Obsah

Předmluva 5

1 **Úvod** 7

2 **Fyzikální základy** 9

2.1 **Všeobecně** 9
2.1.1 Motivace 9
2.1.2 Vztažné soustavy a měrné jednotky 9

2.2 **Mechanika** 18
2.2.1 Kinematika 18
2.2.1.1 Všeobecně 10
2.2.1.2 Přímočaré pohyby 10
2.2.1.3 Rotační pohyby 12

2.2.2 Hmotnost, síla, hybnost 13
2.2.2.1 Hmotnost 13
2.2.2.2 Newtonovy pohybové zákony 13
2.2.2.3 Těžiště a hmotný bod 15
2.2.2.4 Napětí 15

2.2.3 Práce a energie 15
2.2.3.1 Definice práce 15
2.2.3.2 Energie 16

2.2.4 Otáčivé pohyby 17
2.2.4.1 Točivý moment 17
2.2.4.2 Moment setrvačnosti tělesa 17
2.2.4.3 Moment hybnosti a rotace 17
2.2.4.4 Porovnání přímočarého a otáčivého pohybu 18

2.2.5 Zákony zachování fyzikálních veličin 18
2.2.5.1 Zachování hmotnosti a těžiště 18
2.2.5.2 Zachování hybnosti 19
2.2.5.3 Zachování energie 19

2.2.6 Pohybové rovnice 19
2.2.6.1 Všeobecně 19
2.2.6.2 D'Alembertův princip 20
2.2.6.3 Dráhy střel ve vakuu (bez odporu vzduchu) 20
2.2.6.4 Závislost na dráze 21

2.2.7 Zákonitosti rázu těles 21
2.2.7.1 Všeobecně 21
2.2.7.2 Pružný ráz 20
2.2.7.3 Nepružný ráz 23
2.2.7.4 Částečně pružný ráz 24

2.3 Nauka o proudění 25
2.3.1 Všeobecně 25

2.3.2 Základy termodynamiky 25
2.3.2.1 Teplota a teplo 25
2.3.2.2 Skupenské stavy 26
2.3.2.3 Stavová rovnice plynu 26
2.3.2.4 Teplo, práce a vnitřní energie 27
2.3.2.5 Rychlost zvuku a Machovo číslo 28

2.3.3 Zákony proudění 29
2.3.3.1 Tření v tekutinách 29
2.3.3.2 Charakteristika proudění 29
2.3.3.3 Zákony zachování fyzikálních veličinv37
2.3.3.4 Bernoulliho rovnice 30

2.3.4 Síly působící na obtékané těleso 30
2.3.4.1 Odpor proudění 30
2.3.4.2 Vztlak 31
2.3.4.3 Magnusův jev 32
2.3.4.4 Rázové vlny 32

3 Základy nauky o zbraních a střelivu 35

3.1 Všeobecně, základní pojmy 35

3.2 Základní součásti střeliva 35
3.2.1 Stavba a názvosloví náboje 35

3.2.2 Střela 34

3.2.3 Výmetná náplň 38
3.2.3.1 Všeobecně 38
3.2.3.2 Výbušniny 38
3.2.3.3 Černý prach 39
3.2.3.4 Bezdýmný prach 39

3.2.4 Zápalka 41

3.2.5 Nábojnice 42

3.3 Zbraně 43

3.3.1 Základní součásti palné zbraně 43
3.3.1.1 Hlaveň 43
3.3.1.2 Závěr 43
3.3.1.3 Bicí a spoušťové ústrojí 45
3.3.1.4 Mířidla 45

3.3.2 Druhy ručních palných zbraní 46
3.3.2.1 Názvosloví 46
3.3.2.2 Krátké palné zbraně 46
3.3.2.3 Dlouhé palné zbraně 47

3.4 Druhy střeliva ... 48

3.4.1 Střelivo krátkých palných zbraní ... 48
3.4.1.1 Pistolové náboje ... 48
3.4.1.2 Revolverové náboje ... 48

3.4.2 Střelivo dlouhých palných zbraní ... 49
3.4.2.1 Střelivo pro vojenské zbraně ... 49
3.4.2.2 Lovecké náboje ... 50
3.4.2.3 Náboje pro brokovnice ... 50

4 Balistika ... 53

4.1 Všeobecně ... 53
4.1.1 Odvětví balistiky ... 53

4.1.2 Řád hodnot balistických charakteristik ... 53

4.1.3 Průřezové zatížení střely ... 54

4.2 Děje v hlavni zbraně (vnitřní balistika) ... 55

4.2.1 Všeobecně ... 55

4.2.2 Průběh výstřelu ... 55
4.2.2.1 Iniciace ... 55
4.2.2.2 Hoření střelného prachu ... 55
4.2.2.3 Pohyb střely a průběh tlaku plynů ... 56
4.2.2.4 Energetická bilance ... 57

4.2.3 Zákony vnitřní balistiky ... 58
4.2.3.1 Vnitrobalistické rovnice ... 58
4.2.3.2 Expanzní poměr ... 59
4.2.3.3 Střední tlak plynů a poměr tlaku plynů ... 60
4.2.3.4 Heydenreichova metoda ... 60
4.2.3.5 Příklady výpočtů ... 62
4.2.3.6 Zátěžové síly ... 65

4.3 Výlet střely z hlavně (přechodová balistika) ... 66

4.3.1 Děje na ústí hlavně ... 66
4.3.1.1 Rychlost výtoku prachových plynů ... 66
4.3.1.2 Proudění plynů na ústí hlavně a jeho účinky ... 66
4.3.1.3 Světelné jevy ... 68

4.3.2 Zpětný ráz ... 68
4.3.2.1 Příčiny zpětného rázu ... 68
4.3.2.2 Stanovení impulsu zpětného rázu ... 68
4.3.2.3 Rychlost zákluzu a energie zpětného rázu ... 69
4.3.2.4 Zdvih ústí hlavně při výstřelu ... 70
4.3.2.5 Možnosti ovlivnění zpětného rázu ... 71

4.4.1 Všeobecně 72

4.4.2 Atmosféra 72

4.4.2.1 Vlastnosti vzduchu 72
4.4.2.2 Atmosféra ICAO 73
4.4.2.3 Skutečné atmosférické podmínky 74

4.4.3 Odpor vzduchu 75
4.4.3.1 Dynamický tlak 75
4.4.3.2 Součinitel odporu vzduchu 75
4.4.3.3 Složky odporu vzduchu 76

4.4.4 Další síly působící na střelu 77
4.4.4.1 Tíže 77
4.4.4.2 Hnací síly 79
4.4.4.3 Síly vyvolané vlastním pohybem střely 80

4.4.5 Výpočty drah střel 81
4.4.5.1 Všeobecně o výpočtech drah střel 81
4.4.5.2 Pohybové rovnice 81
4.4.5.3 Přibližné výpočty drah střel 82
4.4.5.4 Výška dráhy, metná dálka a ideální nástřelná dálka 84
4.4.5.5 Vliv příčného větru 85
4.4.5.6 Výstřel kolmo vzhůru ve vzduchu 86
4.4.5.7 Tabulky střelby 87

4.4.6 Stabilita a poslušnost 87
4.4.6.1 Definice stability 87
4.4.6.2 Podmínky stability střely 87
4.4.6.3 Rotačně stabilizované střely 89
4.4.6.4 Stabilizace nerotačních střel 90
4.4.6.5 Stabilizace náběžnou hranou 90
4.4.6.6 Poslušnost 90

4.4.7 Odraz střely 91
4.4.7.1 Všeobecně 91
4.4.7.2 Charakteristika odrazu střely 91
4.4.7.3 Kontakt střely s lehkou překážkou 93
4.4.7.4 Vliv deště 93
4.4.7.5 Kolmý dopad na tuhou překážku 94
4.4.7.6 Šikmý dopad na tuhou překážku 94
4.4.7.7 Dráha letu odražené střely 96

5 Kritéria zásahu . . . 97

5.1 Všeobecně . . . 97

5.2 Hodnocení náhodných jevů . . . 97
5.2.1 Základy . . . 97
5.2.1.1 Náhodné jevy . . . 97
5.2.1.2 Rozložení četnosti . . . 98
5.2.1.3 Normální rozložení . . . 100
5.2.1.4 Charakteristiky rozložení . . . 101
5.2.1.5 Kvantifikace obrazce zásahu . . . 101

5.2.2 Parametry polohy . . . 102
5.2.2.1 Střední hodnota a bod středního zásahu . . . 102
5.2.2.2 Medián . . . 102

5.2.3 Parametry rozptylu . . . 103
5.2.3.1 Standardní odchylka . . . 103
5.2.3.2 Pravděpodobná odchylka . . . 104
5.2.3.3 Rozsah a průměr kruhu rozptylu . . . 105

5.3 Vyhodnocení a posouzení obrazců zásahů . . . 106
5.3.1 Celek a namátková kontrola . . . 106
5.3.1.1 Celky . . . 106
5.3.1.2 Namátkové kontroly . . . 106

5.3.2 Plánování a provádění zkoumání . . . 106
5.3.2.1 Cíl zkoumání . . . 106
5.3.2.2 Velikost namátkového vzorku . . . 107
5.3.2.3 Průběh testů . . . 111

5.3.3 Praktické stanovení bodu středního zásahu a rozptylu . . . 111
5.3.3.1 Výpočet statistických veličin . . . 111
5.3.3.2 Přibližné stanovení bodu středního zásahu . . . 111
5.3.3.3 Přibližné stanovení rozptylu . . . 112
5.3.3.4 Skládání rozptylových obrazců . . . 113

5.3.4 Porovnání dvou rozptylových obrazců . . . 113
5.3.4.1 Srovnávací test rozptylu . . . 113
5.3.4.2 Porovnání rozptylu pomocí rozsahu a průměru obrazce rozptylu . . . 115
5.3.4.3 Porovnávací test středních hodnot . . . 115

5.3.5 Pravidla pro zjišťování zbloudilých ran . . . 117
5.3.5.1 Problém zbloudilých ran . . . 117
5.3.5.2 Vysvětlitelné zbloudilé rány . . . 117
5.3.5.3 Zbloudilé rány bez zjevné příčiny . . . 118
5.3.5.4 Kritéria zbloudilých ran . . . 118
5.3.5.5 Příklady výpočtů . . . 120

5.4 Vlivy na polohu bodu zásahu . . . 122
5.4.1 Chyby a rušivé vlivy . . . 122

5.4.2 Vliv chyb . . . 122
5.4.2.1 Chyby míření . . . 122
5.4.2.2 Natočení zbraně . . . 123
5.4.2.3 Střelba do svahu a ze svahu . . . 124

5.4.3 Rušivé vlivy . . . 125
5.4.3.1 Teplota nábojů . . . 125
5.4.3.2 Rozptyl hmotnosti střel . . . 125
5.4.3.3 Výtahová síla, průtlačný odpor, volný let . . . 126
5.4.3.4 Rušivé vlivy při výletu střely z hlavně . . . 126
5.4.3.5 Dodatečný účinek prachových plynů . . . 127
5.4.3.6 Rozptyl počáteční rychlosti střely . . . 127
5.4.3.7 Vliv větru . . . 127
5.4.3.8 Výkyvy tlaku a teploty vzduchu . . . 128

5.5 Pravděpodobnost zásahu a prognózy zásahu . . . 128
5.5.1 Stanovení pravděpodobnosti . . . 128
5.5.1.1 Všeobecně . . . 128
5.5.1.2 Relativní četnost . . . 129
5.5.1.3 Pravděpodobnost . . . 130
5.5.1.4 Stanovení dalších hodnot pravděpodobnosti . . . 130

5.5.2 Pravděpodobnost zásahu při terčové střelbě . . . 131
5.5.2.1 Pravděpodobnost zásahu kruhu daného poloměru . . . 131
5.5.2.2 Pravděpodobnost zásahu mezikruží . . . 132
5.5.2.3 Odhad standardní odchylky na základě získaného počtu bodů . . . 134
5.5.2.4 Vliv ráže a vzdálenosti střelby na pravděpodobnost zásahu . . . 135

5.5.3 Ovlivnění rozptylu . . . 136
5.5.3.1 Složky rozptylu . . . 136
5.5.3.2 Rozptyl a délka záměrné . . . 136
5.5.3.3 Kdy se vyplatí použití závodního střeliva? . . . 137

5.5.4 Pravděpodobnost zásahu při lovecké střelbě . . . 138
5.5.4.1 Ovlivnění polohy bodu středního zásahu . . . 138
5.5.4.2 Rozptyl polohy bodu středního zásahu . . . 139
5.5.4.3 Odhad rozsahu . . . 139

6 Střely a jejich účinek . . . 141

6.1 Konstrukce střel . . . 141
6.1.1 Základní princip střely . . . 141

6.1.2 Energetické poměry . . . 141

6.1.3 Historický vývoj střely . . . 143
6.1.3.1 Kamenné střely . . . 143
6.1.3.2 Šipky a šípy . . . 144
6.1.3.3 Koule . . . 145
6.1.3.4 Dlouhá střela . . . 146
6.1.3.5 Pistolové a revolverové střely . . . 147

6.1.4 Střely pro vojenské účely . . . 149
6.1.4.1 Homogenní a celoplášťové střely . . . 149
6.1.4.2 Střely se stopovkou . . . 150
6.1.4.3 Zápalné a výbušné střely . . . 151
6.1.4.4 Střely s tvrdým jádrem . . . 153
6.1.4.5 Střely s krátkou dráhou letu . . . 154
6.1.4.6 Brokovnicové střely . . . 155

6.1.5 Lovecké střely . . . 156
6.1.5.1 Ranné lovecké střely . . . 156
6.1.5.2 Rozpor mezi deformací a průbojností . . . 157
6.1.5.3 Předání energie a hloubka vniku . . . 158
6.1.5.4 Moderní lovecké střely . . . 159
6.1.5.5 Střely pro brokovnice . . . 161

6.1.6 Střely krátkých palných zbraní . . . 162
6.1.6.1 Protichůdné požadavky . . . 162
6.1.6.2 Klasické celoplášťové a homogenní střely . . . 163
6.1.6.3 Lehké homogenní střely . . . 164
6.1.6.4 Deformační střely . . . 165
6.1.6.5 Další konstrukce střel . . . 168
6.1.6.6 Takzvané „nesmrtící" střely . . . 171

6.1.7 Speciální konstrukce . . . 173
6.1.7.1 Podkaliberní střely a šipky . . . 173
6.1.7.2 Střely pro hlavně s kuželovitým vývrtem . . . 175
6.1.7.3 Trubková střela . . . 176
6.1.7.4 Vícenásobné střely . . . 177
6.1.7.5 Raketové střely . . . 178

6.2 Účinek střel na člověka a zvěř . . . 181
6.2.1 Základy účinku střelné zbraně . . . 181
6.2.2.1 Princip účinku střely . . . 181
6.2.2.2 Základy účinku střely . . . 181
6.2.2.3 „Porážející síla" střely . . . 182

6.2.3 Měřítka účinnosti . . . 183
6.2.3.1 Účinnost a účinek . . . 183
6.2.3.2 Základní veličiny . . . 183
6.2.3.3 Kritéria účinnosti na základě hybnosti střely . . . 183
6.2.3.4 Kritéria účinnosti na základě energie střely . . . 183
6.2.3.5 Statistická kritéria účinnosti . . . 188

6.2.4 Pohyb a chování střely v těle . . . 189
6.2.4.1 Všeobecně . . . 189
6.2.4.2 Simulační materiály . . . 189
6.2.4.3 Homogenní a celoplášťové střely . . . 190
6.2.4.4 Sférické a válcové střely . . . 192
6.2.4.5 Deformační a fragmentační střely . . . 192

6.2.5 Účinek střel a mezinárodní dohody . . . 194
6.2.5.1 Základy humánního vedení války . . . 194
6.2.5.2 Petrohradská deklarace z roku 1868 . . . 194
6.2.5.3 Střely Dum-Dum a Haagská konvence z roku 1899 . . . 194

6.2.5.4 Haagský řád pozemní války z roku 1907 . . . 195
6.2.5.5 Současná situace . . . 195

6.3 Účinek střel na tuhé materiály . . . 196
6.3.1 Průběh vniku střely . . . 196
6.3.1.1 Všeobecně . . . 196
6.3.1.2 Střižný model . . . 197
6.3.1.3 Průtlačný model . . . 197
6.3.1.4 Průstřel tenkých vrstev . . . 197

6.3.2 Chování střely v různých materiálech . . . 198
6.3.2.1 Kovy . . . 198
6.3.2.2 Dřevo . . . 198
6.3.2.3 Písek, zemina . . . 199
6.3.2.4 Sklovité látky . . . 199

Dodatek . . . 201

A.1 Tabulky . . . 201
A.1.1 Jednotky a označení . . . 201
A.1.1.1 Převod amerických jednotek na metrické . . . 201
A.1.1.2 Převod metrických jednotek na americké . . . 201
A.1.1.3 Ekvivalenty označení ráží . . . 202

A.1.2 Fyzikální údaje . . . 203
A.1.2.1 Materiály pro výrobu střel . . . 203
A.1.2.2 Momenty setrvačnosti a poloha těžiště vybraných typů střel . . . 203
A.1.2.3 Rozměry střel a vývrtů hlavní . . . 204

A.1.3 Balistické údaje . . . 206
A.1.3.1 Krátké palné zbraně . . . 206
A.1.3.2 Dlouhé palné zbraně (vojenské zbraně) . . . 207
A.1.4 Tabulky střelby . . . 208
A.1.4.1 Vysvětlivky k tabulkám střelby . . . 208
A.1.4.2 Krátké palné zbraně . . . 209
A.1.4.3 Dlouhé palné zbraně . . . 212

A.2 Pojmy a jejich definice . . . 217
A.2.1 Zbraně a střelivo . . . 217
A.2.2 Balistika . . . 218
A.2.3 Nauka o střelbě . . . 218

A.3 Přehled použité literatury . . . 219
A.3.1 Příručky . . . 219
A.3.2 Fyzikální základy . . . 219
A.3.3 Technické základy . . . 219
A.3.4 Balistika . . . 220
A.3.5 Kritéria zásahu . . . 220
A.3.6 Střely a jejich účinek . . . 221

A.4 Autoři obrázků . . . 222
A.5 Rejstřík pojmů . . . 223