



MODERNÍ KONSTRUKCE SVRŠKU TRAMVAJOVÝCH TRATÍ

Ing. Jiří Pejša, CSc.¹, doc. Ing. Bohumil Kubát, CSc.²

Abstract: Based on ecological demands have been put on a modern construction of the tramway track, namely the noise and vibration reduction, the authors are describing constructions realised in recent time in Czech Republic. They bring a brief description of basic construction systems, followed by examples of realised constructions with experiences from the operation and with reached ecological contribution as well.

1. Technická, ekologická a estetická hlediska návrhu nových konstrukcí svršku tramvajových tratí

Návrh konstrukce svršku tramvajové tratě je do značné míry hledáním kompromisu mezi řadou vzájemně se doplňujících, překrývajících a někdy i protichůdných požadavků, zejména:

- Využití opakovatelných prvků (prefabrikace, unifikace, normalizace)
- Variabilnost použití v různých podmínkách (zatížení tratě, začlenění do okolí, pojiždění nekolejovou dopravou, atd.)
- Konstrukční a technologická jednoduchost
- Rychlost výstavby (zkrácení výluk tram i omezení ostatní dopravy)
- Estetické působení zákrytu tělesa tratě
- Snižování vlivů na životní prostředí v okolí tratě, zvláště hluku a vibrací
- Izolační odpor pro ochranu proti bludným proudům
- Optimální chování koleje při pojiždění kolejovými vozidly (vztah kolo – kolejnice), popř. i při pojiždění nekolejovou dopravou
- Dlouhodobá životnost a provozní spolehlivost tratě
- Minimalizace investičních nákladů
- Minimalizace nároků na údržbu tratě
- Minimalizace provozních nákladů

Postihnout celou paletu konstrukčních variant tramvajového svršku není pro rozsah příspěvku možné. Proto autoři vybrali ty konstrukce, se kterými mají vlastní zkušenosti z projektového návrhu, realizace i provozu, přičemž se zejména zaměřili na ty konstrukce, u kterých jsou významné jejich přínosy pro životní prostředí.

2. Stručný popis základních konstrukčních systémů vybraných moderních konstrukcí svršku tramvajových tratí

2.1. Kolej ve šterkovém loži uloženém na tlumicí rohože (Systém balast – pružina)

Tato konstrukce svršku má zejména za cíl potlačit hluk a vibrace přenášené z tratě zemním tělesem do okolních budov a pokud možno i snížit akustický hluk vyzařovaný do

¹ Jiří Pejša, Ing. CSc., Dopravní a inženýrské projekty s.r.o., Modřanská 1387/11, 143 00 Praha 4

² Bohumil Kubát, doc. Ing. CSc., ČVUT Praha, Fakulta dopravní, Konviktská 20, 110 00 Praha 1

okolí při průjezdu tramvajových vlaků. Konstrukční uspořádání svršku je odvozeno z dnes zřejmě nejběžnějšího typu konstrukce svršku s kolejí ze žlábkových kolejnic upevněných na příčné betonové nebo dřevěné pražce uložené ve šterkovém loži, se zákrytem kamennou popř. betonovou dlažbou nebo asfaltovými vrstvami. Tloušťka šterkového lože (včetně vrstvy šterku na podbití) činí v závislosti na provozním zatížení tratě kolejovou i automobilovou dopravou zpravidla 280 a 350mm.

Podstatnou odlišností je uložení celé konstrukce svršku na podšterkové rohože uložené na ochrannou vrstvu ze šterkodrti nebo šterkopísku. Podle požadované míry tlumení se používají buď rohože z pryžového recyklátu nebo z komůrkové elastomerové pryže. Tloušťka rohoží se podle požadavků na míru tlumení a v závislosti na materiálu rohože zpravidla pohybuje mezi 20 - 30mm. Proti šíření hluku a vibrací do boků tělesa tramvajové tratě se rohože osazují i po jeho stranách. K podepření svislých rohoží se používají železobetonové prefabrikáty tvaru „L“, osazené do lože z betonu, umístěné na hraně výkopu pro těleso tratě.

Rohožemi musejí být obaleny i veškeré prostupy povrchových znaků podzemních inženýrských sítí (např. kanalizační šachty), stejně tak jako například základy trolejových stožárů, pokud zasahují do tělesa koleje, atd. Aby ani mezi zákrytem kolejíště a sousední vozovkou nevznikal přenosový „můstek“ pro přenos vibrací, vyplňuje se spára nad svislými rohožemi speciální pružnou zálivkou. Jako doplňující opatření snižující šíření akustického hluku, zejména hluku vyzařovaného stojinami kolejnic se používají bokovnice z pryžového recyklátu, popřípadě z elastomerových profilů a spáry podél kolejnic se zalijí pružnou zálivkou.

Svršek tohoto typu byl v Praze poprvé aplikován v roce 1995 při rekonstrukci tramvajové tratě na Malostranském náměstí a Letenské ulice. Jako tlumící prvek byly použity rohože z pryžového recyklátu SEDRA tl. 2x15mm. Přesto, že v části uvedeného úseku je trať vedena ve směrovém oblouku o poloměru jen 30m a dále je vedena ve splítce, nevykazuje dodnes žádné zjevné závady. Podstatně se snížil přenos vibrací a zemního hluku do okolních budov, zejména do chrámu sv. Tomáše.

V roce 2001 byl tento konstrukční typ svršku aplikován při rekonstrukci kolejové křižovatky u Národního divadla. Jako tlumící prvek byly použity rohože SEDRA položené ve dvou vrstvách v celkové tloušťce 23mm. Dosažený útlum vibrací měřených na patě osvětlovacího pylonu na nároží u budovy divadla byl 22% - 50%.

Při další aplikaci tohoto typu konstrukce svršku při rekonstrukci tratě ve Vodičkově ulici byly použity podšterkové rohože z komůrkového elastomeru PHOENIX. Podle měření provedených v zástavbě sousedící s tratí byl před přestavbou překračován denní limit vibrací v 27% případů a noční limit v dalších 14% případů, po přestavbě byl noční limit dosažen (nikoli překročen) pouze 2x ze 75 průjezdů tramvajového vlaku a denní limit nebyl dosažen vůbec. Kromě toho došlo i k výraznému potlačení akustického hluku, až o 5.4dB při jízdě po bližší koleji.

Dalšími aplikacemi tohoto typu svršku realizovanými v Praze v roce 2001 byla rovněž přestavba kolejového křížení na Strossmayerově náměstí, kde byly použity recyklátové podšterkové rohože Bohemiaelast a tratě v Karmelitské ulici, včetně kolejového křížení Na Újezdě, opět s rohožemi z pryžového recyklátu. I v těchto případech byly dosaženy velice příznivé akustické výsledky.

V současné době je tento typ svršku navržen pro právě zahajovanou opravu povodňových škod na trati v Sokolovské ulici v Karlíně, v úseku Florenc - Šaldova ul. a pro opravu kolejového trojúhelníku v ul. Na Těšnově.

2.2. Kolej na nosné betonové desce uložené na tlumící rohože (Systém hmota – pružina)

Rovněž tato konstrukce svršku se zaměřuje na tlumení hluku a vibrací přenášených z tělesa tratě do okolí zemním tělesem a sekundárně i na snížení akustického hluku

z tramvajového provozu. Tento typ představuje určitou přechodovou variantu mezi netuhým a tuhým podkladem koleje. Konstrukce vychází z principů aplikovaných při rekonstrukcích tramvajových tratí v Norimberku. Podle dosavadních zkušeností je tento svršek velmi únosný a předpokládá se i jeho delší životnost.

Systém hmota – pružina spočívá v nahrazení šterkového lože nosnou monolitickou betonovou deskou, opět jako u předchozí konstrukce uloženou na „pružině“ tvořené podšterkovou rohoží z pryžového recyklátu nebo komůrkové elastomerové pryže. Tloušťka betonové desky se v závislosti na požadované únosnosti koleje pohybuje mezi 250 a 300mm. Betonová deska může být provedena jako nevyztužená nebo se slabým konstrukčním vyztužením sítěmi uloženými při obou površích. Kolejnice jsou upevněny buď na zabetonovaných podkladnicích nebo na pražcích zabetonovaných do nosné betonové desky v rozteči cca 3m. V prostoru mezi upevňovacími se pata kolejnice podlévá trvale pružnou „maltou“ na bázi PU pojiva.

Tloušťka rohoží se podle materiálu rohože a podle požadovaných tlumicích účinků pohybuje mezi 20 a 30mm. Obdobně jako u předchozí konstrukce se i v tomto případě osazují rohože i na boky konstrukce tramvajového tělesa. Opěrné „L“ prefabrikáty s nalepenou svislou rohoží pak současně slouží jako bednění pro vybetonování nosné betonové desky.

Obdobně jako u předchozí konstrukce se jako doplňující opatření snižující šíření akustického hluku, zejména hluku vyzařovaného stojinami kolejnic, používá bokovnic z pryžového recyklátu. Pro zvýšení izolačního odporu koleje se pata kolejnice obaluje speciálním profilem ORTEC. Alternativně se mohou kolejnice v místě upevňovadel izolovat PE podložkami a mezi pražci patními profily z pryžového recyklátu. Zákryt tělesa tratě může být tvořen buď asfaltovými vrstvami nebo dlažbou. V případě použití dlažby je nutné řešit odvodnění prosakující vody prostupy v nosné betonové desce.

Systém hmota – pružina v popsaném provedení se v současné době poprvé realizuje při opravě tramvajové tratě v ulici na Poříčí. Prognóza uvádí očekávaný útlum vibrací 8 až 10dB a útlum akustického hluku cca 5dB(A).

2.3. Kontinuální pružné uložení kolejnic na nosné betonové desce

Svršek s kontinuálně uloženými kolejnicemi na nosné betonové desce představuje mezi konstrukcemi zaměřenými na tlumení zemního hluku a vibrací (a díky „měkkosti“ vlastní koleje i na tlumení hluku akustického) zřejmě nejúčinnější, avšak i nejnákladnější variantu.

Nosným prvkem tohoto typu svršku je monolitická betonová deska o tloušťce 200 až 300mm uložená na 100 až 150mm tlusté tlumicí a drenážní vrstvě ze šterkopísku nebo šterkodrti. Betonová deska nese žlábkové kolejnice kontinuálně (v celé délce) uložené ze stran i zespodu do speciálních profilů z pryžového recyklátu nebo z elastomerové pryže. Přesná výšková poloha koleje je zajištěna podlitím patních profilů nesoucích kolejnice speciální rektifikační „maltou“ na živčinné, polymerové nebo PU bázi, v tloušťce 30 až 60mm. Rozchod je fixován rozchodnicemi, k omezení přenosu vibrací do krytu rovněž obalenými tlumícími profily. Poloha koleje je stabilizována přichycením paty kolejnic k betonové desce speciálními svěrkami, osazovanými v přímé zpravidla vystřídane, v obloucích po vnější straně po cca 1.5m.

Veškeré prostupy povrchových znaků podzemních inženýrských sítí, např. kanalizační šachty, musí být od nosné betonové desky odděleny vložením vhodné separační vrstvy, např. obalením podšterkovou rohoží nebo polystyrénovými deskami tl. alespoň 15mm, zřízením kluzných manžet z odřezků hdPE trubek apod.

Zákryt tělesa tratě může být tvořen dlažbou nebo asfaltem stmelenými vrstvami. V případě použití dlažby je nutné zajistit odvodnění prosakující vody zřízením dostatečného počtu prostupů v betonové desce.

Tento typ konstrukce svršku byl v ČR realizován při rekonstrukci tratě v Liberci (návrh VALBEK, a.s.), kde byly použity tlumicí prvky z pryžového recyklátu ORTEC. Z realizací, s nimiž mají autoři příspěvku osobní zkušenosti, lze uvést rekonstrukci Berliner Str. – Sandower Str. v Cottbus (návrh DIPRO s.r.o.), provedenou s použitím elastomerových tlumicích prvků PHOENIX v roce 1994. Podle provedených měření poklesly hodnoty vibrací a zemního hluku o cca 9.5dB, akustický hluk o 5.5dB.

2.4. Zatrávněný svršek na pražcovém uložení

Tramvajové tratě s travnatým zákrytem doznaly v posledních letech značné obliby zejména v případech, kde trať probíhá v sousedství parků a podobně. Kromě zlepšení estetického působení zákrytu tělesa tratě přispívá travnatý povrch i ke snížení akustického hluku vyzařovaného z tratě do okolí.

Rovněž u tohoto typu svršku je základem v podstatě nejběžnější konstrukční typ se žlábkovými kolejnicemi upevněnými pružnými svěrkami na betonové pražce uložené ve štěrkovém loži.

Travnatý zákryt osazovaný cca 30mm pod úroveň TK je tvořen předpěstovaným travnatým kobercem tl. 50mm uloženým do lehce ztuhlé vrstvy ornice tl. cca 150mm, oddělené od štěrkové výplně mezi pražci filtrační geotextilií.

K zakrytí upevňovadel a k oddělení travnatého krytu od kolejnic se podél kolejnic osazují buď speciální železobetonové zákrytové prefabrikáty dl. 650mm opřené o hlavy pražců, s kapsami pro upevňovadla na spodní straně. Pro omezení hluku vyzařovaného stojinami kolejnic se mezi kolejnice a prefabrikáty vkládají bokovnice z pryžového recyklátu. Povrch prefabrikátů je s ohledem na požadavky orgánů památkové péče upraven tak, aby imitoval řádku velkých dlažebních kostek. Tato konstrukční varianta ovšem vyžaduje poměrně přesné dodržování rozdělení pražců. Proto se v méně památkově exponovaných lokalitách používají bokovnice z pryžového recyklátu.

Svršek tohoto typu byl v ČR poprvé realizován v roce 1995 v Jelení ulici za Pražským hradem v úseku Svatovítská – U Brusnice a byl velice příznivě přijat jak odbornou tak i laickou veřejností. Kromě velmi dobrého estetického působení se projevila i schopnost zatrávněného krytu částečně utlumit vyzařování hluku – podle provedených měření byl oproti stavu „před“ dosažen útlum akustického hluku z tramvajového provozu 3 až 4.5dB(A). Jako slabina se ukázala nekázeň řidičů automobilů, kteří vjíždějí na těleso tratě a travnatý zákryt opakovaně poškozují.

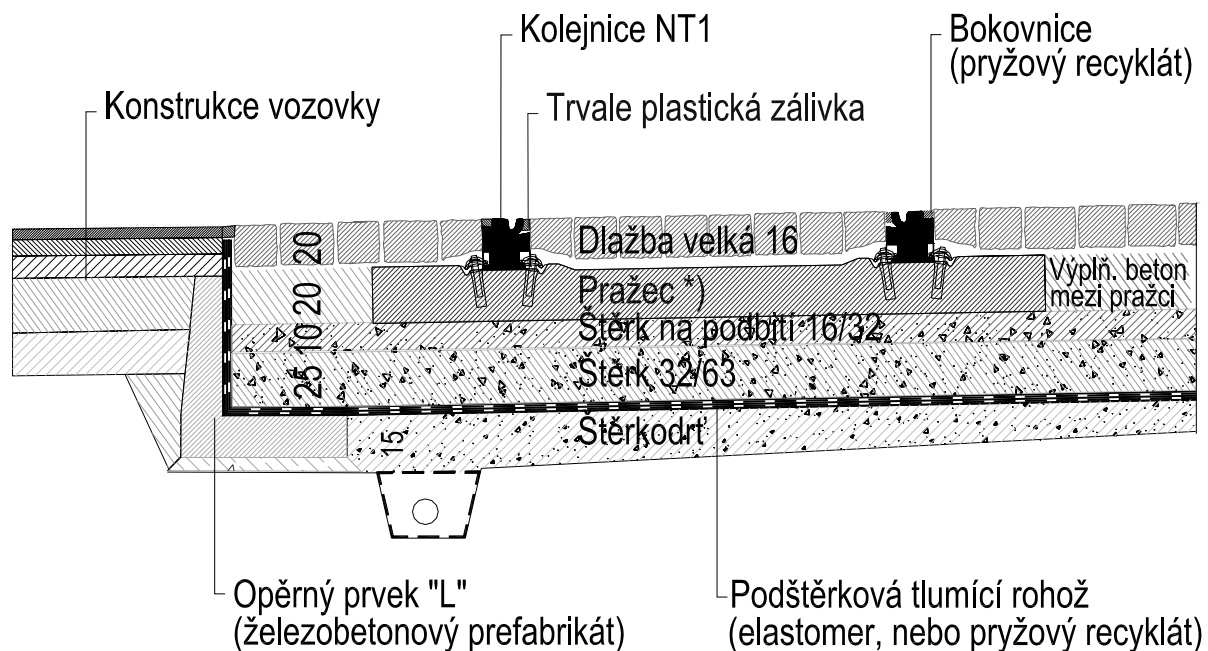
Vzhledem k celkově příznivým zkušenostem byl svršek tohoto typu použit v roce 2000 i při rekonstrukci navazujícího úseku Keplerovy ulice v úseku U Brusnice – Hládkov. Další aplikací tohoto typu svršku byla i přestavba tramvajové tratě na třídě Kosmonautů v Olomouci, provedená v roce 1999. Varianta s bokovnicemi z pryžového recyklátu byla aplikována na Steinbacher Str. v Drážďanech, u nás např. při dodatečném zakrytí tratě na tř. M. Horákové a na Černokostelecké ul. (návrh Metroprojekt, a.s.).

3. Závěr

V příspěvku jsou zdokumentovány některé směry, kterými se ubírá vývoj konstrukce svršku tramvajových tratí, zejména se zaměřením na snižování hlavních negativních vlivů tramvajového provozu na životní prostředí.

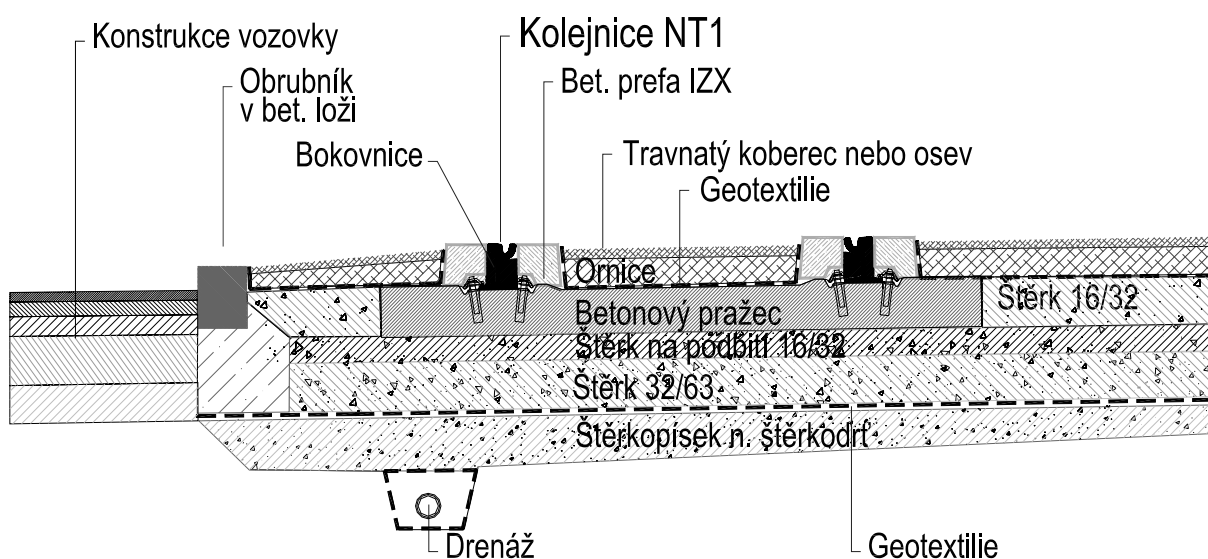
V příspěvku jsou shrnuty osobní zkušenosti autorů s návrhem, projektováním, realizací i provozem uvedených konstrukcí. V příspěvku uváděné hodnoty dosahovaných ekologických přínosů byly ověřeny měřeními.

Systém „Balast – Pružina“ kolej na příčných prázcích s tlumícími podšterkovými rohožemi proti přenosu vibrací z kolejového provozu do okolní zástavby

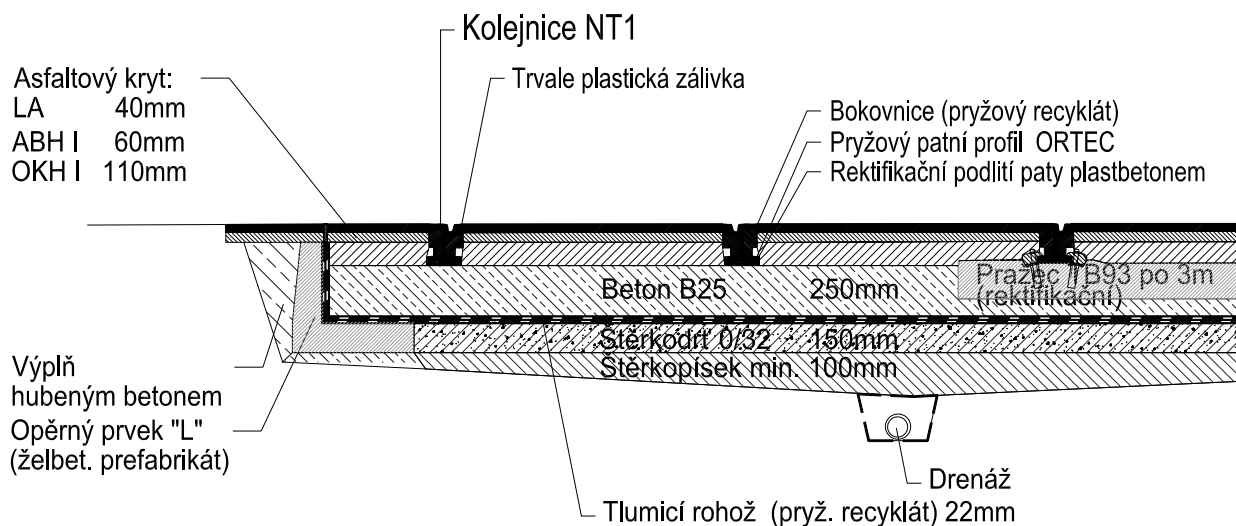


*) Betonový TB93 nebo dřevěný (v kříženiích apod.)

Zatrávněný svršek kolej na příčných prázcích se zákrytem travnatým kobercem



System „Hmota – Pružina“ kolej na nosné betonové desce uložené na tlumicí rohoži



Kontinuální uložení kolejnic na nosné betonové desce s použitím elastomerových profilů PHOENIX

