



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Jednotky s naklápěcí skříní

Semestrální práce do předmětu Vysokorychlostní tratě

Bc. Jan Voříšek, 2 58

Obsah

Úvod.....	3
1 Historie.....	4
2 Popis systému.....	5
2.1 Nucené nakládění.....	5
2.2 Samočinné nakládění.....	6
3 Výhody a nevýhody jednotek s nakláděcí skříní.....	7
3.1 Výhody nakláděcích jednotek.....	7
3.2 Nevýhody nakláděcích jednotek.....	7
4 Provoz nakláděcích jednotek v ČR a ve světě.....	8
4.1 Česká republika.....	8
4.2 Německo.....	9
4.3 Švýcarsko.....	10
5 Závěr.....	11
Reference.....	12
Seznam použitých obrázků.....	13

Úvod

Jak zrychlit jízdu vlaku a zároveň nestavět žádné přeložky tratí ani nebudovat nové tratě řešili konstruktéři kolejových vozidel na přelomu 60. a 70. let 20. století. Výsledkem se stala jednotka s naklápěcí skříní, která eliminuje nepříjemné boční zrychlení pro cestující jedoucí ve vlaku. Díky tomuto faktu mohla tato jednotka projíždět směrovými oblouky rychleji.

Tato semestrální práce se pokusí ve zkratce popsat historii této technologie a její používání v současnosti. Zvláště důležité je uvést výhody a nevýhody jednotek s naklápěcími skříněmi, protože zvýšení rychlosti ve směrových obloucích nese s sebou také různá omezení.

1 Historie

První úvahy a experimenty směřující k redukci příčného zrychlení působící na cestující při průjezdu vlaku obloukem, se zrodily mimo evropský kontinent v Severní Americe. Již v roce 1938 firma Pullman postavila první experimentální vůz s naklápečí skříní. Šlo o systém, který měl omezit účinky odstředivých sil, které cestující označovali termínem „mořská nemoc“. Konstrukční principy naklápečí tohoto vozu se později staly základem pasivních naklápečích systémů. Do komerčního provozu se vozy s pasivním naklápečím dostaly až o dvacet let později. Opět za projektem stála firma Pullman (systém naklápečí však už využíval patentu firmy TALGO), která v roce 1956 uvedla do provozu dvě soupravy pod názvem Train-X. Soupravy se však v provozním nasazení neosvědčily a po krátké době byly staženy kvůli špatným chodovým vlastnostem. Prvními sériově vyráběnými vlaky s naklápečí skříní se staly japonské jednotky řady 381, které byly do pravidelného provozu nasazeny od roku 1973.

V Evropě začaly v 60. letech 20. století pociťovat správy evropských železnic nutnost zvýšit cestovní rychlost v důsledku velké konkurence silniční a letecké dopravy. Jednou možností byla modernizace infrastruktury, což ovšem stálo velké finanční prostředky a trvalo to dlouho. Některé správy se tedy zaměřily na vývoj vozidel, která by umožňovala projíždět směrové oblouky s vyšším nevyrovnaným příčným zrychlením, aniž by to pociťovali cestující. V tomto ohledu patří prvenství Itálii. První prototyp, který eliminoval příčné zrychlení, byl motorový vůz FIAT Aln 668.1999. Eliminace odstředivého zrychlení nefungovala v tomto prototypu na principu, jak ho známe dnes, že se do oblouků naklápí celá jednotka, ale zde se naklápělo každé sedadlo samostatně. Byly provedeny experimenty, jak působí naklápečí na člověka, na základě kterých se rozhodlo, že se navrhne vozidlo s naklápečím mechanismem celé vozové skříně. V roce 1971 uvedla do provozu firma Fiat první elektrický vůz s naklápečí skříní. Měl označení ETR Y 0160 a díky svému neobvyklému pohybu ve směrových obloucích získal přezdívku „Pendolino“ (kyvadélko). První Pendolino s cestujícími na pravidelné lince bylo uvedeno do provozu v roce 1976. Od té doby bylo vyrobeno mnoho Pendolin, které brázdí železniční tratě zejména v Evropě, ale některá se dostala až do Asie.

Roku 1980 přišel španělský výrobce železničních vozů TALGO se svým systémem naklápečí. Jednalo se o pasivní systém naklápečí. První jednotka využívající tento systém se nazývala Talgo Pendular.



Obrázek 1 - Pendolino ETR Y 0160 [1]

2 Popis systému

Myšlenka principu naklápění vozové skříně vznikla na základě požadavku snížení nevyrovnaného příčného zrychlení, které vzniká ve směrových obloucích a působí negativně na cestující. V důsledku tohoto snížení může vozidlo, které se v obloucích naklápí, projíždět oblouky vyšší rychlostí. Vozidlo se vždy naklápí do středu směrového oblouku, v opačném případě by se příčné zrychlení naopak zvyšovalo. V současnosti existují dva principy naklápění vozové skříně: nucené (aktivní) a samočinné (pasivní)

2.1 Nucené naklápění

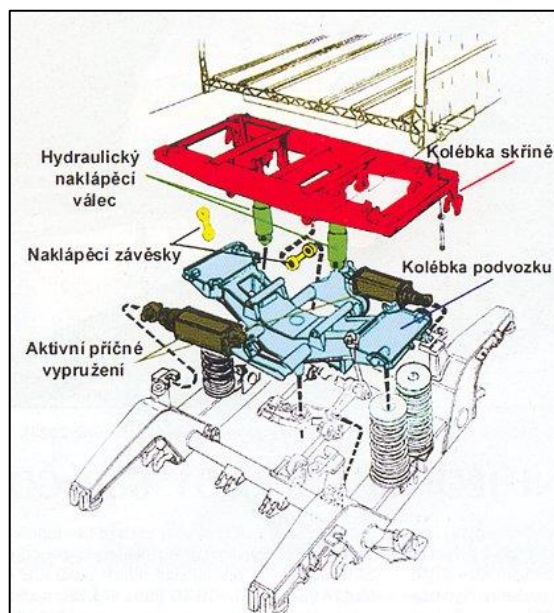
Nucené naklápění naklápí skřín na základě elektronického impulsu, který vynutí skřín naklopit, odtud název nucené. Elektronický impuls je vyslán na základě dat, která snímají snímače zrychlení a setrvačníky, a registrují tak začátek a konec směrového oblouku resp. přechodnic. Alternativou ke snímačům jsou traťové údaje, které jsou nahrány do paměti, a na základě těchto informací je vozidlo vynuceno k naklápění. Před začátkem jízdy musí být ovšem do vozidla vždy nahrán správný datový soubor a soubor musí být změněn, když dojde k odchylce z trasy, například z důvodu stavebních prací nebo nehody.

K tomu, aby se vozidlo naklopilo, je zapotřebí dodat sílu, která začne pracovat na základě onoho impulsu. Sílu zajišťuje aktivní systém naklápění. Aktivní mechanismy naklápění skříně existují dva. První je hydraulický, kde je naklápění provedeno hydraulickými válci. Tento mechanismus používají výrobci Fiat a ABB. Druhý systém je elektromechanický, kde naklápění provádí servomotor a převodovka. Tento systém využívají výrobci ADtranz a SIG.

U nuceného naklápění je osa naklápění pod těžištěm skříně. Díky tomu je možné skřín naklopit až o 8°.



Obrázek 2 – Podvozek jednotky řady 680 [7]



Obrázek 3 – Schéma uspořádání uložení skříně na podvozku u jednotky řady 680 [7]

2.2 Samočinné naklápění

Samočinné nebo také pasivní naklápění je realizováno vlivem odstředivé síly při průjezdu vozidla směrovým obloukem. Osa naklápění se nachází nad těžištěm skříně, přičemž je tato osa pevně spojena s podvozkem. Výhodou tohoto řešení je jeho poměrně jednoduchá konstrukce, která nepotřebuje téměř žádnou údržbu a není zde žádný motor nebo systém, který by spotřebovával energii. Nevýhodou je absence primárního vypružení. Další nevýhodou při naklápění je vychýlení vozové skříně do profilu, čímž se zmenšuje bezpečnost proti převržení v oblouku, proto je maximální úhel naklápění u tohoto druhu pouze 4°. Z tohoto důvodu se u samočinného naklápění zvyšuje rychlost v obloucích méně než u nuceného naklápění. Toto naklápění tedy hlavně snižuje negativní vliv odstředivé síly, která působí na cestující.



Obrázek 4 – Podvozek vlaků Talgo [4]

3 Výhody a nevýhody jednotek s naklápěcí skříní

Tento systém má zásadní výhodu ve vyšší rychlosti při průjezdu směrovým obloukem, ale také několik nevýhod. Nejdříve je ovšem nutné uvést opatření, která se musejí nacházet na infrastruktuře, aby zde mohlo být realizováno naklápění.

- 1) Základním požadavkem na provozování jednotek s naklápěcí skříní je zřízení bezстыkové koleje.
- 2) Naklápění lze použít při rychlosti minimálně 70 km/h.
- 3) Poloměr směrového oblouku musí být minimálně 250 m.
- 4) U směrových oblouků musí být přítomna přechodnice a vzestupnice. Podrobnější parametry, které musejí splňovat, jsou uvedeny v normě.
- 5) Převýšení musí mít minimální hodnotu 30 mm, ale je doporučováno minimálně 40 mm vzhledem na potřebnou délku přechodnic.

3.1 Výhody naklápěcích jednotek

Hlavní a téměř jediná výhoda těchto vlaků je možnost projíždět směrovými oblouky vyšší rychlostí než klasické soupravy. Mohou jet až o 30% rychleji než soupravy bez naklápění, které využívají maximální nedostatek převýšení 100 mm a o 22% rychleji než klasické soupravy, které používají maximální nedostatek převýšení 130 mm.

Další výhodou může být distribuovaný pohon. Ten zajišťuje lepší adhezi a také možnost v případě výpadku některého trakčního motoru dojet nouzově do cílové stanice.

3.2 Nevýhody naklápěcích jednotek

Hlavní nevýhodou pro konstruktéry těchto jednotek je nutnost dodržení menšího nápravového tlaku, než je u klasických souprav. Tento požadavek je z důvodu větších sil, které působí na železniční svršek potažmo spodek ve směrových obloucích. Pokud by nápravový tlak nebyl snížen, tak by docházelo k rychlému opotřebenosti konstrukcí železničních tratí a mohlo by docházet ke změně geometrické polohy koleje. S tím souvisí, že jednotky musí mít distribuovaný pohon, aby šlo tomuto omezení konstrukčně vyhovět. Konstrukce je tedy složitější a dražší, nehledě na to, že celou jednotku prodražuje systém naklápění.

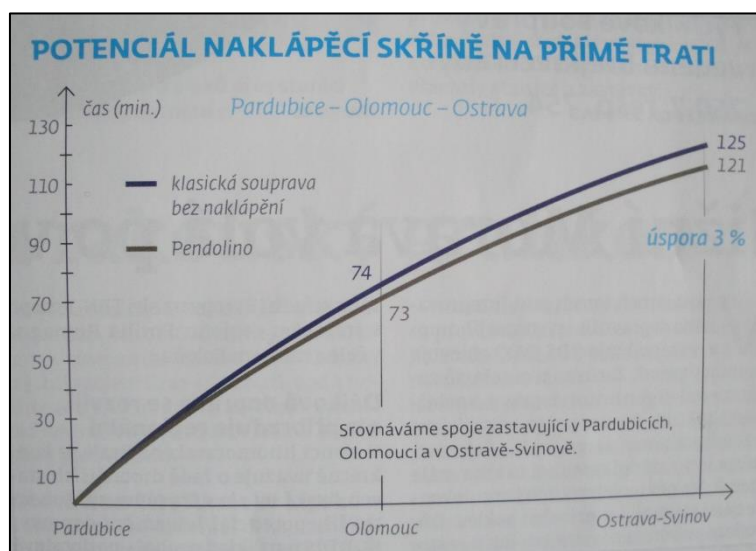
Celá jednotka také musí mít užší skříně, zejména v horních částech. Toto je nutné, aby se při naklápění jednotka nedostala mimo průjezdní průřez. Tuto nevýhodu poznají zejména cestující, pokud si budou chtít dát do políček nad sedadly zavazadla. Místa je tu v důsledku zúžení skříně méně.

Během jízdy se také může stávat, že naklápění ve směrových obloucích nebude některým cestujícím dělat dobře. Jedná se ovšem o velmi subjektivní pocit a nedá se brát jako jasnou nevýhodu tohoto systému. Můžeme to porovnat k tomu, že při jízdě silničními vozidly se také některým lidem dělá špatně.

4 Provoz naklápěcích jednotek v ČR a ve světě

Jednotky s naklápěcí skříní svůj potenciál nejvíce využijí na členitých tratích s velkým počtem směrových oblouků. Výrobci je tato skutečnost zřejmá, a proto jsou tyto jednotky homologovány do třídy 2 podle rozdělení vozidel TSI Kolejová vozidla vysokorychlostního železničního systému. To znamená, že mohou jezdit maximální rychlostí 249 km/h. Většina jednotek ovšem jezdí maximální rychlostí 230 km/h. To je totiž hranice, kdy je ještě efektivní využívat naklápění. Do rychlosti 230 km/h mohou naklápěcí jednotky využívat nedostatek převýšení až 270 mm, na rozdíl od klasických souprav, které mohou jezdit s nedostatkem převýšení maximálně 150 mm. Nicméně takto velký nedostatek převýšení se zatím nepoužívá. V současné době se využívá nedostatek převýšení maximálně 130 mm. Od rychlosti 230 km/h se už smí u naklápěcích jednotek používat nedostatek převýšení maximálně 150 mm, což už je zanedbatelný rozdíl vzhledem ke klasickým 130 mm. Z tohoto důvodu nejsou tato vozidla vhodná na VRT a modernizované tratě, kde bylo mnoho oblouků napříměno. Pokud mají jezdit po VRT, tak na tratích, kde se dosahuje menších rychlostí z důvodu členitého terénu nebo jen část trasy po VRT a potom zbytek trasy jet po konvenční trati. Dobrou volbou jsou na regionálních nebo celostátních tratích menšího významu, které se nevyplatí modernizovat nebo jejich modernizace je vzhledem k terénu nemožná (pokud nepočítáme tunelovou variantu). Nicméně nemůžeme to zaměňovat s lokálními tratěmi, kde se po většinu trasy nedosahuje ani rychlosti 70 km/h. Pod touto rychlostí totiž naklápění není možné a úspora času by tak byla nulová. Těmto požadavkům dobře vyhovují naklápěcí jednotky s nezávislou trakcí, protože tyto tratě nejsou často elektrizovány. Oprávněným důvodem k zavedení naklápěcích jednotek je potřeba snížit jízdní dobu o několik minut mezi dvěma taktovými uzly.

4.1 Česká republika



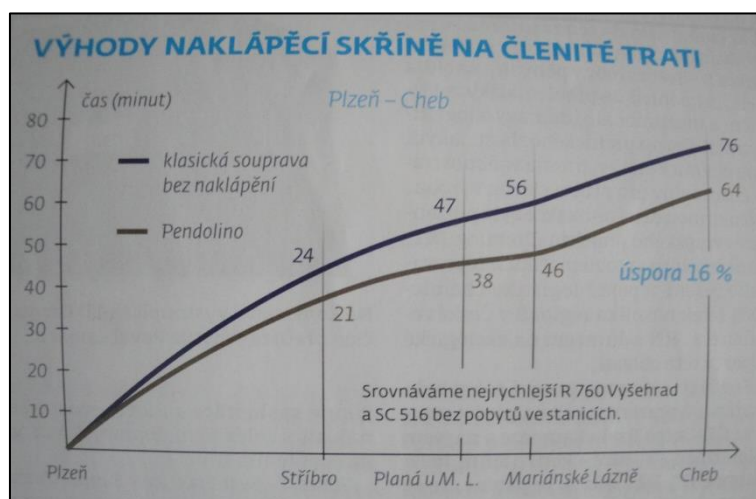
Obrázek 5 – Potenciál naklápěcí skříně na přímé trati [2]

Česká republika má pro používání jednotek s naklápěcími skříněmi dobré geografické poměry. Mnoho tratí je zde členitých, ale většinou nesplňují nutné podmínky k provozování těchto jednotek. Národní dopravec ČD ovšem vlastní pouze 7 jednotek řady 680 Pendolino. Vzhledem k takto malému počtu mohou jezdit pouze na jedné lince. Naneštěstí je provozují na nejméně vhodné trati. Původně měly jezdit na trase Praha – Berlín – Vídeň, ale vzhledem k malému počtu jednotek zde jezdit

nemohou. V současné době jezdí zejména na trase Praha – Česká Třebová – Ostrava, kde se nachází jen minimum směrových oblouků a potenciál Pendolina zde není plně využit. Tato skutečnost vznikla z důvodu konkurence na této trati. ČD proto nasadily do konkurenčního boje nejlepší vozy, které mají. Navíc se snaží konkurovat jízdou dobou, i když je kratší pouze o 7 minut. Pendolino zvládne trasu Praha hl.n. – Ostrava hl.n. za 3 hodiny a 6 minut a spoj společnosti Leo Express s klasickou soupravou za 3 hodiny a 13 minut. Úspora tedy činí pouhých 3%. Dalším důvodem pro provozování jednotek s naklápačím skříním na této lince byl fakt, že toto byla jedna z prvních tratí, která prošla modernizací a umožňovala provoz vozidel s naklápačím skříním.

V současné době jezdí jeden pár Pendolina denně z Prahy do Košic. Opět je zde časová úspora cca 3%, která je navíc částečně dán faktem, že Pendolino obsluhuje méně tarifních bodů a má tak kratší pobyt ve stanicích.

Dva páry denně také zajíždějí z Prahy do Chebu z toho jeden až do Františkových Lázní. Toto je jediná trasa, na které se plně využívá potenciál naklápačím skříním. Z Plzně do Chebu činí časová úspora 16%.



Obrázek 6 – Výhody naklápačím skříním na členité trati [2]

Dříve jezdily Pendolina například z Prahy do Bratislavy přes Brno. Pendolino zvládalo cestu z Prahy do Brna za 2 hodiny a 23 minut. Stejná cesta zabrala klasické soupravě 2 hodiny a 42 minut. Úspora tedy činila 11%, což není špatné. Dnešní doba taktového grafikonu ovšem vyžaduje, aby všechny spoje jely stejně dlouho a vzhledem k tomu, že z Prahy do Vídně jezdí klasické soupravy, tak se nedá předpokládat obnovení cest Pendolin do Brna. Přestože je to zajímavá relace i s ohledem na to, že jízdní doba byla kratší než cesta autobusem na stejné relaci. Železnice zde tedy mohla úspěšně konkurovat silniční dopravě, přestože vzdálenost mezi těmito dvěma městy po silnici je cca o 50 km kratší než vzdálenost po železnici.

4.2 Německo

Německé dráhy disponují několika jednotkami s naklápačím systémem. Mezi vysokorychlostní patří jednotka ICE-T. Zajímavá je jednotka ICE-TD, což je motorová jednotka schopná vyvinout rychlost až 200 km/h. Pro regionální tratě mají jednotky 610, 611 a 612. Všechny tři jednotky mají maximální rychlost 160 km/h. DB tedy mají různorodé jednotky s naklápačím skříním, které mohou jezdit od regionálních tratí až po vysokorychlostní tratě. Tato flotila má ovšem jednu chybu. Naklápačím skříním systém je u jednotek ICE-T a ICE-TD vypnutý. K tomuto preventivnímu opatření přistoupili Němci po

lomu nápravy na jednotce ICE3. Na jednotkách řady 610 a 611 se problémy s naklápečí technikou objevovaly již dříve. Poté co se přestal používat naklápečí systém na jednotce ICE-TD, tak na trasu Drážďany – Mnichov vypravovaly DB místo této jednotky jednotku řady 612. Šestnáct jednotek z této řady dokonce přebarvily do designu ICE. Ovšem po roce provozu na této trati byl i u této jednotky vypnut systém naklápečím. Zapříčinily to trhliny, které se objevily na řadě dvojkolí. Dnes jsou tyto jednotky vybaveny modernějšími nápravami a je u nich zkrácena doba mezi revizními prohlídkami. Systém naklápečí se tedy opět používá a řada 612 tvoří páteř rychlé regionální dopravy na neelektrizovaných tratích.



Obrázek 7 – Jednotka řady 612 při naklápečí [12]

4.3 Švýcarsko

Švýcarské dráhy SBB vlastní jednotky s naklápečí skříní RABDe 500. Švýcarsko je hornatá země, tratě zde jsou tedy velmi členité a naklápečí jednotky tu mají velký potenciál. Navíc Švýcarsko je zemí integrálního taktového grafikonu a tak tam, kde chybí pár minut do taktu, se naklápečí jednotky velmi dobře uplatní. Jednotky RABDe 500 jezdí například na trase Geneva – Biel – Basel.

V roce 2010 podepsaly SBB kontrakt s Bombardier Transportation na dodání dvoupodlažních vlaků TWINDEXX. Tyto jednotky budou disponovat samočinným naklápečím systémem. Švýcarské dráhy se chystají nasadit jednotky na trasy Bern – Lausanne a Curych – St. Gallen. Po použití těchto jednotek dojde ke zkrácení jízdní doby mezi těmito městy pod jednu hodinu a stanou se tak plnohodnotnými taktovými uzly.

5 Závěr

Jednotky s naklápečí skříní jsou zajímavá možnost, jak zkrátit jízdní dobu. Nicméně jsou dražší a mají některé další nevýhody. Jejich nasazení do provozu je potřeba si dobře rozmyslet. Velmi dobrou volbou jsou při potřebě zkrátit jízdní dobu kvůli taktu. Toto uplatnění plní ve Švýcarsku a je dobré si z tamní strategie vzít příklad.

Další dobrou volbou je jejich použití na regionálních neelektrizovaných tratích, kde mohou výrazně ušetřit čas. Zde cestující obvykle dojíždějí každý den do práce a za každou minutu, kterou ušetří při každodenním dojíždění, budou vděční. Takovéto uplatnění by si naklápečí jednotky jistě našly i v ČR. Ovšem samozřejmě po potřebné optimalizaci či rekonstrukci jednotlivých tratí. Jako naprosto nevhodné použití se jeví na tratích s minimem směrových oblouků. Tam dochází k ušetření jízdních dob pouze okolo 3%.

Reference

- [1] Vozidla s naklápečí skříní v Evropě. online: <http://spz.logout.cz/vozidla/pendolino.html>. citace 2015-01-09
- [2] Šťáhlavský. Pendolino: 25 let provozu hřebců z italské stáje. in: *Železničář*. 2013, ročník 20, číslo 24.
- [3] Automotrice FIAT Y 0160 – Wikipedia. online: http://it.wikipedia.org/wiki/Automotrice_FIAT_Y_0160. publikace 2014-11-30. citace 2015-01-09
- [4] Talgo – Wikipedie. online: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Talgo>. publikace 2013-11-16. citace 2015-01-09.
- [5] Plášek. Jednotky s naklápečími skříněmi. online: <http://public.rfx.cz/Lienert/Jednotky%20s%20nakl%20p%20ECc%20sk%20F8%20EDn%20ECmi.pdf>. citace 2015-01-09
- [6] Široký. Naklápečí technika u ICE vlaků. online: <http://rail.sk/ice/ict03.htm>. publikace 2001-06-04. citace 2015-01-09
- [7] Konečný. Elektrická vysokorychlostní jednotka řady 680 ČD. online: http://spz.logout.cz/vozidla/680/680_cd.html. citace 2015-01-09
- [8] Pernička. Pendolino a „nePendolino“. in: *Železniční magazín*. 2013, ročník 20, číslo 12.
- [9] Knižní jízdní řady (platné od 14. 12. 2014). online: <http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/knizni-jizdni-rady.html>. publikace 2014-12-14. citace 2015-01-18
- [10] ICE T – Wikipedia. online: http://de.wikipedia.org/wiki/ICE_T#Einsatz_in_der_Schweiz. publikace 2015-01-06. citace 2015-01-18
- [11] DB Class 605 – Wikipedia. online: http://de.wikipedia.org/wiki/DB-Baureihe_605. publikace 2014-12-23. citace 2015-01-18
- [12] RegioSwinger – Wikipedia, the free encyclopedia. online: <http://en.wikipedia.org/wiki/RegioSwinger>. publikace 2014-02-17. citace 2015-01-18
- [13] SBB-CFF-FFS RABDe 500 - Wikipedia, the free encyclopedia. online: http://en.wikipedia.org/wiki/SBB-CFF-FFS_RABDe_500. publikace 2014-09-23. citace 2015-01-18
- [14] Vyka. Dopravní web SBB se nevydá cestou Českých drah. online: <http://dopravni.net/zeleznice/6690/sbb-se-nevyda-cestou-ceskych-drah>. publikace 2010-05-22. citace 2015-01-18

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Pendolino ETR Y 0160.....	4
Obrázek 2 – Podvozek jednotky řady 680.....	5
Obrázek 3 – Schéma uspořádání uložení skříně na podvozku u jednotky řady 680	5
Obrázek 4 – Podvozek vlaků Talgo	6
Obrázek 5 – Potenciál naklápací skříně na přímé trati.....	8
Obrázek 6 – Výhody naklápací skříně na členité trati.....	9
Obrázek 7 – Jednotka řady 612 při nakládání.....	10