

ÚVOD	15
------------	----

1	EVROPSKÉ A NÁRODNÍ NORMY, TERMINOLOGIE ...	19
----------	---	-----------

1.1	Úvod	20
-----	------------	----

1.2	Evropské a světové standardy	21
-----	------------------------------------	----

1.2.1	Směrnice Evropského parlamentu a rady na minimální bezpečnostní požadavky trans-evropské silniční sítě	22
-------	--	----

1.2.2	Porovnání českých a zahraničních standardů	27
-------	--	----

1.3	Národní standardy	30
-----	-------------------------	----

1.4	Terminologie a definice vybraných pojmů	31
-----	---	----

1.4.1	Vybrané pojmy z oblasti bezpečnosti	31
-------	---	----

1.4.2	Vybrané pojmy z oblasti stavebního řešení tunelů	34
-------	--	----

1.4.3	Vybrané pojmy z oblasti technologického vybavení tunelů	37
-------	---	----

1.4.4	Vybrané pojmy z oblasti dopravy v tunelu	39
-------	--	----

1.4.5	Vybrané pojmy z oblasti provozu tunelů	40
-------	--	----

1.5	Závěr	42
-----	-------------	----

1.6	Literatura	43
-----	------------------	----

2	KVALITA DOPRAVY A DOPRAVNÍ EXCESY	45
----------	--	-----------

2.1	Úvod	46
-----	------------	----

2.2	Bezpečnost na pozemních komunikacích	46
-----	--	----

2.2.1	Bezpečnostní audit pozemních komunikací	50
-------	---	----

2.3	Proč zavádět inteligentní bezpečnostní technologie	55
-----	--	----

2.3.1	Hodnocení efektivity bezpečnostních systémů	56
-------	---	----

2.3.2	Náklady a přínosy	56
-------	-------------------------	----

2.3.3	Hodnocení kvalitativní a kvantitativní	58
-------	--	----

2.3.4	Příklad přístupu	59
-------	------------------------	----

2.4	Kvalita dopravy a dopravní excesy	62
-----	---	----

2.4.1	Modely dopravního proudu	63
-------	--------------------------------	----

2.4.1.1	RYCHLOSTNĚ – HUSTOTNÍ MODEL	65
---------	-----------------------------------	----

2.4.1.2	LINEÁRNÍ MODEL	65
---------	----------------------	----

2.4.1.3	LOGARITMICKÝ MODEL	66
2.4.1.4	INTENZITNĚ – HUSTOTNÍ MODEL	67
2.4.1.5	RYCHLOSTNĚ – INTENZITNÍ MODEL	68
2.4.2	Modely dopravy v městské síti	68
2.4.2.1	EMPIRICKÉ METODY ODHADOVÁNÍ DÉLKY KOLONY V MĚSTSKÉ SÍTI	71
2.4.2.1.1	ODHAD DÉLEK KOLON ZALOŽENÝ NA DOBĚ PLNĚNÍ	71
2.4.2.1.2	ODHAD DÉLEK KOLON ZALOŽENÝ NA OBSAZENOSTI DETEKTORŮ	74
2.4.2.1.3	ODHAD DÉLEK KOLON ZALOŽENÝ NA HYDRODYNAMICKÉ ANALOGII	75
2.4.2.2	ANALYTICKÉ METODY PRO VÝPOČET ZDRŽENÍ NA SSZ	77
2.4.2.2.1	MODEL VYCHÁZEJÍCÍ Z ROVNICE KONTINUITY	79
2.4.2.2.2	MODEL VYCHÁZEJÍCÍ Z PRAVDĚPODOBNOSTNÍHO PŘÍSTUPU	80
2.4.3	Klasifikace dopravy	83
2.4.3.1	STUPNĚ ZATÍŽENÍ KOMUNIKACÍ	83
2.4.3.2	OBJEKTIVIZACE HODNOCENÍ	85
2.4.3.3	AUTOMATICKÝ KLASIFIKÁTOR DOPRAVY	85
2.5	Metody identifikace dopravních excesů	89
2.5.1	Šokové vlny	89
2.5.2	Dělení dopravních excesů	91
2.5.3	Automatická identifikace nehod a kongescí	92
2.5.4	Detekce excesu na silnicích a dálnicích	93
2.5.4.1	PRAVDĚPODOBNOST SPRÁVNÉHO VYHODNOCENÍ	93
2.5.4.2	ČASOVÁ ZÁVISLOST POSKYTOVANÝCH INFORMACÍ	95
2.5.5	Problematika dálnic	97
2.5.5.1	VĚV TOPOLOGIE DÁLNIC	99
2.5.5.2	APLIKACE ŠOKOVÝCH VLN PRO DÁLNICI	100
2.5.6	Detekce excesů v městské síti	101
2.5.7	Způsob identifikace nehod	102
2.5.8	Doby pro identifikaci nehody	103
2.5.9	Algoritmy pro identifikace dopravních excesů	104
2.5.9.1	ALGORITMY ZALOŽENÉ NA ROZPOZNÁVÁNÍ VZORU	104
2.5.9.2	PREDIKČNÍ ALGORITMY	104
2.5.10	Příklad identifikace excesů na dálnici	111
2.5.11	Závěr k dopravním excesům	115
2.6	Závěr	116
2.7	Literatura	116

3	VÝZNAMNÉ KATASTROFY V TUNELECH – SILNIČNÍ TUNELY MT. BLANC, TAUERN, GOTTHARD A FRÉJUS A ŽELEZNIČNÍ TUNEL LA MANCHE	121
3.1	Úvod	122
3.2	Tunel Mt. Blanc	123
3.2.1	Úvod	123
3.2.2	Požár v tunelu dne 24. 3. 1999	126
3.2.3	Příčiny požáru a získané zkušenosti	129
3.2.4	Závěry a opatření	129
3.2.5	Rekonstrukce: základní bezpečnostní opatření	131
3.2.5.1	VĚTRACÍ SYSTÉM	135
3.2.5.2	STAVEBNÍ PRÁCE	138
3.3	Tauernský tunel	140
3.4	Gotthardský tunel	141
3.5	Tunel Fréjus	142
3.6	EUROTUNNEL pod kanálem La Manche	143
3.6.1	Požár v tunelu dne 18. 11. 1996	145
3.6.2	Vzniklé škody	146
3.6.3	Závěry a opatření	147
3.7	Bezpečnost v tunelech	148
3.7.1	Prostředí tunelu	149
3.7.2	Důvody na jednotný přístup pro silniční tunely	150
3.7.3	Navrhovaná opatření pro silniční tunely	150
3.7.4	Železniční tunely	152
3.7.4.1	UNITED NATIONS – ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL	153
3.7.4.2	SMĚRNICE NĚMECKÉHO ÚŘADU PRO ŽELEZNICE	156
3.7.4.3	BEZPEČNOST VE ŠVÝCARSKÝCH TUNELECH	156
3.8	Závěr	157
3.9	Literatura	157
4	ANALÝZA RIZIK TUNELU – TEORIE	159
4.1	Obecný úvod do problematiky rizika	160
4.2	Proces managementu rizika	167

4.2.1	Přehled metod pro analýzu rizik	168
4.2.2	Individuální riziko	173
4.2.3	Společenské riziko	174
4.2.4	Ekonomické riziko	178
4.2.5	Environmentální riziko	179
4.2.6	Hodnocení rizika	180
4.2.6.1	KVANTITATIVNÍ METODY HODNOCENÍ	180
4.2.6.2	KVALITATIVNÍ METODY HODNOCENÍ	185
4.2.7	Vnímání rizika	189
4.2.8	Redukce a řízení rizika	190
4.2.9	Zjišťování efektivity nákladů vynaložených na bezpečnostní opatření	192
4.3	Vliv spolehlivosti technických systémů na rizika	194
4.3.1	Dvojstavové modely spolehlivosti	194
4.3.2	Neobnovitelné prvky	197
4.3.3	Obnovitelné prvky	198
4.4	Vybrané nástroje pro analýzu rizik	200
4.4.1	Pareto analýza	200
4.4.2	Přímá metoda	200
4.4.3	Metoda „Kontrolní seznam“	202
4.4.4	Metoda FMEA	203
4.4.5	Metoda UMRA	204
4.4.6	Metoda stromkových diagramů	205
4.4.6.1	STROMY PORUCHOVÝCH STAVŮ (FAULT TREES)	205
4.4.6.2	STROMY UDÁLOSTÍ (EVENT TREES)	210
4.4.7	Metoda kauzálních sítí	211
4.4.7.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	211
4.4.7.2	ZÁKLADNÍ ÚLOHY VÝPOČTU PRAVDĚPODOBNOSTI	213
4.5	Deterministický přístup k analýze rizik tunelu – analýza scénářů	217
4.5.1	Modely fyzikálních jevů	218
4.5.2	Modely poškození	219
4.5.3	Evakuační model	219
4.5.4	Hodnocení výsledků a optimalizace návrhu	220
4.6	Proces managementu rizika – shrnutí	220

4.7	Obecné zásady bezpečnosti pro tunely	222
4.7.1	Integrovaný přístup	223
4.7.2	Pro-aktivní přístup k omezení vzniku událostí	225
4.7.3	Integrovaný bezpečnostní přístup (příklad Holandsko)	229
4.8	Závěr	232
4.9	Literatura	232
5	ANALÝZA RIZIK – POUŽÍVANÉ PŘÍSTUPY V TUNELECH	237
5.1	Úvod	238
5.2	Management rizik	238
5.2.1	Kvalitativní analýza	239
5.2.1.1	KONTROLNÍ SEZNAM (CHECK LIST)	240
5.2.1.2	METODY VYCHÁZEJÍCÍ Z DETERMINISTICKÉ ANALÝZY	240
5.2.1.3	ZÁVĚR KE KVALITATIVNÍ ANALÝZE	241
5.2.2	Semi-kvantitativní analýza	241
5.2.3	Kvantitativní analýza	244
5.2.3.1	ODHAD VZNIKU MIMORÁDNÉ DOPRAVNÍ UDÁLOSTI	244
5.2.3.2	PRÁVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP: METODA STROMKOVÝCH DIAGRAMŮ ETA	247
5.2.3.3	DETERMINISTICKÝ PŘÍSTUP K ANALÝZE RIZIK TUNELU – ANALÝZA SCÉNÁŘŮ	249
5.2.3.4	VZTAH ANALÝZY SCÉNÁŘŮ A KVANTITATIVNÍ ANALÝZY RIZIK	249
5.2.4	Pojem neurčitosti	250
5.3	Kvalitativní riziková analýza	251
5.3.1	Identifikátor bezpečnostního řešení tunelu pozemní komunikace	252
5.3.1.1	ZÁKLADNÍ IDEA ŘEŠENÍ	252
5.3.1.2	PODKLADY K VYPLŇOVÁNÍ IDENTIFIKÁTORU	252
5.3.2	Postup práce s Identifikátorem	253
5.4	Kvantitativní analýza: Metoda stromkových diagramů	258
5.4.1	Základní přístup k metodě stromkových diagramů	260
5.4.1.1	DRUH POČÁTEČNÍCH UDÁLOSTÍ	261
5.4.1.2	KVANTITATIVNÍ ROZSAH UDÁLOSTÍ	262
5.4.1.3	BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE TUNELOVÝCH SUBSYSTÉMŮ	262
5.4.1.4	TVORBA UDÁLOSTNÍHO STROMU	264
5.4.1.5	KVANTITATIVNÍ HODNOCENÍ – PŘÍKLAD VÝPOČTU	265
5.4.1.6	ZÁVĚR K METODĚ STROMKOVÝCH DIAGRAMŮ	267
5.5	Příklad stromkových diagramů	267

5.5.1	Vyhodnocení četnosti událostí – FTA	267
5.5.1.1	HODNOCENÍ ČETNOSTI UDÁLOSTÍ	268
5.5.1.2	HODNOCENÍ ČETNOSTI VZNIKU POŽÁRU	270
5.5.1.3	VYHODNOCENÍ ČETNOSTI NÁSLEDKŮ – ETA	270
5.5.1.4	PŘIJATELNÉ SPOLEČENSKÉ RIZIKO	272
5.5.2	Interpretace výsledků	273
5.5.2.1	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ K MSD	274
5.6	Analýza scénářů	274
5.6.1	Popis tunelového systému	275
5.6.2	Výběr scénáře a jeho rozsah	275
5.6.3	Modelování obsazení tunelu osobami	276
5.6.3.1	MODEL ZALOŽENÝ NA MIKROSIMULACI AIMSUN	277
5.6.4	Možnosti evakuace z tunelu	278
5.6.4.1	CHOVÁNÍ LIDÍ V PŘÍPADĚ UDÁLOSTI	279
5.6.5	Procedura evakuace	280
5.6.5.1	DOBA ZJIŠTĚNÍ UDÁLOSTI	280
5.6.5.2	DOBA REAKCE	281
5.6.5.3	DOBA PRO ÚNIK	281
5.6.6	Model evakuace	281
5.6.6.1	ZJEDNODUŠENÝ MODEL FRONT	282
5.6.6.2	EVAKUAČNÍ DOBY	283
5.6.6.3	PŘÍKLAD VÝPOČTU POČTU OHROŽENÝCH OSOB	283
5.6.6.4	VĚV ÚNIKOVÝCH VÝCHODŮ	285
5.6.6.5	MODELOVÁNÍ ÚČINKŮ NA ZDRAVÍ	287
5.6.7	Hodnocení výsledků a optimalizace návrhu	287
5.6.8	Závěr a doporučení k metodě analýzy scénářů	288
5.7	Závěr	288
5.8	Literatura	289
6	MODELY RIZIKOVÝCH SITUACÍ V TUNELU	291
6.1	Úvod	292
6.2	Modely rizikových událostí	292
6.2.1	Programovací jazyk UML	293
6.2.2	Bezpečnostní koncept silničního tunelu (Use Case Diagram)	294
6.2.2.1	ZÁCHRANA OSOB PŘI UDÁLOSTI TYPU POŽÁR A NEHODA	295
6.2.3	Popis událostí stavovými modely (Statechart diagram)	297

6.2.3.1	STAVOVÝ MODEL PRO PŘÍPAD POŽÁRU	298
6.2.3.2	STAVOVÝ MODEL PRO PŘÍPAD DOPRAVNÍ NEHODY	299
6.2.4	Diagramy aktivit (Aktivity diagram)	300
6.2.4.1	DIAGRAM AKTIVIT PRO UDÁLOST TYPU „POŽÁR“	300
6.2.4.2	DIAGRAM AKTIVIT PRO UDÁLOST TYPU NEHODA	301
6.2.5	Sekvenční diagram	302
6.3	Kategorie událostí	303
6.3.1	Kategorie událostí	303
6.4	Fyzikální popis požáru	306
6.4.1	Vyzářený tepelný výkon při požáru automobilu a nákladu	306
6.4.1.1	VYZAŘOVANÝ VÝKON PLAMENE	307
6.4.2	Vyzářený tepelný výkon při požáru hořlavé kapaliny	308
6.4.3	Příklad velkého požáru	308
6.4.4	Množství vyvíjeného kouře	312
6.4.4.1	VÝPOČTY TEPLoty KOUŘOVÝCH ZPLODIN	314
6.4.5	Ostatní charakteristiky požáru	315
6.4.5.1	VÝPOČTY KONCENTRACÍ ŠKODLIVIN	316
6.4.6	Reálné testy požárů v tunelech	319
6.5	Obecná dynamika procesu záchrany osob	320
6.5.1	Sekvenční diagram záchrany osob	321
6.5.2	Hodnocení dynamiky systému samozáchrany osob	322
6.5.3	Simulace úniku osob z tunelů	323
6.5.3.1	ANALÝZA PROBLEMATIKY NA ZÁKLADĚ LITERATURY	324
6.5.3.2	SIMULAČNÍ MODELY	325
6.6	Závěr	329
6.7	Literatura	329
7	TUNELOVÝ SYSTÉM A JEHO BEZPEČNOSTNÍ PRVKY	331
7.1	Úvod	332
7.2	Tunel jako telematický systém	332
7.2.1	Návrh tunelových systémů z hlediska bezpečnosti	335
7.3	Architektura tunelových systémů	337
7.3.1	Přístup k tvorbě modelu	337

7.3.2	Strukturovaný popis tunelového systému	340
7.3.2.1	NÁVRH STRUKTURY TUNELOVÉHO SYSTÉMU – VERTIKÁLNÍ ČLENĚNÍ	341
7.3.2.2	NÁVRH STRUKTURY TUNELOVÉHO SYSTÉMU – HORIZONTÁLNÍ DĚLENÍ	343
7.3.2.3	PŘÍKLAD POPISU PRO SUBSYSTÉM „BEZPEČNOST“	345
7.4	Přístup k tvorbě architektury tunelového systému	347
7.4.1	Stromy funkcí a informační vazby	349
7.4.2	Uživatelské potřeby	350
7.4.2.1	PŘEHLED UŽIVATELSKÝCH POTŘEB	351
7.4.3	Funkční a informační architektura	355
7.4.4	Fyzická a komunikační architektura	357
7.4.5	Prezentace architektury	357
7.4.6	Závěr k architektuře tunelového systému	359
7.5	Systémy a aktivity související s bezpečností	359
7.5.1	Vztah mezi bezpečnostním kruhem a bezpečnostními opatřeními	359
7.5.2	Systémy ve vztahu k bezpečnosti	360
7.6	Senzory a aktory	363
7.6.1	Preventivní bezpečnostní opatření: aktory	364
7.6.1.1	PROMĚNNÉ DOPRAVNÍ ZNAČKY	364
7.6.1.2	PROMĚNNÉ INFORMAČNÍ TABULE	365
7.6.1.3	AKTIVNÍ REFLEXNÍ ELEMENTY	366
7.6.2	Opatření pro snížení následků: senzory a aktory	367
7.6.2.1	DOPRAVNÍ DETEKTORY	367
7.6.2.2	LINIOVÉ HLÁSIČE ELEKTRICKÉ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE	371
7.6.2.3	MĚŘENÍ ŠKODLIVIN A ZAKOUŘENOSTI	374
7.6.2.4	POVĚTRNOSTNÍ SENZORY	375
7.6.2.5	ZÁVĚRY K SENZORŮM PRO BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉM	376
7.6.2.6	OZVUČOVACÍ SYSTÉM A AKUSTICKÉ MAJÁČKY	377
7.6.2.7	ZAŘÍZENÍ PRO ZASTAVENÍ VOZIDEL	377
7.7	Závěr	378
7.8	Literatura	379
8	METODY PRO HODNOCENÍ PRVKŮ A SUBSYSTÉMŮ	381
8.1	Základní principy hodnocení prvků a subsystémů	382
8.2	Hodnocení funkčních bloků omezujících rozsah následků události	383

8.2.1	Princip Fuzzy metody	384
8.2.2	Fuzzy metoda pro hodnocení funkčních bloků	388
8.3	Hodnocení bloku Identifikace požáru	389
8.3.1	Liniový hlásič	391
8.3.2	Videodetekce kouře	395
8.3.3	Senzory škodlivin	396
8.3.4	GSM	396
8.3.5	SOS kabina	398
8.3.5.1	VIDEODOHLED	398
8.3.5.2	CELKOVÁ PRAVDĚPODOBNOST IDENTIFIKACE POŽÁRU	399
8.3.6	Stavební bezpečnostní úpravy	401
8.3.6.1	NOUZOVÉ PRUHY	401
8.3.6.2	NOUZOVÉ ZÁLIVY	402
8.3.6.3	OTÁČECÍ ZÁLIVY	402
8.3.6.4	ÚNIKOVÉ CESTY	402
8.3.6.5	NOUZOVÉ CHODNÍKY	402
8.3.7	Shrnutí	403
8.4	Závěr	404
8.5	Literatura	404

9 SPOLEHLIVOST TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ A ZPŮSOBY JEJÍHO ZVYŠOVÁNÍ 405

9.1	Bezpečnostně kritické procesy a systémy	406
9.1.1	Bezpečnostně kritické systémy v normách IEC a EN	408
9.1.1.1	NORMA IEC 61 508	410
9.1.1.2	NORMA IEC 61 511	412
9.1.1.3	NORMA EN 954-1	413
9.1.2	Úroveň integrity bezpečnosti SIL systému v normách	414
9.1.3	Technický život bezpečnostně relevantních systémů	415
9.1.3.1	MODELÝ ŽIVOTNÍHO CYKLU	416
9.1.3.2	BEZPEČNOSTNÍ ŽIVOTNÍ CYKLUS	417
9.2	Metody pro zvyšování spolehlivosti dopravních zařízení	419
9.2.1	Redundance a metody zálohování systémů	421
9.2.2	Příklady řešení	430
9.2.2.1	ZPŮSOBY BEZPEČNÉHO ŘÍZENÍ SILNIČNÍ DOPRAVY	430
9.2.2.2	TUNEL JAKO SOUČÁST DOPRAVNÍHO SYSTÉMU	432

9.3	Závěr	433
9.4	Literatura	433
10	NEBEZPEČNÉ NÁKLADY	435
10.1	Úvod	436
10.2	Rizika silniční přepravy nebezpečných věcí	436
10.3	Faktory ovlivňující riziko silniční přepravy NV	439
10.4	Vyhodnocování úniku nebezpečných látek	444
10.5	Legislativní normy řešení přepravy nebezpečných nákladů	453
10.6	Scénáře událostí	460
10.6.1	Zásady koordinace složek IZS	460
10.6.2	Řízení a koordinace činností záchranných složek IZS	462
10.7	Přeprava nebezpečného nákladu tunelem	466
10.7.1	Kategorie nebezpečných nákladů	468
10.7.2	QRA model a jeho možnosti	469
10.8	Závěr	474
10.9	Literatura	474
11	CHOVÁNÍ LIDÍ V TUNELU A NA VOLNÉ KOMUNIKACI	475
11.1	Úvod	476
11.2	Obecný úvod do problematiky	477
11.2.1	Modely zpracování informace člověkem	477
11.2.2	Modely chování člověka při řízení vozidla	481
11.2.3	Vnímání dopravních značek a signálů	483
11.2.4	Chování člověka v životu nebezpečných situacích	483
11.3	Chování člověka jako účastníka silničního provozu v tunelu ...	485
11.3.1	Úsek přiblížování se k poslednímu sjezdu před vjezdem do tunelu	486
11.3.2	Úsek vjezdu do tunelu	486
11.3.2.1	SVĚTELNÉ PODMÍNKY	486
11.3.2.2	PROVEDENÍ DESIGNU PORTÁLU TUNELU	487
11.3.2.3	ZUŽOVÁNÍ CHODNÍKU (KRAJNICE) V JÍZDNÍM PROSTORU TUNELU	487
11.3.2.4	VLIV POČASÍ	488
11.3.3	Jízda uvnitř tunelu	488

11.3.3.1	DESIGN VNITŘNÍCH PROSTOR TUNELOVÉ TROUBY	488
11.3.3.2	VYUŽITÍ ROZHLASOVÉ STANICE S DOPRAVNÍM VYSÍLÁNÍM	489
11.3.3.3	RYCHLOST, DODRŽOVÁNÍ VZDÁLENOSTI A VNÍMÁNÍ ZNAČEK V TUNELU	489
11.3.3.4	VLIV POČASÍ	490
11.3.4	Výjezd z tunelu	490
11.4	Chování člověka při výjimečných situacích při řízení vozidla ...	490
11.4.1	Kongesce	490
11.4.2	Porucha vozidla	491
11.4.2.1	ODSTAVNÉ PRUHY, ZÁLIVY, KRIZOVÉ ŘÍZENÍ TUNELU	491
11.4.2.2	SOS KABINY, SOS VÝKLENKY (HLÁSKY NOUZOVÉHO VOLÁNÍ)	491
11.4.3	Nehody se zraněními nebo s poškozením vozidel	491
11.4.4	Požár	492
11.5	Výzkum změny způsobu jízdy v tunelu	494
11.5.1	Analýza jízdy zkušebním vozidlem	495
11.5.1.1	VÝSLEDKY EXPERIMENTU	498
11.6	Analýza jízdy využívající simulátor	499
11.7	Závěr – doporučení pro zlepšení bezpečnostního přístupu	501
11.8	Literatura	501
12	POŽADAVKY NA TRÉNOVÁNÍ OBSLUH	505
12.1	Úvod	506
12.2	Organizační opatření	506
12.3	Trenažér pro výuku dispečerů	508
12.3.1	Jak a kdy trenažér realizovat	509
12.3.2	Jaké oblasti jsou vhodné pro simulaci na trenažéru	510
12.3.2.1	DOPRAVNÍ SYSTÉM	511
12.3.2.2	OSVĚTLENÍ TUNELU	511
12.3.2.3	ZASOBOVÁNÍ ELEKTRICKOU ENERGIÍ	512
12.3.2.4	VĚTRÁNÍ TUNELU	512
12.3.3	Vodní hospodářství	513
12.3.3.1	PORUCHY ŘÍDÍČÍHO SYSTÉMU	513
12.3.3.2	POŽÁR	513
12.3.3.3	DALŠÍ SITUACE	513
12.4	Závěr	514
12.5	Literatura	514