

Obsah

1	Přehled problematiky	13
2	Historický exkurz a perspektivy výstavby	19
2.1	Období starověku a středověku	19
2.2	Období novověku (16. století až 1. polovina 20. století)	21
2.3	Druhá polovina 20. století do současnosti	24
2.4	Perspektivy další výstavby	26
2.5	Dopravní tunelové stavitelství v České republice	27
2.5.1	Historický vývoj	27
2.5.1.1	Železniční tunely	27
2.5.1.2	Silniční tunely	28
2.5.2	Rozvoj moderních technologií v podzemním stavitelství	29
2.5.3	Období od roku 1960 do roku 1990 – prstencová metoda a nemechanizované štítování	30
2.5.4	Období od roku 1990 do současnosti – Nová rakouská tunelovací metoda	31
2.5.5	Perspektivy další výstavby	34
3	Evropské a národní normy, terminologie	37
3.1	Evropské a světové standardy	38
3.1.1	Směrnice Evropského parlamentu a Evropské rady určující minimální bezpečnostní požadavky na transevropskou silniční síť	39
3.1.2	Porovnání českých a zahraničních standardů	42
3.2	Národní standardy	46
3.3	Terminologie a definice vybraných pojmů	47
3.3.1	Vybrané pojmy z oblasti bezpečnosti	47
3.3.2	Vybrané pojmy z oblasti stavebního řešení tunelů	50
3.3.3	Vybrané pojmy z oblasti technologického vybavení tunelů	53
3.3.4	Vybrané pojmy z oblasti dopravy v tunelu	55
3.3.5	Vybrané pojmy z oblasti provozu tunelů	56
3.4	Závěr	58

4	Výstavba a konstrukce tunelů	61
4.1	Základní názvosloví	61
4.1.1	Rozpojování	61
4.1.2	Vyztužení	64
4.2	Rozdělení podzemních staveb	65
4.2.1	Rozdělení podle dispozičního uspořádání	65
4.2.2	Rozdělení podle způsobu provádění	66
4.2.3	Rozdělení podle účelu použití	66
4.3	Základní návrhové prvky podzemních objektů	67
4.3.1	Příčný průřez železničních tunelů	67
4.3.2	Příčný průřez silničních a dálničních tunelů	68
4.3.3	Směrové řešení	69
4.3.4	Sklonové poměry	69
4.4	Provádění ražených podzemních staveb	70
4.4.1	Zásady cyklického způsobu ražení	70
4.4.2	Vrtání, nabíjení, odstřel	70
4.4.3	Beztrhavinové rozpojování	74
4.4.4	Nakládání a odvoz rubaniny	75
4.4.5	Provizorní výztuž	75
4.4.5.1	Výdřeva	75
4.4.5.2	Ocelová výztuž	76
4.4.5.3	Svorníková výztuž	78
4.4.5.4	Stříkaný beton	80
4.5	Tunelovací metody při cyklickém způsobu ražby	81
4.5.1	Klasické tunelovací metody	81
4.5.2	Konvenční tunelovací metody	82
4.5.2.1	Prstencová metoda	82
4.5.2.2	Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM)	83
4.6	Plynulá ražba pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů	85
4.6.1	Razicí stroje (TBM – Tunnel Boring Machines)	87
4.6.2	Štíty	88
4.6.2.1	Štíty s postupným pobíráním v čelbě	90
4.6.2.2	Štíty s plnoprofilovým pobíráním v čelbě	91
5	Tunel jako dopravně-telematický systém	95
5.1	Úvod	95
5.2	Definice dopravně-telematického systému	96
5.2.1	Pojem systému	96
5.2.2	Cílová funkce	98
5.3	Modely tunelového systému	100
5.3.1	Vertikální dekompozice dopravně-telematického systému	100
5.3.2	Hierarchická dekompozice tunelového systému	100
5.3.3	Požadavky na popis procesů	102
5.4	Silniční tunel jako součást telematického systému	102
5.4.1	Kategorizace tunelových subsystémů	103
5.4.2	Hierarchie řízení dopravy	107

5.5	Realizace řídicího systému	109
5.6	Integrace tunelového a městského řídicího systému	110
5.7	Závěr	110
6	Architektura tunelu	113
6.1	Úvod	113
6.2	Přístup k tvorbě architektury	114
6.2.1	Orientace na potřeby uživatele	115
6.2.2	Standardizace architektury v rámci CEN	116
6.2.3	Trvalý proces optimalizace tunelového systému	116
6.3	Přístup k tvorbě architektury tunelového systému	118
6.3.1	Dekompozice tunelového systému na subsystémy	118
6.3.2	Horizontální dělení	120
6.3.3	Stromový diagram	121
6.3.4	Další dělení subsystému „Bezpečnost“	122
6.4	Definování okolí systému	126
6.5	Funkční a informační architektura – princip	128
6.6	Fyzická architektura tunelového systému – princip	129
6.7	Přehled uživatelských potřeb	131
6.8	Funkční a informační architektura	137
6.9	Webová aplikace pro tvorbu architektury tunelových systémů	139
6.9.1	Softwarová realizace webové aplikace architektury tunelového systému	141
6.10	Schéma praktického využívání architektury	145
6.11	Závěr	146
7	Provozování tunelu a trénink obsluh	147
7.1	Základní dopravní a provozní stavy tunelu a režimy činnosti	147
7.1.1	Charakteristiky zvláštních a mimořádných režimů	148
7.2	Dokumentace tunelového systému	154
7.2.1	Provozní dokumentace	154
7.3	Správní dokumentace	159
7.4	Role dispečera při řešení mimořádných situací	162
7.5	Školení a trénink obsluh	162
7.5.1	Organizační uspořádání pro zajištění provozu a bezpečnosti	163
7.5.2	Provozní personál – druhy a rozsah školení	163
7.6	Trenažér pro výuku obsluh	170
7.6.1	Technické řešení	171
7.7	Závěr	176
8	Dopravní systém	177
8.1	Dopravní režimy tunelu	178
8.1.1	Stavové diagramy	178
8.1.2	Časové diagramy	179
8.2	Dopravní značení a dopravní zařízení	181
8.2.1	Zásady užití svislých dopravních značek	181
8.2.2	Technologie provedení PDZ a ZPI	182

8.2.2.1	Krytí PDZ a ZPI	183
8.2.2.2	Doba změny PDZ a ZPI	183
8.2.3	Volba dopravního značení a dopravních zařízení	183
8.2.3.1	Minimální vybavení krátkých tunelů	185
8.2.3.2	Minimální vybavení tunelu	185
8.2.3.3	Základní vybavení	187
8.2.3.4	Rozšířené vybavení	188
8.2.4	Svislé dopravní značky	188
8.2.4.1	Způsob použití v tunelech a přilehlých úsecích	188
8.2.4.2	Schopnost vnímat údaje na značkách	194
8.2.5	Světelné signály	195
8.2.5.1	Světelné signály	195
8.2.5.2	Světelné signály pro jízdu v pružích	196
8.2.5.3	Provoz a kontrola	197
8.2.5.4	Pravidla přesměrování provozu	197
8.2.6	Zařízení pro provozní informace (ZPI)	199
8.2.7	Dopravní zařízení	200
8.2.7.1	Reflexní elementy	201
8.2.7.2	Zařízení pro měření výšky vozidel	202
8.2.7.3	Zábrany	202
8.2.8	Proměnné dopravní značky pro liniové řízení	203
8.3	Závěr	204
9	Bezpečnostní systém a organizace bezpečnosti	205
9.1	Bezpečnostní kategorie tunelu	205
9.2	Bezpečnostní vybavení a úpravy	209
9.2.1	Bezpečnostní stavební úpravy	209
9.3	Bezpečnostní vybavení tunelu	214
9.3.1	Hlášky nouzového volání	216
9.3.2	Spojovací a dorozumívací zařízení	219
9.3.3	Požární zabezpečení	221
9.3.4	Hasicí zařízení	223
9.4	Organizace bezpečnosti – bezpečnostní politika	225
9.4.1	Organizační zajištění uvedení tunelu do provozu a školení obsluh	227
9.5	Základní dokumenty bezpečnostní politiky	228
9.5.1	Provozní dokumentace	229
9.5.2	Bezpečnostní dokumentace	229
9.5.2.1	Plán protirizikových opatření a Záznam mimořádných událostí	230
9.5.3	Analytické dokumenty	232
9.6	Závěr	233
10	Ventilace, osvětlení a napájení	235
10.1	Ventilace	235
10.1.1	Základní aerodynamické principy	236
10.1.2	Základní dělení ventilace	237
10.1.2.1	Přirozené větrání	237

10.1.3	Některé aspekty přirozené ventilace	238
10.1.4	Podélné větrání	239
10.1.5	Polopříčné větrání	241
10.1.6	Příčné větrání	243
10.1.7	Výpočet množství vzduchu	243
10.1.7.1	Normální režim	243
10.1.7.2	Mimořádný režim s požárem	247
10.1.7.3	Vývoj požárů nákladních vozidel	248
10.2	Osvětlení tunelu za normálních podmínek	250
10.2.1	Pásma osvětlení tunelu	251
10.2.1.1	Příjezdové pásmo	252
10.2.1.2	Prahové pásmo	252
10.2.1.3	Přechodové pásmo	252
10.2.1.4	Vnitřní pásmo	252
10.2.1.5	Výjezdové pásmo	253
10.2.2	Osvětlení ve dne	253
10.2.2.1	Změny osvětlení ve dne a regulace osvětlení	253
10.2.3	Rovnoměrnost jasu	254
10.2.4	Omezení oslnění	254
10.2.5	Omezení jevu míhání	255
10.2.6	Osvětlení v noci	255
10.2.7	Opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu	256
10.3	Umělé denní osvětlení krátkého tunelu	256
10.4	Osvětlení v případě mimořádných situací	259
10.4.1	Nouzové osvětlení	259
10.4.1.1	Náhradní osvětlení	261
10.4.2	Osvětlení únikových cest	262
10.5	Požadavky na svítidla, údržba	263
10.6	Napájecí soustava	264
10.6.1	Zdroje elektrické energie v tunelu	264
10.6.2	Rozvodná zařízení	265
10.6.3	Rozvody silnoprůdu	267
11	Řídicí systém tunelu	269
11.1	Programovatelné logické automaty	271
11.1.1	Typická konfigurace řídicího systému	273
11.2	Software operátorských pracovišť	276
11.3	Moderní trendy v navrhování ventilačního systému	277
11.3.1	Odhadování množství škodlivin z dopravních dat	277
11.3.2	Modelování jízdy vozidel v tunelu	279
11.3.3	Matematický model pohybu vzduchu a šíření škodlivin v tunelu	280
11.4	Začlenění tunelu do dopravního systému města	285
11.5	Senzory a aktory	287
11.5.1	Dopravní detektory	288
11.5.1.1	Intrusivní detektory	288
11.5.1.2	Neintrusivní detektory	289

11.5.1.3	Liniové hlásiče elektrické požární signalizace	292
11.5.1.4	Měření škodlivin a zakouřenosti	295
11.5.1.5	Povětrnostní senzory	296
11.5.1.6	Závěry k senzorům	297
11.5.2	Akční členy působící na dopravní proud	298
11.5.2.1	Proměnné dopravní značky	298
11.5.2.2	Proměnné informační tabule	300
11.5.2.3	Aktivní reflexní elementy	300
11.5.2.4	Ozvučovací systém a akustické majáčky	301
11.5.2.5	Zařízení pro zastavení vozidel	302
12	Analýza rizik	305
12.1	Metody analýzy a řízení rizik	305
12.1.1	Výběr metod pro analýzu rizik	306
12.2	Proces řízení rizika – shrnutí	309
12.2.1	Vztah analýzy scénářů a kvantitativní analýzy rizik	311
12.3	Kategorie a četnosti událostí	312
12.3.1	Typy událostí	312
12.3.1.1	Zastavení vozidla	313
12.3.1.2	Nehoda	313
12.3.1.3	Požár	313
12.3.2	Porovnání rakouské směrnice, německého předpisu a dat z českých tunelů při určování četnosti nehod a požárů	314
12.4	Rozložení vozidel v okamžiku nehody	316
12.4.1	Počet fatálně ohrožených osob	318
12.5	Procedura evakuace	318
12.5.1	Modely evakuace založené na simulačních programech	320
12.5.1.1	Stručný popis práce s programem	320
12.6	Kvalitativní riziková analýza	323
12.6.1	Metoda „Kontrolní seznam“	324
12.6.1.1	Identifikátor bezpečnostního řešení tunelu pozemní komunikace	324
12.6.2	Analýza rizik metodou SAFMEA	327
12.6.2.1	Pracovní postup	329
12.7	Kvantitativní analýza – Metoda stromkových diagramů	334
12.7.1	Úvod	335
12.7.2	Metoda FTA	336
12.7.2.1	Dílčí závěr k metodě FTA	337
12.7.3	Četnost následků ETA	337
12.7.4	Model QRA	338
12.8	Metoda analýzy scénářů	338
12.8.1	Model evakuačního procesu	338
12.8.2	Postup řešení	341
12.8.2.1	Dílčí závěr k metodě CAPITA	343
12.9	Doporučený postup – shrnutí	343

13	Model chování řidiče v tunelu	347
13.1	Teoretický model jízdy vozidla	347
13.1.1	Zkušební vozidlo	349
13.1.1.1	Vybavení potřebné pro snímání polohy	351
13.1.1.2	Měření natočení volantu	352
13.1.1.3	Měření zrychlení	353
13.1.1.4	Testovací jízdy	354
13.2	Vyhodnocení experimentů porovnávajících chování řidiče v tunelu a na volné silnici	355
13.2.1	Výsledky pro skupinu řidičů	358
13.2.2	Testy významnosti	359
13.3	Vyhodnocení experimentů porovnávajících chování řidiče v tunelu a na volné silnici na simulátoru	360
13.3.1	Průběh experimentu	361
13.4	Závěry a doporučení	363
13.4.1	Prostorové a barevné uspořádání tunelu (výňatek z TP98-Z1)	363
14	Životnost zařízení a údržba tunelu	365
14.1	Údržba a oprava tunelů	365
14.1.1	Základní předpisy pro údržbu a opravy	366
14.1.1.1	Řád provádění pravidelných prohlídek a kontrol	366
14.1.1.2	Posouzení stavu tunelu	367
14.1.2	Řád provádění revizí	368
14.1.3	Řád provádění údržby	368
14.1.3.1	Údržba osvětlovací soustavy	369
14.2	Životní cyklus technických zařízení v tunelu	371
14.2.1	ISO standardy	371
14.3	Úvod do teorie spolehlivosti a dostupnosti	373
14.4	Doba života a údržbové strategie	375
14.4.1	Faktory ovlivňující výpadky zařízení – provozní teplota	376
14.4.2	Faktory ovlivňující výpadky zařízení – mechanické namáhání	377
14.5	Příklady doby života typických systémů	378
14.5.1	Osvětlovací soustava	379
14.6	Praktické zkušenosti a závěry	379
14.6.1	Mezinárodní výzkum životnosti zařízení	379
14.6.1.1	Strategie obnovy založená na datech z výzkumu	381
14.7	Závěr	382