

# Obsah

<b>Slovo úvodem</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>18</b>
1.1 Udržitelný rozvoj a alternativní materiály .....	18
1.2 Výhody používání alternativních materiálů .....	20
<b>2 Normativní základna</b> .....	<b>22</b>
<b>3 Environmentální aspekty</b> .....	<b>24</b>
3.1 Obecný přístup k environmentálnímu hodnocení. ....	25
3.2 Parametry pro environmentální hodnocení .....	26
3.3 Hodnocení rizik v místě výstavby a podmínky pro použití. ....	26
<b>4 Přehled alternativních materiálů</b> .....	<b>28</b>
4.1 Obecné technické požadavky. ....	31
4.2 Průkazní a kontrolní zkoušky .....	32
4.2.1 Průkazní zkoušky .....	32
4.2.2 Geotechnické průkazní zkoušky .....	32
4.2.3 Chemické průkazní zkoušky .....	32
4.2.4 Kontrolní zkoušky .....	33
<b>5 Recyklované materiály</b> .....	<b>34</b>
5.1 Obecné požadavky. ....	34
5.2 Termíny a definice. ....	35
5.3 Recyklovaný asfalt v zemních pracích. ....	37
5.3.1 Recyklovaný asfalt – fyzikálně-mechanické vlastnosti. ....	38
5.3.2 Postup výstavby .....	39
5.3.3 Zkušenosti z realizace .....	39
5.4 Recyklát z betonu, recyklát z cihel a zdiva, směsný recyklát .....	40
5.4.1 Recyklát z betonu a ze směsi betonu .....	40
5.4.2 Recyklát ze zdiva .....	41
5.4.3 Recyklát směsný .....	43
5.4.4 Výroba recyklátů na stavbách. ....	43
5.5 Recyklovaný štěrk kolejového lože. ....	45
5.6 Recyklované materiály – shrnutí. ....	47
<b>6 Produkty spalování uhlí</b> .....	<b>49</b>
6.1 Úvod a historie. ....	49
6.2 Původ a klasifikace .....	50
6.2.1 Klasifikace podle technologie spalování .....	50
6.2.2 Klasifikace podle chemického složení .....	51
6.3 Materiály pocházející z produktů spalování uhlí. ....	51
6.3.1 Materiály ze starých úložišť .....	52
6.4 Chemické a mineralogické složení. ....	53
6.4.1 Chemické složení. ....	53
6.4.2 Ztráta žháním .....	54
6.4.3 Mineralogické složení .....	55
6.4.4 Popílky po denitrifikaci .....	59

6.5	Environmentální požadavky . . . . .	60
6.6	Fyzikálně-mechanické vlastnosti. . . . .	61
6.6.1	Zrnitost . . . . .	61
6.6.2	Vlhkost, objemová hmotnost a zhutnitelnost . . . . .	62
6.6.3	Smyková pevnost. . . . .	64
6.6.4	Deformační vlastnosti . . . . .	65
6.6.5	Okamžitý poměr únosnosti (IBI), kalifornský poměr únosnosti (CBR) . . . . .	65
6.6.6	Objemové změny (bobtnání) . . . . .	65
6.6.7	Propustnost . . . . .	67
6.6.8	Fyzikálně-mechanické vlastnosti popílků po denitrifikaci. . . . .	67
6.7	Materiály ze spalování uhlí jako sypanina . . . . .	70
6.7.1	Požadavky na materiály ze spalování uhlí pro použití jako sypanina. . . . .	70
6.7.2	Praktické aplikace . . . . .	71
6.8	Popílký jako pojivo . . . . .	73
6.8.1	Požadavky na popílký pro použití jako pojivo . . . . .	73
6.8.2	Vlastnosti popílků jako pojiva . . . . .	74
6.8.3	Praktické aplikace . . . . .	77
6.9	Energosádovec . . . . .	79
6.10	Produkty ze spalování uhlí – shrnutí . . . . .	79
<b>7</b>	<b>Produkty spalování komunálního odpadu. . . . .</b>	<b>84</b>
7.1	Škvára ze spalování komunálního odpadu . . . . .	85
7.1.1	Způsoby nakládání se škvárou v Evropě . . . . .	85
7.1.2	Environmentální požadavky . . . . .	87
7.1.3	Technické požadavky . . . . .	88
7.2	Popílek ze spalování komunálního odpadu (MIFA). . . . .	89
7.3	Produkty spalování tuhých alternativních paliv z Teplárny Přerov . . . . .	90
7.3.1	Chemické složení produktů ze spalování TAP . . . . .	92
7.3.2	Produkty ze spalování TAP v zemních pracích . . . . .	92
7.4	Produkty ze spalování komunálního odpadu – shrnutí . . . . .	93
<b>8</b>	<b>Produkty spalování dalších materiálů. . . . .</b>	<b>96</b>
8.1	Produkty ze spalování biomasy . . . . .	96
8.1.1	Chemické složení produktů ze spalování biomasy . . . . .	97
8.1.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti produktů ze spalování biomasy . . . . .	98
8.1.3	Praktické aplikace . . . . .	99
8.2	Produkty ze spalování papírenských kalů . . . . .	100
8.2.1	Chemické složení popílků ze spalování papírenského kalu . . . . .	100
8.2.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti popílků ze spalování papírenských kalů. . . . .	100
8.2.3	Praktické aplikace. . . . .	101
8.3	Produkty ze spalování kalů z čistíren odpadních vod . . . . .	102
8.3.1	Chemické složení produktů spalování kalů z čistíren odpadních vod. . . . .	102
8.3.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti popílků ze spalování kalů z čistíren odpadních vod . . . . .	103
8.3.3	Praktické aplikace . . . . .	104
8.4	Produkty ze spalování hořlavých břidlic. . . . .	104
8.4.1	Chemické složení produktů ze spalování hořlavých břidlic . . . . .	104
8.4.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti produktů ze spalování hořlavých břidlic. . . . .	105
8.4.3	Praktické aplikace. . . . .	107
8.5	Produkty ze spalování dalších materiálů – shrnutí. . . . .	108

<b>9</b>	<b>Materiály z výroby železa a oceli</b>	<b>111</b>
9.1	Historie používání materiálů z výroby železa a oceli v zemních pracích.	111
9.2	Původ materiálů z výroby železa a oceli	112
9.2.1	Vysokopecní struska	112
9.2.2	Ocelářská struska	113
9.2.3	Ostatní materiály z výroby železa a oceli	114
9.3	Chemické a mineralogické složení materiálů z výroby železa a oceli.	114
9.4	Fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálů z výroby železa a oceli.	118
9.4.1	Zrnitost	118
9.4.2	Objemová hmotnost a zhutnitelnost	120
9.4.3	Smyková pevnost	120
9.4.4	Deformační vlastnosti	121
9.4.5	Objemová stálost materiálů z výroby železa a oceli	122
9.4.6	Experimentální zkoušky bobtnání a stanovení bobtnacího tlaku	127
9.5	Požadavky na materiály z výroby železa a oceli pro použití v zemních pracích.	130
9.5.1	Environmentální požadavky.	130
9.5.2	Technické požadavky.	131
9.6	Praktické aplikace	131
9.6.1	Granulovaná vysokopecní struska	132
9.6.2	Vzduchem chlazená vysokopecní struska	132
9.6.3	Ocelářská struska (BOF)	133
9.6.4	Ocelářské strusky z elektrických obloukových pecí a sekundární metalurgie	136
9.6.5	Hutní suť.	136
9.7	Granulovaná vysokopecní struska jako pojivo	138
9.7.1	Ocelářská struska pro úpravu zemin	139
9.8	Materiály z výroby železa a oceli - shrnutí.	140
<b>10</b>	<b>Materiály z výroby neželezných kovů</b>	<b>144</b>
10.1	Strusky neželezných kovů – obecně	144
10.2	Strusky z výroby mědi	145
10.2.1	Chemické a mineralogické složení strusky z výroby mědi	145
10.2.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti strusky z výroby mědi	145
10.2.3	Struska z výroby mědi v zemních pracích	146
10.3	Strusky z výroby ferromolybdenu	147
10.4	Strusky z výroby olova.	148
10.5	Strusky z výroby zinku.	148
10.6	Strusky z výroby ferrochromu	149
10.7	Strusky z výroby niklu	150
10.8	Strusky z výroby cínu	151
10.9	Strusky z výroby fosforu.	152
10.10	Materiály z výroby neželezných kovů – shrnutí	152
<b>11</b>	<b>Materiály ze slévárenství</b>	<b>155</b>
11.1	Slévárenský písek.	155
11.1.1	Zdroje slévárenského písku	155
11.1.2	Chemické a mineralogické složení	155
11.1.3	Fyzikálně-mechanické vlastnosti	156
11.1.4	Praktické aplikace.	156
11.2	Slévárenská kupolová struska.	157

11.3	Materiály ze slévárenství - shrnutí . . . . .	159
<b>12</b>	<b>Materiály z těžby a úpravy nerostných surovin . . . . .</b>	<b>160</b>
12.1	Uhelná hlušina . . . . .	160
12.1.1	Rozdělení uhelné hlušiny . . . . .	161
12.1.2	Chemické a mineralogické složení uhelné hlušiny . . . . .	162
12.1.2.1	Uhelná hmota v hlušině . . . . .	162
12.1.2.2	Náchylnost k samovznícení . . . . .	163
12.1.2.3	Metody stanovení a klasifikace náchylnosti uhlí k samovznícení . . . . .	165
12.1.2.4	Samovznícení hlušin . . . . .	167
12.1.2.5	Chemické a mineralogické složení prohořelé uhelné hlušiny . . . . .	172
12.1.2.6	Heterogenní intenzita výpalu hlušin na odvalech . . . . .	175
12.1.3	Fyzikálně-mechanické vlastnosti uhelné hlušiny . . . . .	175
12.1.3.1	Zrnitost . . . . .	175
12.1.3.2	Objemová hmotnost a zhutnitelnost . . . . .	176
12.1.3.3	Smyková pevnost . . . . .	179
12.1.3.4	Deformační vlastnosti . . . . .	180
12.1.4	Používání uhelné hlušiny jako sypaniny . . . . .	181
12.1.5	Praktické aplikace - dopravní stavby . . . . .	183
12.1.6	Uhelná hlušina ve vodohospodářských stavbách . . . . .	185
12.2	Předupravená skrývka z lomu . . . . .	188
12.3	Odpad z hořlavých břidlic . . . . .	192
12.3.1	Chemické vlastnosti . . . . .	192
12.3.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti . . . . .	193
12.3.3	Praktické aplikace . . . . .	193
12.4	Materiály z těžby a úpravy nerostných surovin – shrnutí . . . . .	193
<b>13</b>	<b>Vytěžené přírodní materiály . . . . .</b>	<b>197</b>
13.1	Materiály z ražeb tunelů . . . . .	197
13.1.1	Rozdělení materiálů z ražeb tunelů . . . . .	197
13.1.2	Chemické a mineralogické složení materiálů z ražeb tunelů . . . . .	200
13.1.3	Fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálů z ražeb tunelů . . . . .	200
13.1.4	Praktické aplikace . . . . .	202
13.2	Materiály těžené z vody . . . . .	202
13.2.1	Chemické a mineralogické složení . . . . .	203
13.2.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti . . . . .	203
13.2.3	Praktické aplikace . . . . .	205
13.3	Přírodní zeminy . . . . .	207
13.3.1	Ervěnický koridor . . . . .	207
13.4	Vytěžené přírodní materiály – shrnutí . . . . .	210
<b>14</b>	<b>Ostatní materiály . . . . .</b>	<b>212</b>
14.1	Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu . . . . .	212
14.1.1	Výstavba násypů z lehkého kameniva z expandovaného jílu . . . . .	214
14.1.2	Průkazní a kontrolní zkoušky . . . . .	215
14.1.3	Praktické aplikace . . . . .	216
14.2	Pěnové sklo . . . . .	218
14.2.1	Výstavba násypů z lehkého kameniva z pěnového skla . . . . .	218
14.2.2	Průkazní a kontrolní zkoušky . . . . .	220
14.2.3	Praktické aplikace . . . . .	220
14.3	Drcené sklo . . . . .	221

14.4	Odprašky z výroby vápna a cementu. . . . .	222
14.4.1	Chemické a mineralogické složení . . . . .	223
14.4.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti . . . . .	224
14.4.3	Odprašky z výroby vápna pro úpravu zemin . . . . .	224
14.4.4	Cementářské odprašky pro úpravu zemin . . . . .	225
14.4.5	Ověřování vlastností nově připravených hydraulických silničních pojiv s využitím vápenatých popílků a odprašků . . . . .	226
14.5	Drcené pneumatiky . . . . .	229
14.5.1	Fyzikálně-mechanické vlastnosti . . . . .	229
14.5.2	Násyp vylehčený drcenými pneumatikami. . . . .	229
14.5.3	Praktické aplikace. . . . .	231
14.6	Balíky pneumatik. . . . .	232
14.6.1	Fyzikálně-mechanické vlastnosti . . . . .	232
14.6.2	Výstavba násypu vylehčeného balíky pneumatik . . . . .	232
14.6.3	Praktické aplikace. . . . .	234
14.7	Průmyslové sádrovce . . . . .	236
14.7.1	Fosfosádrovec . . . . .	236
14.7.2	Chemosádrovec PRESTAB . . . . .	237
14.8	Další okrajové materiály. . . . .	243
14.9	Ostatní materiály – shrnutí . . . . .	244
<b>15</b>	<b>Závěry. . . . .</b>	<b>247</b>
	<b>Seznam obrázků. . . . .</b>	<b>249</b>
	<b>Seznam tabulek . . . . .</b>	<b>263</b>
	<b>Alternative materials in earthworks – English summary . . . . .</b>	<b>267</b>
1	Introduction . . . . .	267
2	Standards and specifications . . . . .	267
3	Environmental aspects. . . . .	268
4	A list of alternative materials . . . . .	268
5	Recycled materials . . . . .	270
6	Coal combustion products . . . . .	271
7	Municipal solid waste incineration products . . . . .	271
8	Other combustion residues . . . . .	272
9	Materials from iron and steel production . . . . .	273
10	Non-ferrous slags. . . . .	273
11	Materials from foundry industry . . . . .	274
12	Materials from mining and processing industry . . . . .	274
13	Excavated natural materials. . . . .	275
14	Miscellaneous materials . . . . .	276
15	Conclusions. . . . .	276