabení plochy průřezu již v řádu jednotek procent původní plochy výrazně nepříznivě ovlivní mechanické chování předpínací výztuže. Výsledky mechanických zkoušek prokázaly, že kritickou hranici je cca 5 % ztráty plochy průřezu předpínací výztuže, což přibližně odpovídá koroznímu stupni 4 ze škály uvedené výše, tzn. fáze, kdy se začínají odlupovat korozní zplodiny. V případě nalezení koroze s odlupujícími se korozními zplodinami, tj. stupeň 4, lze doporučit uvažovat přítomnost lokalizované formy koroze s významným negativním vlivem na mechanické vlastnosti výztuže. Z následujících grafů je patrné, že v případě korozního stupně 4, oslabení průřezové plochy přibližně koresponduje s oslabením mezní síly, ale tažnost se sníží téměř na poloviční hodnotu. U korozních stupňů 5 a 6 je potom již velmi výrazný pokles mezní síly a tažnosti a s těmito kabely by se již nemělo uvažovat pro stanovení odolnosti konstrukce.



Obr. 10 – Vlevo: vliv korozního stupně předpínací výztuže na charakteristickou hodnotu mezní síly, kterou předpínací výztuž ještě přenese. Vpravo: Vliv korozního stavu předpínací výztuže na její tažnost. Diagramy vycházejí z tahových zkoušek předpínací výztuže převzaté z patologických průzkumů (odebraných z bouraných konstrukcí)



Obr. 11 – U většiny řešených mostů byl stav předpínací výztuže v místě jednotlivých sond ve stupni 1 nebo 2, pouze v několika případech byly zaznamenány poškození s vlivem na spolehlivost. [1]

## Závěr

V tomto článku byly shrnuty typy předpjatých železničních mostů a podrobně popsány jejich typické poruchy. V rámci rozsáhlého projektu Správy železnic proběhla podrobná kontrola stávajících předpjatých mostních konstrukcí formou diagnostických průzkumů a statických přepočtů [1].

Většina stávajících železničních mostů z předpjatého betonu v ČR je v provozu již několik desítek let, většinou přibližně 40 až 50 let. Na těchto konstrukcích se obvykle projevují především poruchy systému vodotěsné izolace a překrytí dilatačních spár (podélných i příčných), čímž je způsobeno zatékání do konstrukcí, které vede k lokální degradaci betonu či lokální korozi betonářské výztuže (související také s malým krytím betonářské výztuže), či poškození předpínací výztuže (zejména v kotevních oblastech), nebo poruchám ostatních částí mostu, zejména kotvení prefabrikovaných konzol žlabu pro kolejové lože k nosné konstrukci.

Ačkoliv na kontrolovaných mostních konstrukcích je již v důsledku jejich užívání nutno provést potřebné opravy, v naprosté většině případů nebyly zjištěny poruchy, které by zásadním způsobem ovlivňovaly odolnost a spolehlivost těchto konstrukcí. Na základě řady přepočtů bylo ověřeno, že při stáří předpjatých konstrukcí přibližně 40 až 50 let již proběhla naprostá většina ztrát předpětí a do doby předpokládaného konce životnosti mostu se již účinky předpětí při zachování stávajícího stavu mostu podstatně nezmění. Na základě výše uvedených skutečností lze předpokládat, že za předpokladu provádění odpovídající údržby a nezbytných oprav (zejména opravy hydroizolace a poruch způsobených zatékáním do konstrukce) je u většiny stávajících předpjatých železničních mostů reálné dosažení předpokládané, přibližně stoleté, životnosti.

## Poděkování

Tento článek vychází z projektu Správy železnic, s. o. „Diagnostika a přepočty mostů s předpjatou nosnou konstrukcí“. Na závěrečném vyhodnocení projektu se podílely Fakulta stavební ČVUT v Praze, Kloknerův ústav ČVUT v Praze a firmy Pontex, spol. s r.o. a Mott MacDonald CZ, spol. s r.o. Článek byl publikován za podpory grantu RVO 31251 122 1222101J000 1ND.

## Literatura

- [1] Ryjáček, P.; Dejmek, T.; Kramoliš, F.; Šafář, R.; Holý, M.; Komanec, P.; Drahorád, M.; Kolísko, J.; Čítek, D.; Řeháček, S.; Železniční mosty s předpjatou nosnou konstrukcí v síti Správy železnic. Praha: ČVUT. Fakulta stavební, 2022. ISBN 978-80-01-06923-3.
- [2] Šafář, R.; Hodnocení technického stavu železničních mostů z předpjatého betonu, habilitační práce. ČVUT v Praze, 2017.
- [3] kol. autorů Kloknerova ústavu ČVUT; Vliv koroze na vlastnosti ocelové předpínací výztuže, Sborník z 26. betonářských dnů, 2019. ISBN 978-80-907611-2-4



**Ing. Milan Holý, Ph.D.**

Kloknerův ústav, ČVUT v Praze  
Šolínova 6, 166 08 Praha  
+420 224 353 519  
milan.holy@cvut.cz

**Ing. David Čítek, Ph.D.**

Kloknerův ústav, ČVUT v Praze  
Šolínova 6, 166 08 Praha  
+420 224 353 521  
david.citek@cvut.cz

**Ing. Stanislav Řeháček, Ph.D.**

Kloknerův ústav, ČVUT v Praze  
Šolínova 6, 166 08 Praha  
+420 224 353 521  
stanislav.rehacek@cvut.cz

**prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.**

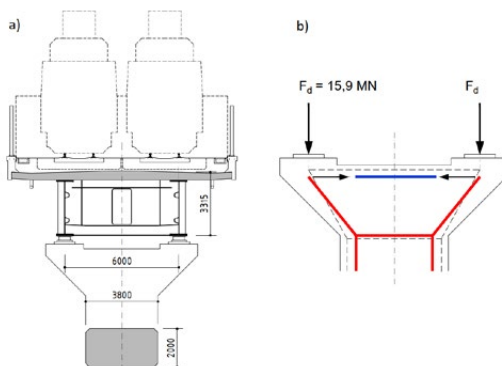
Kloknerův ústav, ČVUT v Praze  
Šolínova 6, 166 08 Praha  
+420 224 353 537  
jiri.kolisko@cvut.cz

## Navrhování D-oblastí v mostních konstrukcích pomocí CSFM

Ing. Pavel Kaláb, Ph.D., Ing. Lukáš Bobek, IDEA StatiCa s. r. o.

V praxi se dnes standartně využívají pro posouzení oblastí diskontinuit železobetonových konstrukcí metody příhradové analogie a tlakových polí. Compatible stress field method (CSFM) vznikla rozšířením těchto klasických teorií, umožňuje vysokou míru automatizace a je v souladu s návrhovou normou. Metoda i přes svou jednoduchost poskytuje realistický popis odezvy betonové konstrukce a také umožňuje provádět kromě posudků mezních stavů únosnosti, i posouzení použitelnosti, což bylo dříve např. s použitím S&T modelů těžko představitelné.

Standartní postupy pro navrhování průřezů betonových konstrukcí jsou použitelné v částech konstrukce, kde platí tzv. Bernoulliho-Navierho hypotéza o zachování rovinnosti průřezu po přetvoření (oblasti B). Místa, kde hypotéza neplatí, se nazývají oblasti diskontinuit (oblasti D). Patří sem části konstrukcí, kde působí soustředěné zatížení, kde dochází k náhlé změně průřezu, otvory atd. Z oblastí mostního stavitelství jsou to pak hlavice pilířů, nadpodporové příčníky, deviátory atd.



Obr. 1 – Záhlaví pilíře železničního mostu: a) příčný řez v místě pilíře; b) náhradní příhradovina

## 1. Modely náhradní příhradoviny

V současnosti se pro dimenzování D-oblastí nejčastěji používají modely náhradní příhradoviny (Strut-and-Tie, nebo S&T) a tlakových polí (Stress fields). Základním předpokladem při tvorbě S&T modelu je skutečnost, že pevnost betonu v tahu je zanedbatelná. Jednoduchý příhradový model chování D-oblasti v mezním stavu únosnosti je pak sestaven z prvků působících v tlaku a v tahu. Příklad typické D oblasti a jednoduchého S&T modelu je uveden na Obr. 1. Definovat tvar příhradového modelu je u této úlohy poměrně jednoduché. Přesná geometrie modelu (volba sklonů diagonál, polohy táhel) je věcí zkušenosti a detailního posouzení uzlových oblastí dle návrhové normy. Často se jedná o zdlouhavý, iterační a manuální proces. Což velmi často vede k tomu, že statik si zvolí geometrii S&T modelu a posoudí pouze táhlo z betonářské výztuže. Může se tak dopustit podstatné chyby. Pro ilustraci je na Obr. 1 b) čárkovaně uvedena alternativní příhradovina s „odvážnější“ geometrií. V případě dvou naznačených příhradovin vede rozdíl ve sklonu šikmé vzpěry k rozdílu 30% síly v příčném táhle. Kromě toho není možné příhradovou analogii použít pro posouzení mezních stavů použitelnosti (deformace, trhliny), což jsou zejména v mostním stavitelství kritéria, která rozhodují o návrhu, protože mají přímý dopad na životnost.

## 2. Compatible Stress Field Method

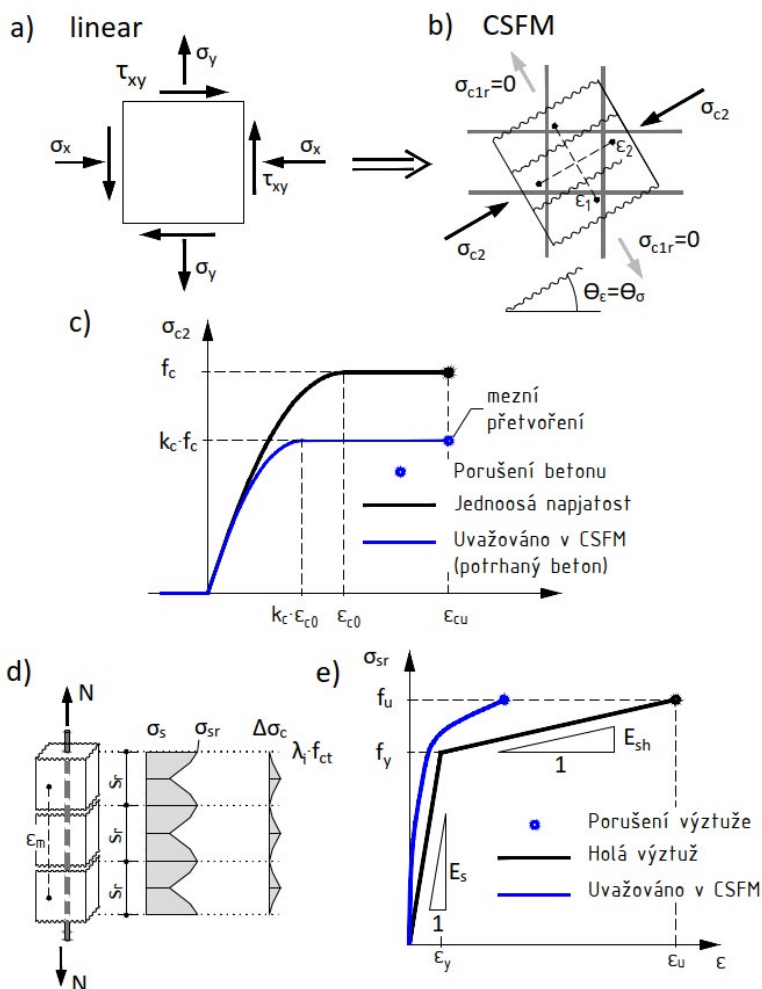
Compatible Stress Field Method (CSFM) je moderní nelineární metoda pro analýzu D-oblastí a prvků, jejichž působení lze zjednodušit na rovinnou napjatost, tedy 2D model. CSFM je evolucí metod příhradové analogie a tlakových polí. Přičemž odstraňuje jejich hlavní nevýhody: nejistoty ve volbě modelu a nemožnost posoudit mezní stavy použitelnosti. Stále se ale vychází ze základního a bezpečného předpokladu norem: beton v tahu nepůsobí (materiálová nelinearita) a veškeré tahy musí přenést výztuž.

V CSFM je teorie tlakových polí doplněná o kinematické podmínky. Tlakové pole se analyzuje pomocí metody konečných prvků, kde je beton modelovaný pomocí 2 D stěnového elementu a výztuž pomocí 1D prutových prvků. Zanedbává se pevnost betonu v tahu, takže napětí v trhlině  $c_{1r}$  je rovno nule (Obr. 2 b), v kolmém směru pak působí tlaková napětí  $c_2$ . Jak již bylo řečeno, tahy přenáší výztuž. Trhliny v betonu jsou kolmé na směr hlavních tahových napětí. Jejich směr tedy odpovídá trajektoriím hlavních napětí, které se během iteračního nelineárního výpočtu mění dle aktuální hladiny zatížení. Jinými slovy CSFM předpokládá fiktivní, beznapětové, rotující trhliny. Výsledkem MKP řešení konstrukce pomocí CSFM je pak spojité 2D pole přetvoření a napětí po celé konstrukci. Což je velká výhoda oproti klasickým přístupům a umožňuje to zpřesnit výpočetní model, jak bude popsáno v následujících odstavcích.

Součástí formulace CSFM je automatický výpočet efektivní pevnosti betonu v tlaku, která je redukována vlivem příčných tahů – tlakové změkčení (compression softening). Díky tomu, že je známo pole poměrných přetvoření po celé konstrukci, může být efektivní pevnost betonu v tlaku vypočítána automaticky v jednotlivých částech konstrukce v závislosti na aktuální úrovni příčných tahových přetvoření.

Dále se uvažuje ztužující účinek taženého betonu mezi trhlinami na výztuž – tahové zpevnění (tension stiffening). Ve výpočtovém modelu se pracuje s průměrným poměrným přetvořením výztuže  $\bar{m}$  (obr. 2d), což umožňuje realisticky vystihnout tuhost železobetonové konstrukce porušené trhlinami. Stále však platí, že pevnost betonu v tahu se nepodílí na únosnosti. Pro posouzení je rozhodující maximální napětí ve výztuži  $\sigma_{sr}$  v trhlinách (Obr. 2 d, e).

Jak již bylo naznačeno, velkou výhodou analýzy pomocí CSFM je možnost výpočtu mezních stavů použitelnosti, jako jsou průhyby, omezení napětí a zejména šířka trhlin.

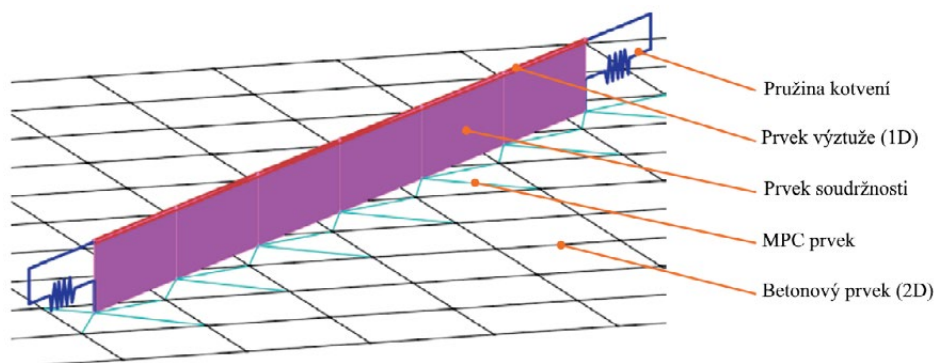


Obr. 2 – Základní předpoklady CSFM: a) napětí na stěnovém elementu při lineárním řešení; b) napětí při řešení pomocí CSFM c) pracovní diagram betonu, se zohlednění limitního napětí vlivem příčných tahů (tlakové změkčení, pro  $\lambda_i > 0$  a  $\lambda_i < 0$ ); d) Napětí ve směru výztuže; e) pracovní diagram výztuže a diagram se zohledněním průměrných poměrných přetvoření výztuže s vlivem tahového zpevnění.

CSFM používá běžné jednoosé materiálové modely (pracovní diagramy), které jsou definované v návrhových normách. Pro posouzení MSU se potom používá standardní normový formát spolehlivosti – metoda dílčích součinitelů spolehlivosti. Metoda je tak díky své jednoduchosti vhodná pro inženýrskou praxi a je v souladu s návrhovou normou. I když se jedná o nelineární MKP analýzu, nemusí statik do výpočtu zadávat dodatečné materiálové vlastnosti a charakteristiky betonu, které ve stádiu návrhu ani nemůže mít k dispozici a které jsou nutné pro MKP nelineární analýzy založené na lomové mechanice.

MKP model v CSFM je sestaven z několika typů konečných prvků (Obr 3.):

- 1-D prvek s osovou tuhostí modelující výztuž
- 2-D izoparametrický prvek modelující beton
- Koncové pružiny pro model kotení výztuže s koncovou úpravou
- Speciální 2D prvek pro model soudržnosti mezi výztuží a betonem
- Tuhé a interpolační vazby (Multi-Point Constraints, MPC) mezi prvky soudržnosti a betonem



Obr. 3 – MKP model: konečné prvky výztuže připojené k síti betonových prvků pomocí MPC vazeb a koncových prvků.

Poslední tzv. MPC prvky navíc umožňují vytvářet síť konečných prvků pro beton a výztuž nezávisle na sobě, což zásadně zjednodušuje modelování. K řešení systému nelineárních rovnic se používá modifikovaný Newtonův-Raphsonův algoritmus.

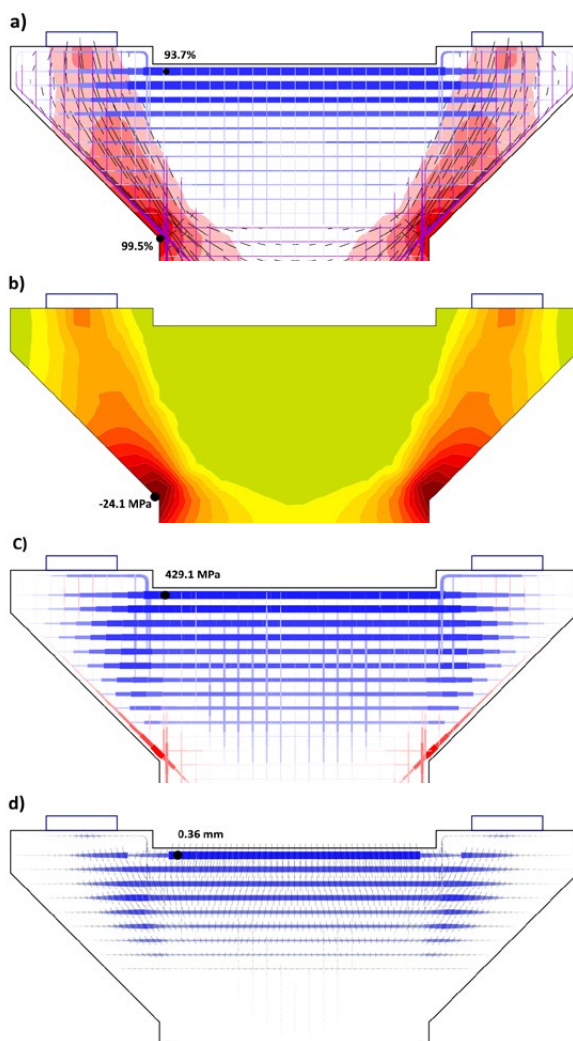
Pokud navržená výztuž zabraňuje křehkému porušení prvku, bylo prokázáno že CSFM dává navzdory jednoduchosti formulace velmi dobré předpovědi odezvy a mezní únosnosti konstrukce. Jinými slovy metoda není vhodná např. pro posouzení nosníků bez příčné smykové výztuže, které vykazují potenciálně křehké chování. Verifikace metody včetně experimentů jsou uvedeny v [1]. Podrobnější popis metody je nad rámec příspěvku a lze ho rovněž nalézt v [1].

Je zřejmé, že principy CSFM jsou obecné a její použití tak není omezeno jen na D-oblasti, ale lze ji využít pro modelování celých prvků nebo např. prefa dílců a tam kde lze prvek

zjednodušit na rovinný 2D model. Metoda a její implementace v software byly dále rozšířeny o možnost zadat předem a dodatečně předpjatou výztuž.

### 3. Příklad posouzení zhlaví pilíře

Praktické využití metody CSFM a její implementace v programu IDEA StatiCa Detail je ukázáno na posouzení hlavice mostního pilíře z obrázku 1. Jedná se o druhý pilíř spojitého mostu o třech polích s rozpětími 30.0m, 42.0m a 30.0m. Hlavice ŽB pilíře je navržena z betonu C40/50, její tloušťka (v podélném směru mostu) je 2,0m.



Obr. 4 – Hlavice pilíře: a) souhrnné posouzení; b) napětí ve výztuži v MSU; c) napětí v betonu v MSU, d) šířka trhlin v MSP

V horní části hlavice pilíře bylo nejprve navrženo příčné táhlo z výztuže B500 20x $\phi$ 28+20x $\phi$ 25 – horní čtyři vrstvy. Na obrázku 4a je uvedeno souhrnné posouzení v mezním stavu únosnosti se zobrazením tlakových napětí v betonu, směry tlakových napětí a napětím ve výztuži. Detailnější průběhy napětí v betonu a ve výztuži jsou potom dokumentovány na obrázcích 4 b a 4 c. Výztuž příčného táhla je těsně pod mezí kluzu, rovněž napětí v betonu (a poměrná přetvoření) jsou v MSÚ vyhovující. Z výsledku výpočtu šířky trhlin (Obr. 4 d) je však zřejmé že v MSP návrh nevyhovuje:  $w_{max} = 0,36\text{ mm} > w_{lim} = 0,3\text{ mm}$ . Pro splnění mezní šířky trhlin je nutné zvětšit výztuž příčného táhla na 20x $\phi$ 32+20x $\phi$ 28. V případě  $w_{lim} = 0,2\text{ mm}$  (např. pilíř v blízkosti pozemní komunikace generující slanou mlhu, stupeň vlivu prostředí XF2) bylo by nutné výztuž příčného táhla zvýšit dokonce na 24x $\phi$ 32+24x $\phi$ 28.

## Závěr

CSFM je vhodná pro inženýrskou praxi díky tomu, že využívá jednoduché materiálové modely definované v návrhové normě. Umožňuje vedle mezních stavů únosnosti rovněž provádět posouzení mezních stavů použitelnosti, což bylo dříve např. s použitím S&T modelů těžko představitelné. Díky implementaci metody v programu IDA StatiCa Detail je pak možné realisticky postihnout odezvu konstrukce a navrhovat a posuzovat oblasti diskontinuit, ale i větší celky efektivně a bezpečně.

CSFM byla vyvinuta zejména díky práci profesora Waltera Kaufmanna, vedoucího Chair of Structural Engineering, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich. On a jeho tým provedli rovněž verifikaci metody a její programové implementace.

## Literatura

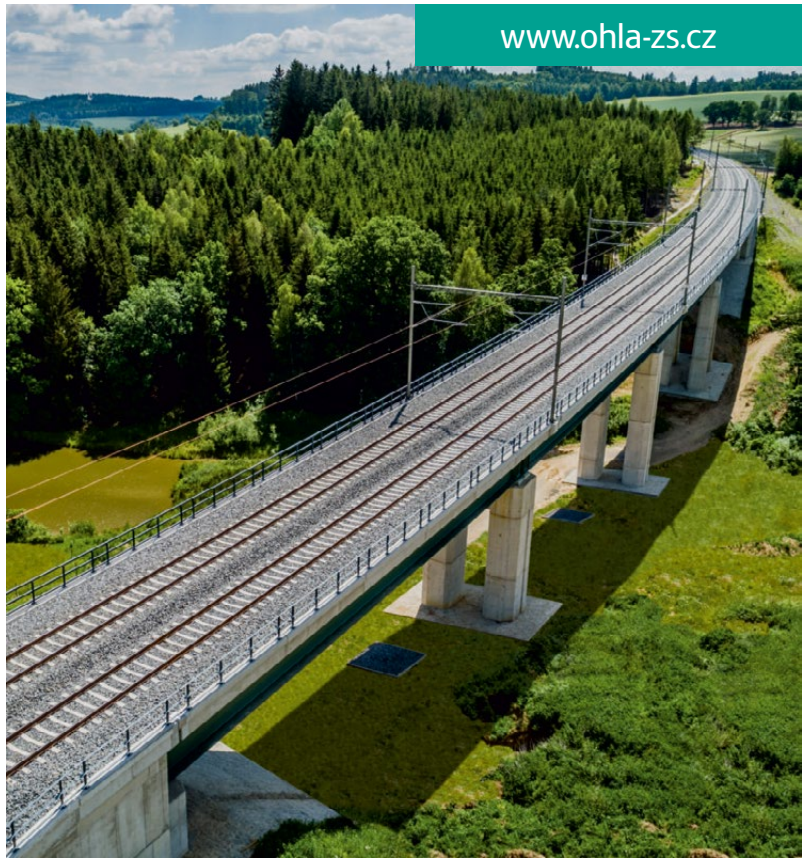
- [1] KAUFMANN, Walter, et al.: Compatible stress field design of structural concrete, ETH Zurich, 2020, ISBN 978-3-906916-95-8,
- [2] KAUFMAN, W., MARTI, P.: Structural Concrete: Cracked Membrane Model. Journal of Structural Engineering 124 (12): 1467-75, 1998 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1998\)124:12\(1467\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1998)124:12(1467))
- [3] KRAUS, M., M. WEBER, W. KAUFMANN, W. BOBEK, L.: Numerical analysis of experimentally tested frame corners with opening moments using the Compatible Stress Field Method (CSFM). In: Computational Modelling of Concrete and Concrete Structures, pp. 694-03. CRC Press, 2022 <https://doi.org/10.1201/9781003316404>

**Ing. Pavel Kaláb, Ph.D.**

IDEA StatiCa s.r.o.  
Šumavská 519/35, Brno 602 00  
+420 606 738 547  
pavel.kalab@ideastatica.com

**Ing. Lukáš Bobek**

VUT Fakulta stavební  
Veveří 331/95, Brno 602 00  
+420 724 217 698  
lukas.bobek@vutbr.cz



# Progress Enablers

