

Tunelovacie metódy použité pri výstavbe železničných tunelov v slovenskej republike

Jozef Čížik¹

Tunneling methods used at the railway tunnels construction in Slovak republic

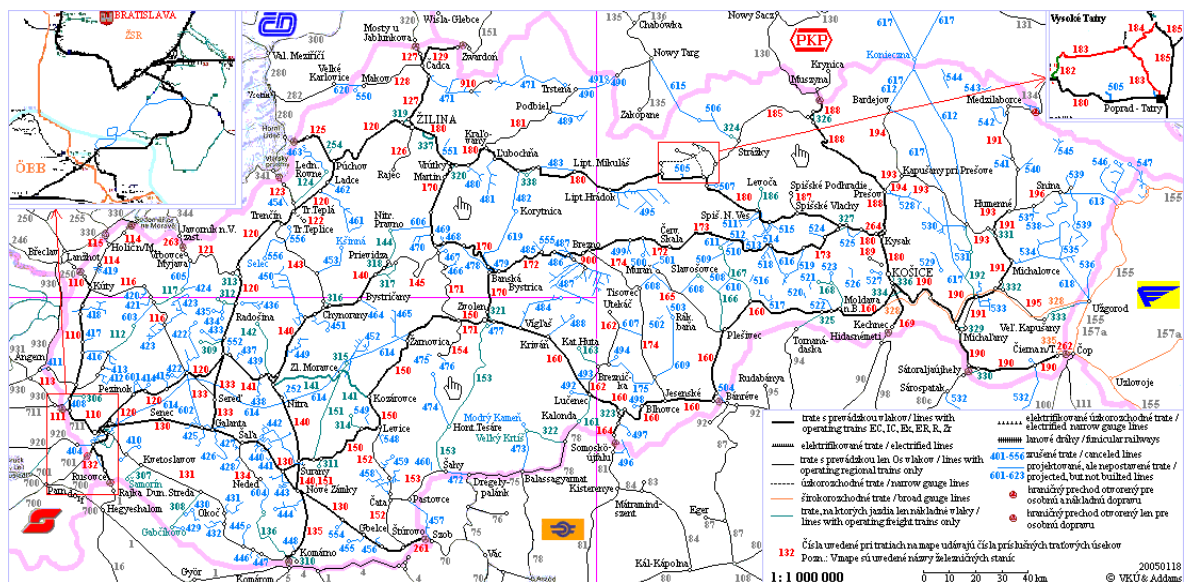
Rail transport is an energy-efficient and capital-intensive means of mechanized land transport. Methods of tunneling vary with the nature of the material to be cut through. When soft earth is encountered, the excavation is timbered for support as the work advances; the timbers are sometimes left as a permanent lining for the tunnel. Another method is to cut two parallel excavations in which the side walls are constructed first. Arches connecting them are then built as the material between them is extracted. Portions of the unexcavated center, left temporarily for support, may be removed later. A tunnel cut through rock frequently requires no lining. Often, to speed construction, work is started at both ends. This poses no problem with the cut-and-cover method, but when the tunnel is bored from within, it must be assured that the tubes will actually meet in the center. Modern methods accomplish this with high precision.

Key words: lining, timbering, tunnel, reinforcement

Úvod

Pre povojnovú hospodársku rekonštrukciu Slovenska malo mimoriadny význam obnovenie železničnej dopravy z Handlovej do ostatných častí krajiny, lebo dodávky uhlia určovali obnovenie výroby v priemyselných závodoch a elektrárnach. Od dodávok uhlia bola závislá aj rekonštrukcia samotnej železničnej dopravy. Bratislava, hlavné mesto Slovenska, bola politickým, administratívnym a dôležitým priemyselným centrom krajiny. Preto obnovenie železničného spojenia Handlovej s Bratislavou bolo jednou z prvotných úloh pri rekonštrukcii dopravy.

Z dôležitých spojov bolo potrebné dokončiť rekonštrukciu trate Zvolen - Margecany, čo sa podarilo do konca roku 1945. V poslednom štvrtroku boli odovzdané do užívania aj niektoré vedľajšie trate. S výnimkou niekoľkých menej významných spojov bola do konca roku 1945 železničná sieť zrekonštruovaná. Obnovenie železničnej dopravy po severnej slovenskej magistrále (obr. 1) malo veľký význam pre ďalší vývoj Slovenska, najmä pre rekonštrukciu priemyslu v jeho východných oblastiach. Umožnilo zásobovanie východoslovenského priemyslu handlovským a ostravským uhlím, ako aj surovinami, čo bolo predpokladom obnovenia výroby.



Obr. 1. Tunely na železničných tratiach v Slovenskej republike.
Fig. 1. The tunnels on railways in the Slovak Republic.

¹ Ing. Jozef Čížik, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 10. 10. 2007)

Tunely na železničných tratiach

Dokončovanie výstavby železníc na Slovensku v období po 2. svetovej vojne si vyžiadalo vybudovať nové tunely na tratiach Podolíneč – Plaveč (rozostavané počas vojny), Hronská Dúbrava – Banská Štiavnica (Banskoštiavnický tunel), Rožňava – Turňa nad Bodvou (Jablonovský) a na zdvojkolažovanej trati Vrútky – Košice (Kraľovanský – rozpracovaný počas vojny, Ružinský a Bujanovský – najdlhší dvojkolažný tunel na Slovensku, dlhý 3140,7 m).

Pri ich výstavbe tradične dominovala tzv. rakúska alebo rakúska modifikovaná metóda, iba v prípade Bujanovského tunela bola uplatnená v obmedzenom rozsahu belgická tunelovacia metóda. V oporách týchto tunelov prevládal betón, na klenby bolo používané kamenné murivo alebo i betónové tvárnice (Bujanovský a Ružbašský tunel), Jablonovský a Ťahanovský tunel mal z betónu celú obmurovku. V izolácii tunelov sa okrem tradičného betónu s prísadou tricosalu a vlnitého alebo pozinkovaného plechu, resp. asfaltových dosiek objavil systém medziľahlej izolácie asfaltovou lepenkou, jutovou vložkou a asfaltovým náterom, kombinovaný s ochranným murivom z betónových tvární (Ružinský, Ťahanovský a Jablonovský tunel). Mechanizácia používaná pri výstavbe tunelov zostávala na úrovni predošlého obdobia. Pri opravách tunelov v 80. rokoch sa začala uplatňovať progresívna technológia, využívajúca stratené debnenie z oceľových skruží (Tubosider – technológia využitá pri oprave bratislavského tunela), vrstva striekanej aktivovanej cementovej zmesi (anglická licencia Aerocem), alebo striekaný betón na oceľovú sieť, kotvenú na sanované tunelové murivo (Jablonický tunel). Zoznam niektorých vybudovaných železničných tunelov na Slovensku uvádza tabuľka.

Tunelovacie systémy použité pri výstavbe železničných tunelov

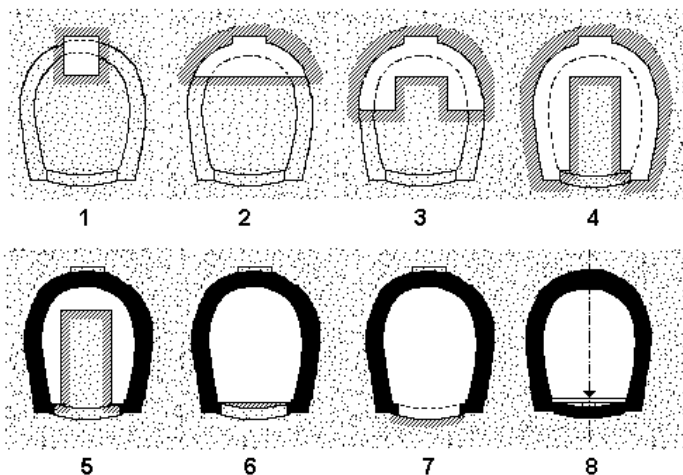
Podľa toho, ako sa vytvára tunelový profil, vytvorilo sa v priebehu rokov niekoľko odlišných pracovných metód. Všetky vznikli v prvých desaťročiach 19. storočia, v dobe, kedy sa ľudia chystali raziť cesty železnicami a nepozerali sa na prekážky, ako sú hory, rieky a morské úžiny.

Jadrová (nemecká) sústava

V roku 1800-1803 sa razil prieplyavový tunel pri Tronquoi. Bol to prvý tunel vyše 4 m široký, razený v tlačivej hornine. Keďže chýbali skúsenosti, použili sa prvky z razenia štôlní, v priestore pre obmurovku sa razila jedna štôlna za druhou a súčasne sa murovalo. Uprostred zostala nevyrúbaná časť horniny (jadro), ktorá sa odstránila až pod ochranou hotovej obmurovky, podľa nej sa nazýva jadrovou sústavou.

So začiatkom výstavby železníc v Nemecku súvisí zdokonaľovanie tunelovacej sústavy (obr. 2). V Sasku v roku 1837 pri stavbe tunela pri Köningsdorfe použili jadrovú sústavu, ale s pozdĺžnikovú výdrevu, ktorá už vtedy bola známa z iných tunelovacích sústav, odtiaľ vznikol pre tento spôsob práce názov nemecká sústava.

Výhodou jadrovej sústavy je to, že zostáva neporušené jadro pôvodnej horniny, o ktoré možno opierať výdrevu, takže netreba vydrevovať celý prierez a uspori sa drevo, ďalej možno pri ťažení jadra pod ochranou hotovej obmurovky použiť rýpadlo. Pri tomto spôsobe odpadá výdrevu väčšieho priestoru, čo je veľká výhoda. Nevýhodou je to, že všetky práce sa robia v úzkych štôlniach, ak nie je hornina pevná, výdrevu aj obmurovka sa ľahko deformuje. Ak je naopak jadro príliš pevné a musí sa odstreľovať, môže sa pri tom hotová obmurovka ľahko poškodiť. Preto je jadrová sústava za normálnych okolností vhodná len v tuneloch väčšej šírky, než je šírka dvojkolažného tunela.

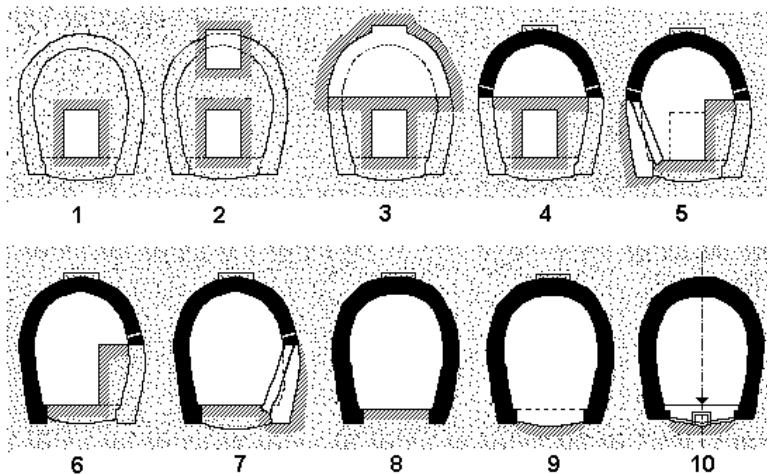


Obr. 2. Razenie stropnej štôlnie (1), razenie hornej časti kaloty smerom do strán (2,3), razenie oboch opôr (4), stredné jadro sa odkope po vymurovaní tunelovej rúry (5).

Fig. 2. Excavation roofing parts of tunnel (1), excavation of the upper parts calotte in direction to sides (2,3), excavation of both supports (4), core in the middle is dug away after tunnel arch is masonned (5).

Belgická sústava

V roku 1828 vznikla v Belgicku pri stavbe tunela na priplave vedúceho z Charleroy do Bruselu iná tunelovacia sústava. V tlačivej časti otvorili ryhu, v ktorej vymurovali klenbu a potom vo výruboch túto klenbu podmurovali. Podľa toho potom v menej tlačivej časti otvorili kalotu (prístropie, tj. vrchnú časť prierezu až po klenbové pätky), vymurovali klenbu a postupným podchycovaním ju podmurovali. Tým bol daný základ podchycovacej sústavy, ktorá sa nazýva aj belgickou sústavou (obr. 3).



Obr. 3. Razenie spodnej štôľne (1), razenie stropnej štôľne (2), výlom celej kaloty (3), vymurovanie klenby (4), výlom v bočných častiach na celú výšku profilu (5), murovanie opôr (6-8).
Fig. 3. Excavation of the lower tunnel (1), excavation of the upper tunnel (2), breakup whole calotte (3), masonning arch (4), breakup in the lateral parts on whole profile (5), masoning supports (6-8).

Tento pracovný postup prešiel behom doby používaním svojím vývojom. Dnes sa pri ňom spravidla začína raziť spodná smerová štôľňa. Z nej sa prejde zálomy - výlomy do stropu - k temenu tunela, kde sa vyláme ihneď celý priestor klenby – kalota; klenba sa tu ihneď tiež obmuruje. Až potom sa na jednej strane po častiach vylamuje bok v celej výške, pričom sa hotová klenba podopiera v pätke vzperami. Nakoniec sa obmurujú opory. To sa robí, najskôr na jednej a potom na druhej strane tunelového profilu. Výhodou podchycovacej sústavy je úspora práce a výdrevy (vylamuje sa vo voľnejšom priestore pod ochranou predtým vymurovanej klenby) a možnosť mechanizácie výlomu spodnej časti. Ďalšou výhodou je, že klenba sa obmuruje ihneď po vylámaní kaloty, takže strop nestojí dlho na dreve. Nevýhodou je, že klenba trpí trhacími prácami pri prehľbovaní výrubu v tvrdých horninách a pri podchytávaní v mäkkých horninách môže popukať. Pre svoje výhody a nevýhody sa táto sústava striedavo obhajovala a zavrhovala.

Taliánska sústava

Špeciálnou a málo používanou sústavou je tzv. taliánska sústava. Názov je odvodený od toho, že sa metóda použila pri výstavbe väčšiny tunelov v Taliánsku, vo veľmi tlačivej hornine - po neúspechu belgickej a rakúskej sústavy - v železničnom tuneli Cristina (1867-1871) a Gattico (1902-1905).

Má viac-menej charakter núdzového riešenia tam, kde sa v krátkych úsekoch narazilo na veľmi nepriaznivú horninu. Riadi sa okamžitými požiadavkami bezpečnosti. Užíva sa pre najťažšie prípady a jej úspech závisí jedine od pohotovosti a vtipu staviteľov. "Rúbať čo najmenší priestor a výrub ihneď definitívne zaistiť," to je asi tak stručné heslo Talianov.

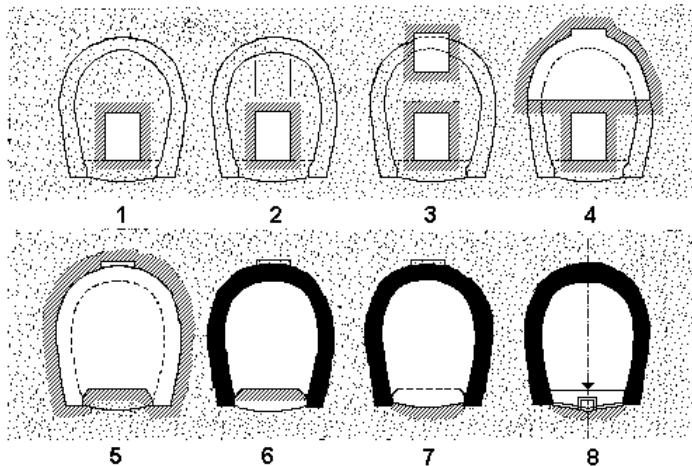
Charakteristické je, že priestor sa vylamuje po veľmi malých čiastkových výruboch, ktoré sa ihneď zamurujú, a že sa používa aj provizórne murivo, ktoré sa potom zase odstráni. Použitie taliánskej sústavy je teda obmedzené.

Rakúska sústava

Rakúska tunelovacia sústava vznikla v roku 1837 pri stavbe 512 m dlhého tunela v Oberau (pri Drážďanoch, železnica Drážďany - Lipsko, r.1837-1840). V roku 1839 ju zdokonalili pri stavbe prvého rakúskeho tunela v Gumpoldkirchene na trati Viedeň - Gloggnitz. Pretože ju potom veľmi často používali práve v tejto krajine, volá sa rakúska (stará rakúska).

Začína sa pri nej s razením spodnej smerovej štôľne, z nej sa prechádza zálomom k stropu, kde sa potom razi horná smerová štôľňa. Z nej sa rúbe do strán a do hĺbky celá kalota. Pracuje sa postupne po pásoch tak, že výška kaloty sa delí na niekoľko stupňov. Pri práci sa stropná štôľňa rozširuje a vyberá sa v jednom páse na úroveň prvého stupňa, v susednom páse na úroveň stupňa druhého, v ďalšom sa potom spravidla dobýva až na dno kaloty. Pritom sa stále dopĺňa výdrev, takže tu nakoniec vznikne veraj z guľatiny, ktorá podopiera priečne uložené drevené stojky v klenbe, za ktoré sa zaťažujú pozdĺžne pažnice. Keď je kalota vylámaná, prerazi sa stropná časť medzi hornou a spodnou štôľňou a po podopretí hornej časti výdrevy zdola stĺpmi prejde sa k výlomu opôr, a tým celého tunelového profilu. Až potom sa prechádza k obmurovaniu podmurovky. Obmuruje sa od základov hore k záveru klenby. Všetky práce tu prebiehajú plynulo. S prácou

do susedného pásu sa neprechádza až vtedy, až je jeden pás vylámaný a obmurovaný, ale pracovné fázy sú vždy rozdelené na celý rad pásov. Práce postupujú vpred tak, že po prerazení smerovej štôlne sa razí v prvom pracovisku horná štôlňa, v ďalšom sa rozširuje výlom a na konci sa obmuruje. Takto sa postupuje pás po pásu plynulo stále dopredu bez prerušenia.



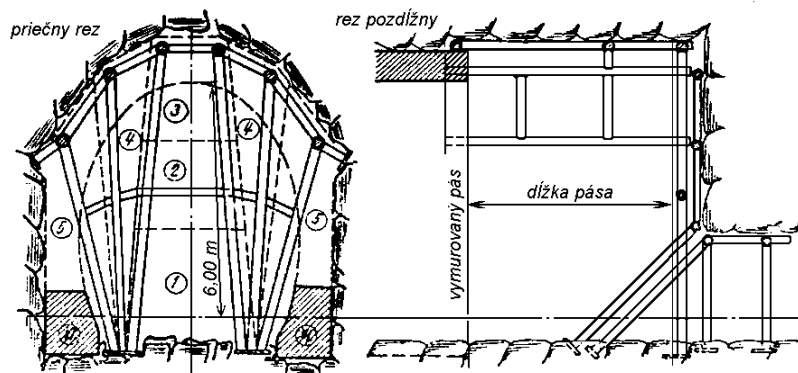
Obr. 4. Razenie spodnej štôlne (1), zálom k stropu (2), razenie hornej štôlne (3), razenie celej kaloty (4), razenie celého profilu (5) murovanie klenby (6).

Fig. 4. Excavation of the lower tunnel (1), face cut on roof (2), excavation of the upper tunnel (3), excavation the whole calotte (4), excavation the whole profile (5), masonry arch (6).

Ako všetky ostatné, tak aj táto sústava bola zlepšovaná a urobila značné zmeny. Pôvodný spôsob priečnej výdrevy v smere osi tunela, kde sa pažnice zaťahovali za priečniky, bol zmenený za podĺžnikovú výdrevu, pri ktorej sa pažnice zaťahujú za pozdĺžniky, naprieč k osi tunela.

Angličania si rakúsku sústavu upravili tak, že navrhli plynulosť práce a robenie výlomu a obmurovky vždy len v jednom pásu - anglická sústava. Najprv sa razí spodná štôlňa, z ktorej sa prejde dostropným zárubom na temeno výrubu a potom sa postupne vyrúbe zvyšok prístropia a opôr. Paží sa zaťahovaním pozdĺžnikov, ktoré sa jedným koncom opierajú o kraj muriva predchádzajúceho pásu a druhým o priebežné stojky, postavené mimo pásu, čím sa získa dostatočné miesto pre murivo. Nevýhodou však je obtiažne zabezpečenie vysokého čela výrubu. Ak je hornina silne tlačivá, používa sa tzv. moderná rakúska tunelovacia sústava (obr. 5), ktorá vznikla po r. 1853 pri stavbe Krasovej železnice v Rakúsku. Je to vlastne sústava anglická, v nej však bola organizácia práce upravená tak, že sa dá pri nej kedykoľvek prejsť od práce v samostatných pásoch k práci plynulej a dá sa stále viac prispôbovať meniacim sa tlakom v hornine.

Touto sústavou sa razili veľké alpské tunely, začínajúc prvým Simplonským tunelom (1891-1896) až po väčšiu časť druhého Simplonského tunela (1912-1921), takže v nej vyvrcholilo umenie tradičnej školy alpských tunelárov. Aj u nás bola táto sústava najpoužívanejším spôsobom a použila sa pri stavbe takmer všetkých tunelov, ktoré sa budovali po prvej svetovej vojne pre zhustenie železničnej siete na Slovensku. Naši tunelári postupovali teda - aspoň pri stavbe železničných tunelov - osvedčenou cestou určenou tradíciami alpského tunelovania, a tak sa stálym opakovaním rakúskej sústavy nepripravovala cesta na zavedenie moderných sústav. Rakúska sústava má totiž najvýznamnejšie znaky klasickej tunelovacej sústavy a postupom síce bezpečným, ale ťažko prispôsobiteľným požiadavkám mechanizácie.



Obr. 5. Moderná rakúska tunelovacia metóda.

Fig. 5. Modern Austrian tunneling method.

Tieto tunelovacie spôsoby, aj keď majú názvy národov, ktoré si ju osvojili, nevznikli na základe nejakej vedeckej činnosti. Ani jedna z týchto tunelovacích sústav sa nepoužíva v pôvodnej forme. Vznikli živelne, pridávaním nových a nových skúseností, získaných často s ťažkými stratami na životoch pri každej novej stavbe. Existujú ešte ďalšie tunelovacie sústavy, ale u nás sa pri stavbách železničných tunelov nepoužili (väčšina tunelov na Slovensku bola stavaná rakúskou tunelovacou sústavou, niektoré aj metódou belgickou). Najnovším spôsobom tunelovania, ktorý sa v tunelárskej praxi vyvinul pri využívaní mechanizácie u technických tunelových zariadeniach, je spôsob plného výlomu.

Tab. 1. Železničné tunely na Slovensku.
Tab. 1. Railway tunnels in the Slovak Republic.

Železničné tunely	Dĺžka [m]	Rok výstavby	Poznámka
Trat' Bratislava - Břeclav			
Lamačský I	703,6	1844-1848	dvojkoľajný (spleť), tunelová rúra 600 m + 103 m otvorený výkop
	594	1899-1900	skrátenejší pri predĺžovaní lamačského záhlavia hl. st. vetracia šachta bez ventilátora
Lamačský II	595,61	15.12.1900-koniec sept. 1902	spojený štôľňou s Lamač I
Trat' Trnava - Kúty			
Jablonický	900	29.3.1897-máj 1898	
Trat' Hronská Dúbrava - Banská Štiavnica			
Banskoštiavnický (Kolpašský)	1194,5	29.9.1943-1949	
Trat' Zvolen - Košice			
Jablonovský	3148	27.10.1951-polovica 1954	
Kriváňský*	321	obdobie 1863-1871	od 1980 zárez trate
Pílianský*	121	obdobie 1863-1871	nepoužíva sa od cca 1983
Trat' Banská Bystrica - Diviaky - Vrútky			
Čremoňiansky (Dr. E. Beneša, A. Hlinku)	4697,15	24.9.1936-1940	najdlhší na ŽSR (ČSD) vetracia šachta s ventilátorom
Greheľský I (Dr. Rudolfa Bechyně)	1300	1938	
Japeňský I	1133	8.3.1937-1939	
Japeňský II (Dr. Milana Hodžu)	756	1.9.1937-1939	
Banskobystrický (Kačický)	349,8	1938	
Trat' Zvolen - Hronská Dúbrava - Diviaky			
Telgártsky (Kornela Stodolu, Švermovský)	1239,4	31.5.1931-1933	
Besnický	848,5	1934	najvyššie položený na ŽSR
Sohler (Sohlegrund)	658,2	obdobie 1870-72	galéria do km 256,605
Trat' Jesenské - Brezno			
Tisovecký	770	11.11.1940-14.3.1944	
Trat' Košice - Žilina			
Bujanovský	3410,7	február 1951-12.9.1955	s osvetlením, najdlhší dvojkoľajný na ŽSR (ČSD), vetracia šachta s ventilátorom
Ťahanovský II	320	február 1951 - marec 1954	dvojkoľajný
Trat' Kraľovany - Trstená			
Thurzovský (Oravský)	95,6 dnes 98	1898	
Trat' Prešov - Strážske - Humenné			
Nemcovský (Pod Petičom)	450	1939-1943	
Strážčanský	304,5	1939-1942	

Záver

V dôsledku vojnových udalostí 2. sv. vojny, bolo v Slovenskej republike zničených 73 % pozemných zložiek, 90 % dorozumievacích prostriedkov, 60 % dorozumievacích zariadení, atď. Zničené a poškodené

boli aj železničné budovy, vedľajšie stavby, vodárne, vodné žeriavy, výhrevne, točne, hradlové búdky, skladištia, nakladacie rampy a ďalšie zariadenia. Obnovenie železničnej dopravy na Slovensku malo veľký význam pre povojnovú rekonštrukciu hospodárstva, najmä priemyslu a umožnilo postupnú konsolidáciu verejného života. Viaceré tunely, mosty a ďalšie dopravné zariadenia boli pre nedostatok mostných konštrukcií a ďalšieho materiálu opravené často len provizórne. Preto rekonštrukcia dopravy a samotná výstavba a oprava tunelov sa realizovala aj v ďalších rokoch. V súčasnosti sa na území Slovenskej republiky nerealizuje výstavba nových železničných tunelov. Avšak neustály monitoring a opravy týchto banským spôsobom razených dopravných diel je nevyhnutný.

Literatúra – References

- Streit, J.: Stavíme tunely, *SNDK, Praha 1954*.
Mencl, J., Mencl, V.: Štôlne a tunely, *SVTL Bratislava, SNTL Praha 1962*.
Sedláček, J.: Tunelovanie, *SVTL, Bratislava 1962*.
Vrabc, E.: Vlastivedný časopis, *35, 1986*.
Kožuch, M.: Tunely na koľajových tratiach na Slovensku
<http://rail.sk>, 2002.