

TP 268

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

**ALTERNATIVNÍ MATERIÁLY
V ZEMNÍM TĚLESE
POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**

červen 2024



Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. MD-34078/2024-940/2 ze dne 27. 6. 2024 **s účinností od 1. 7. 2024**, se současným zrušením TP 93 schválené Ministerstvem dopravy, Odborem infrastruktury pod č. j. 58/11-910-IPK/1 ze dne 20. ledna 2011 s účinností od 1. února 2011, TP 138 schválené Ministerstvem dopravy, Odborem infrastruktury pod č. j. 218/11-910-IPK/1 ze dne 14. 3. 2011 s účinností od 1. dubna 2011 a TP 176 schválené Ministerstvem dopravy, Odborem infrastruktury pod č. j. 128/11-910-IPK/1 ze dne 9.2.2011 s účinností od 1. 3. 2011.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjpk.rsd.cz.

Obsah

1 ÚVOD.....	5
1.1 Předmět technických podmínek	5
1.2 Změny oproti předchozí verzi	5
1.3 Související právní předpisy.....	6
1.4 Související technické normy.....	6
1.5 Související technické předpisy Ministerstva dopravy	8
1.6 Související zahraniční předpisy	8
1.7 Použitá literatura	9
1.8 Termíny a definice.....	9
1.9 Značky	14
2 OBECNÉ TECHNICKÉ POŽADAVKY	16
3 OBECNÉ ENVIRONMENTÁLNÍ POŽADAVKY	17
3.1 Všeobecně.....	17
3.2 Obecný přístup k environmentálnímu hodnocení	17
3.3 Parametry pro environmentální hodnocení	18
3.3.1 Environmentální vlastnosti pro hodnocení materiálů	18
3.3.2 Hodnocení rizik v místě výstavby a podmínky pro použití	19
4 POSTUP PŘI ZAVÁDĚNÍ NOVÉHO MATERIÁLU.....	19
5 PRŮKAZNÍ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY	20
5.1 Průkazní zkoušky	20
5.1.1 Geotechnické průkazní zkoušky.....	20
5.1.2 Chemické průkazní zkoušky	21
5.2 Kontrolní zkoušky.....	21
6 BOZP.....	21
6.1 Všeobecně.....	21
6.2 Prašnost.....	22
6.3 Splachy a výluhy	22
7 SPECIFICKÉ POŽADAVKY NA JEDNOTLIVÉ SKUPINY MATERIÁLŮ	22
7.1 Recyklované materiály a stavebně-demoliční odpad	22
7.2 Produkty spalování komunálního odpadu	23
7.2.1 Termíny a definice	23
7.2.2 Všeobecné požadavky.....	23
7.2.3 Environmentální požadavky.....	24
7.2.4 Technické požadavky	25
7.2.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze spalování komunálního odpadu.....	25
7.2.6 Průkazní a kontrolní zkoušky	25
7.3 Vedlejší energetické produkty ze spalování uhlí.....	25
7.3.1 Termíny a definice	25

7.3.2	Všeobecné požadavky.....	26
7.3.3	Environmentální požadavky.....	26
7.3.4	Technické požadavky	27
7.3.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí	29
7.3.5.1	Obecně.....	29
7.3.5.2	Konstrukční požadavky	31
7.3.5.3	Provádění násypu, zásypu, obsypu.....	32
7.3.5.4	Svahy násypu z vedlejších energetických produktů	33
7.3.5.5	Zhutňování.....	33
7.3.5.6	Opatření při přerušení prací	34
7.3.5.7	Povětrnostní podmínky	34
7.3.6	Aktivní zóna a zemní plášť	34
7.3.7	Průkazní a kontrolní zkoušky	35
7.4	Materiály z výroby železa a oceli	35
7.4.1	Termíny a definice	35
7.4.2	Všeobecné požadavky.....	36
7.4.3	Environmentální požadavky.....	37
7.4.4	Technické požadavky	38
7.4.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z výroby železa a oceli	38
7.4.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	39
7.5	Materiály z výroby neželezných kovů	40
7.5.1	Termíny a definice	40
7.5.2	Všeobecné požadavky.....	40
7.5.3	Environmentální požadavky.....	40
7.5.4	Technické požadavky	41
7.5.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z výroby neželezných kovů.....	41
7.5.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	41
7.6	Materiály ze slévárenství	42
7.6.1	Termíny a definice	42
7.6.2	Všeobecné požadavky.....	42
7.6.3	Environmentální požadavky.....	42
7.6.4	Technické požadavky	43
7.6.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze slévárenství.....	43
7.6.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	43
7.7	Materiály z těžby a úpravy surovin (hlušiny)	43
7.7.1	Termíny a definice	43
7.7.2	Všeobecné požadavky.....	44
7.7.3	Environmentální požadavky.....	45
7.7.4	Technické požadavky	45

7.7.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím hlušin	46
7.7.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	47
7.8	Vytěžené přírodní materiály	48
7.8.1	Termíny a definice	48
7.8.2	Všeobecné požadavky.....	49
7.8.3	Environmentální požadavky.....	49
7.8.4	Technické požadavky	50
7.8.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím vytěžených přírodních materiálů	51
7.8.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	51
7.9	Produkty spalování jiných materiálů.....	51
7.9.1	Termíny a definice	51
7.9.2	Všeobecné požadavky.....	52
7.9.3	Environmentální požadavky.....	52
7.9.4	Technické požadavky	53
7.9.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze spalování jiných materiálů	53
7.9.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	53
7.10	Různé.....	53
7.10.1	Termíny a definice	53
7.10.2	Všeobecné požadavky.....	54
7.10.3	Environmentální požadavky.....	54
7.10.4	Technické požadavky	54
7.10.5	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z této skupiny	54
7.10.6	Průkazní a kontrolní zkoušky	55
PŘÍLOHA 1 VÝSTAVBA NÁSYPŮ Z VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ ZE SPALOVÁNÍ UHLÍ A PRODUKTŮ SPALOVÁNÍ JINÝCH MATERIÁLŮ		56
PŘÍLOHA 2 STANOVENÍ LINEÁRNÍHO BOBTNÁNÍ PRO VEDLEJŠÍ ENERGETICKÉ PRODUKTY.....		58
PŘÍLOHA 3 STANOVENÍ DÉLKY TECHNOLOGICKÉ PRODLEVY PRO VEDLEJŠÍ ENERGETICKÉ PRODUKTY		59
PŘÍLOHA 4 ZTRÁTA ŽIHÁNÍM A OBSAH SPALITELNÝCH LÁTEK.....		61
PŘÍLOHA 5 OBJEMOVÁ STÁLOST STRUSEK Z VÝROBY ŽELEZA A OCELI.....		70
PŘÍLOHA 6 STANOVENÍ ROZPADAVOSTI VYSOKOPECNÍ STRUSKY PAŘENÍM V AUTOKLÁVU		76
PŘÍLOHA 7 ZKOUŠKY VYLUHOVATELNOSTI		78

1 Úvod

1.1 Předmět technických podmínek

Technický předpis popisuje používání alternativních materiálů v zemních pracích na stavbách pozemních komunikací.

Předpis neřeší používání kameniva vyrobeného z alternativních surovin v konstrukčních vrstvách. Podrobnosti týkající se kameniva vyrobeného z alternativních surovin jsou uvedeny v ČSN EN 13242+A1 a v CEN/TS 17438 Source materials considered in the development of the Aggregate standards of TC 154 (*Zdroje materiálů uvažované v přípravě norem pro kamenivo v rámci Technického výboru 154*) z roku 2020.

Předpis neřeší používání některých alternativních materiálů jako pojiva nebo složky některých pojiv pro úpravu zemin (např. popílků, granulovaná vysokopecní struska). Problematiku úpravy zemin řeší ČSN EN 14227-15 a ČSN EN 16907-4.

Obecné podmínky pro návrh a realizaci zemního tělesa s použitím alternativních materiálů jsou uvedeny v ČSN EN 1997-1. Z hlediska realizace jsou obecné požadavky uvedeny v ČSN EN 16907-1 a ČSN EN 16907-3. Návrh zemního tělesa s použitím alternativních materiálů musí současně splňovat požadavky ČSN 73 6133, zejména pokud jde o stabilitu. Při návrhu zemního tělesa s použitím alternativních materiálů v přechodových oblastech mostů se musí respektovat požadavky ČSN 73 6244.

1.2 Změny oproti předchozí verzi

Jedná se o nový předpis, který plně nahrazuje následující předpisy v oblasti zemních prací:

- TP 93 Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů,
- TP 138 Užití struskového kameniva do pozemních komunikací,
- TP 176 Hlušinová sypanina v tělese pozemních komunikací,

Tyto TP zahrnují všechny alternativní materiály, podobně jako je tomu v evropské praxi, kde se v současné době (04/2024) dokončuje technická zpráva CEN/TR 16907-8 Zemní práce – Část 8: Alternativní materiály v zemních pracích.

Předpis TP 210 byl revidován a využití recyklovaných materiálů v zemních pracích je v něm popsáno. V případě řešení problematiky recyklovaných materiálů se na něj TP 198 odkazují. Některé kapitoly původních předpisů se věnovaly i konstrukčním vrstvám. Po zrušení původních předpisů, jsou požadavky na materiály popisované v TP 93, TP 138 a TP 176 v konstrukčních vrstvách uvedené v příslušných evropských normách pro kamenivo, hlavně v ČSN EN 13242+A1.

Nový předpis vychází jednak z předpisů původních, jednak doplňuje informace z připravovaného dokumentu CEN/TR 16907-8. K nejdůležitějším aspektům patří sjednocení terminologie s evropskou praxí a zjednodušení procesu používání jednotlivých materiálů. Přejímá i strukturu nového evropského předpisu, kdy se skládá z obecné části společné pro všechny popisované materiály a z části věnující se jednotlivým skupinám alternativních materiálů s důrazem na jejich specifika (použití a omezení v zemním tělese pozemních komunikací, průkazní a kontrolní zkoušky, technologické postupy apod.).

1.3 Související právní předpisy

Předpisy uvedené v těchto TP je nutno chápat jako předpis v platném znění.

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/21/ES ze dne 15. března 2006 o nakládání s odpady z těžebního průmyslu a o změně směrnice 2004/35/ES

Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů),

Vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje

1.4 Související technické normy

U datovaných odkazů platí pouze citované vydání. U nedatovaných odkazů platí poslední vydání daného dokumentu (včetně všech změn a dodatků).

ČSN 72 1006	Kontrola zhutnění zemin a sypanin
ČSN 72 1010	Stanovení objemové hmotnosti zemin. Laboratorní a polní metody
ČSN 72 1018	Laboratorní stanovení relativní ulehlosti nesoudržných zemin
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 6244	Přechody mostů pozemních komunikací
ČSN EN 450-1	Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody
ČSN EN 1097-2	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení
ČSN EN 1097-5	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně
ČSN EN 1744-1+A1	Zkoušení chemických vlastností kameniva – Část 1: Chemický rozbor
ČSN EN 1997-1	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
ČSN EN 1997-2	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
ČSN EN 12457-1	Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Část 1: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru

	kapalné a pevné fáze 2 l/kg pro materiály s vysokým obsahem sušiny a zrnitostí menší než 4 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)
ČSN EN 12457-2	Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Část 2: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 4 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)
ČSN EN 12457-3	Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Část 3: Dvoustupňová vsádková zkouška při poměrech kapalné a pevné fáze 2 l/kg a 8 l/kg pro materiály s vysokým obsahem sušiny a zrnitostí menší než 4 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)
ČSN EN 12457-4	Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)
ČSN EN 12920+A1	Charakterizace odpadů – Metodický postup pro stanovení vyluhovatelnosti odpadů za definovaných podmínek
ČSN EN 13242+A1	Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
ČSN EN 13286-2	Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška
ČSN EN 13286-47	Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání
ČSN EN 14227-4	Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 4: Popílký pro směsi stmelené hydraulickými pojivy
ČSN EN 14227-15	Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 15: Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy
ČSN EN 14243-1	Materiálové využití pneumatik na konci životnosti – Část 1: Obecné definice týkající se metod stanovení jejich rozměrů a nečistot
ČSN EN 16907-1	Zemní práce – Část 1: Zásady a obecná pravidla
ČSN EN 16907-2	Zemní práce – Část 2: Klasifikace materiálů
ČSN EN 16907-3	Zemní práce – Část 3: Stavební postupy
ČSN EN 16907-4	Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy
ČSN EN 16907-5	Zemní práce – Část 5: Kontrola kvality
ČSN EN 16907-6	Zemní práce – Část 6: Rekultivace terénu materiálem těženým z vody
ČSN EN 16907-7	Zemní práce – Část 7: Hydraulické ukládání minerálních odpadů
prEN TR 16907-8	Earthworks – Part 8: Alternative materials in earthworks (v přípravě)

ČSN P CEN/TS 17006	Zemní práce – Kontinuální kontrola hutnění (CCC)
CEN/TS 17438	Source materials considered in the development of the Aggregate standards of TC 154
ČSN EN 17542-1	Zemní práce – Geotechnické laboratorní zkoušky – Část 1: Zkouška rozpadavosti
ČSN EN 17542-2	Zemní práce – Geotechnické laboratorní zkoušky – Část 2: Zkouška drtitelnosti
ČSN EN ISO 17892-4	Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 4: Stanovení zrnitosti
ČSN EN ISO 21640	Tuhá alternativní paliva – Specifikace a třídy
ČSN EN ISO 22475-1	Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1: Zásady provádění odběru vzorků zemin, hornin a podzemní vody

1.5 Související technické předpisy Ministerstva dopravy

TP 53	Protierozní opatření na svazích PK
TP 94	Úprava zemin
TP 97	Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací
TP 146	Provádění výkopů a jejich zásypů ve stávajících pozemních komunikacích
TP 198	Vylehčené násypy PK
TP 210	Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do PK
TKP 1	Všeobecně
TKP 4	Zemní práce
TKP 13	Vegetační úpravy
TKP 30	Speciální zemní konstrukce
Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK)	

1.6 Související zahraniční předpisy

ASTM C 618-22	Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete
ASTM E1861-97	Standard guide for use of coal combustion by – products in structural fills
ASTM E2277-03	Standard guide for design and construction of coal ash structural fills
BS 6031	Code of Practice for Earthworks
BS 6543	Use of industrial by-products and waste materials in building and civil engineering
Guide d'utilisation des matériaux lorrains en technique routière - Les Laitiers de Haut Fourneau. Février 2010. CFTR – CETE Est (https://ofrir2.ifsttar.fr/materiaux/categorie-de-materiaux/residus-sous-produits-industriels-miniers/laitiers-de-haut-fourneau)	

Manual of Contract Documents for Highway Works, Volume 1 – Specification for Highway Works, Series 600 – Earthworks. Highways England. (www.standardsforhighways.co.uk)

Manual of Contract Documents for Highway Works, Volume 2 – Notes for Guidance on the Specification for Highway Works. Highways England. (www.standardsforhighways.co.uk)

PAS 108:2007 Specification for the production of tyre bales for use in construction. British Standard Institution. 2007.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento. 2015.

ZTV E-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. FGSV Verlag GmbH Köln

1.7 Použitá literatura

DUEÑAS J. W., PARRILLA ALCAIDE A., GEPP J. E.: Guidelines for the use of Shredded Tyres (ST) in earth-structures. 5th Seminar on Earthworks in Europe. Prague. 2022.

FEČKO P. et al.: Popílky. VŠB TU Ostrava. 2003.

KRESTA F.: Druhotné suroviny v dopravním stavitelství. VŠB TU Ostrava, 144 s. 2012.

NOWAK P.: The use of Glass Sand for Highway Embankment Construction. 5th Seminar on Earthworks in Europe. Prague. 2022.

NOWAK P., GILBERT P.: Earthworks: a guide. Second edition. Thomas Telford Publishing London. 2015.

OGGERI C., FENOGLIO T.M., VINAI R.: Tunnelling muck classification: definition and application. Proceedings of the World Tunnel Congress 2017. Bergen Norway. 2017.

ROBL T., OBERLINK A., JONES R.: Coal combustion products (CCP) Characteristics, Utilisation and Beneficiation. Woodhead Series in Energy. Woodhead Publishing. Elsevier. 2016.

SEAR L.K.A.: Properties and use of coal fly ash. Thomas Telford Publishing. London. 2001.

SHERWOOD P.T.: Alternative materials in road construction. Second edition. Thomas Telford Publishing. London. 2001.

WANG G.C.: The utilisation of slag in civil infrastructure construction. Woodhead Publishing. Amsterdam. 2016.

1.8 Termíny a definice

Základní termíny a definice používané v zemních pracích na pozemních komunikacích jsou uvedeny v ČSN 73 6133, ČSN EN 16907-1 a normách řady ČSN 73 6100.

Přehled skupin alternativních materiálů podle zdrojů a jejich zatřídění dle ČSN EN 16907-2 je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled zdrojů alternativních materiálů a jejich zatřídění dle ČSN EN 16907-2

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2
A	Průmysl recyklace stavebního a demoličního odpadu	AR
B	Průmysl spalování komunálního odpadu	AM
C	Průmysl spalování uhlí pro výrobu energie	AM
D	Průmysl železa a oceli	AM
E	Průmysl neželezných kovů	AM
F	Slévárenský průmysl	AM
G	Těžební průmysl	AN (AM)
H	Vytěžené přírodní materiály	AN
I	Produkty spalování jiných materiálů	AM
J	Různé	AM (AR)
<p><i>Vysvětlivky:</i> AM – manufactured materials (průmyslové materiály), AN – natural materials (přírodní materiály), AR – recycled materials (recyklované materiály)</p>		

Termíny a definice jednotlivých alternativních materiálů v tomto předpisu vycházejí z definic uvedených v CEN/TR 16907-8 a jsou uvedeny v tabulce 2.

Poznámka: TP 210 používá mírně odlišné definice recyklovaných materiálů. Není samostatně vyčleněna skupina recyklovaného štěrku kolejového lože, jako v tomto předpisu. Mezi recyklované materiály je v TP 210 zařazena i homogenizovaná a vytříděná zemina, která dle tohoto předpisu spadá do skupiny H vytěžené přírodní materiály.

Tabulka 2: Definice alternativních materiálů

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2	Materiál	Definice
A	Recyklované materiály a stavebně-demoliční odpad	AR	Recyklovaný asfalt	Materiál získaný zpracováním asfaltových vrstev.
			Recyklovaný beton	Materiál získaný zpracováním betonu.
			Recyklované cihly a zdivo	Materiál získaný zpracováním demoličních cihel a zdiva.
			Recyklované hydraulicky stmelené a nestmelené materiály	Materiál získaný zpracováním hydraulicky stmelených a nestmelených materiálů.
			Recyklát směsný	Materiál získaný zpracováním směsi asfaltových vrstev a/nebo betonu a/nebo demolice cihel a zdiva a/nebo stmelených a nestmelených vrstev.
			Recyklovaný štěrka kolejového lože	Materiál získaný recyklací železničního štěrku.
B	Produkty spalování komunálního odpadu	AM	Škvára ze spalování komunálního odpadu ¹ (kromě popílku) (MIBA)	Materiál získaný zpracováním škváry ² po spálení tuhého komunálního odpadu (domovního nebo průmyslového) v roštovém kotli, procesem fluidního spalování nebo procesem zplyňování. Dnes také označovaný jako MIBA (<i>Municipal incinerator bottom ash</i>)
			Popílek ze spalování komunálního odpadu (MIFA)	Materiál získaný z úletů po spálení tuhého komunálního odpadu (domovního nebo průmyslového) v roštovém kotli, procesem fluidního spalování nebo procesem zplyňování, zachycený systémy čištění spalin (<i>FGT – flue gas treatment</i>) a v některých případech elektrostatickými odlučovači. Dnes také označovaný jako MIFA (<i>Municipal Incinerator Fly Ash</i>).
C	Vedlejší energetické produkty ze spalování uhlí	AM	Popílek ze spalování uhlí – křemičitý	Materiál získaný ze spalin po spalování práškového černého (nebo hnědého) uhlí se spalovanými materiály nebo bez nich, zachycený elektrostatickými odlučovači s nízkým obsahem CaO.
			Popílek ze spalování uhlí – vápenatý	Materiál získaný ze spalin po spalování práškového hnědého uhlí se spalovanými materiály nebo bez nich zachycený elektrostatickými odlučovači s vysokým obsahem CaO.
			Popílek z fluidního spalování (FBCFA)	Materiál získaný ze spalin po spalování uhlí se spalováním nebo bez něj ve fluidních kotlích při teplotách 750 až 900 °C.
			Elektrárenská struska	Materiál získaný při spalování uhlí v kotlích při teplotách 1500 až 1700 °C s následným odstraňováním vlhkého popela z pecí.
			Škvára – křemičitá	Materiál ze dna kotlů získaný spalováním (černého nebo hnědého uhlí) se spalováním nebo bez něj s nízkým obsahem CaO.

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2	Materiál	Definice
			Škvára – vápenatá	Materiál ze dna kotlů získaný spalováním hnědého uhlí se spoluspalováním nebo bez něj s vysokým obsahem CaO.
			Ložový popel	Materiál získaný z fluidního lože fluidních spalovacích kotlů o teplotách 800 až 900 °C, získaný spalováním uhlí se spoluspalováním nebo bez něj.
D	Materiály z výroby železa a oceli	AM	Granulovaná vysokopecní struska (GBS) (sklovitá)	Materiál získaný při výrobě železa termochemickou redukcí ve vysoké peci. Tekutá struska se velmi rychle ochlazuje vodou. Získaným produktem je sklovitá granulovaná vysokopecní struska (GBS).
			Vzduchem chlazená vysokopecní struska (ABS) (krystalizovaná)	Materiál získaný při výrobě železa termochemickou redukcí ve vysoké peci. Tekutá struska pomalu chladne venku v jámě. Získaným produktem je krystalická vzduchem chlazená vysokopecní struska (ABS).
			Zásaditá ocelářská struska (konvertorová struska, BOS)	Materiál získaný přeměnou tekutého železa (horkého kovu) na ocel během dávkového zpracování v kyslíkové peci.
			Ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby uhlíkaté oceli, EAF C)	Materiál získaný tavením ocelového šrotu v elektrické obloukové peci, konvertoru a pánvích.
			Ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby nerezových / vysoce legovaných ocelí, EAF S)	Materiál získaný při výrobě nerezové nebo vysoce legované oceli v různých hutních nádobách, např. elektrická oblouková pec, konvertory a pánve.
			Ocelářské strusky sekundární metalurgie (SMS)	Materiál získaný při výrobě oceli v různých metalurgických nádobách, např. konvertorech a pánvích.
E	Materiály z výroby neželezných kovů	AM	Struska z výroby mědi	Materiál získaný při výrobě mědi při zpracování v peci.
			Struska z výroby feromolybdenu (slitiny železa a molybdenu)	Materiál získaný procesem metalotermické redukce za účelem výroby feromolybdenu z praženého molybdenitového koncentrátu a dalších surovin.
			Strusky z výroby zinku	Materiál získaný pyrometalurgicky při zpracování materiálů obsahujících zinek.
			Struska z výroby fosforu	Materiál získaný při výrobě fosforu procesem v elektrické obloukové peci
			Struska z výroby olova	Materiál získaný při výrobě olova.
			Struska z výroby ferochromu (slitiny železa a chromu)	Materiál získaný při výrobě ferochromu. Zpracování struskových produktů začíná ve fázi taveniny.

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2	Materiál	Definice
F	Materiály ze slévárenství	AM	Slévárenský písek	Materiál získaný ve slévárnách železa, oceli a litiny i ve slévárnách neželezných kovů při výrobě forem, přípravě formovacího materiálu a po odlití a vyjmutí z forem.
			Slévárenská kupolová struska	Materiál získaný v provozu slévárenské kupolové pece
G	Materiály z těžby a úpravy surovin	AN	Červená uhelná břidlice Prohořelá uhelná hlušina	Materiál vznikající prohořením uhelné hlušiny na odvale.
			Odpad z těžby černého uhlí (černá uhelná břidlice). Neprohořelá uhelná hlušina	Materiál z černé uhelné břidlice (černá uhelná hlušina).
			Předupravená skrývka z lomů /dolů	Materiál z těžebního průmyslu, který byl zpracován mechanicky. Zahrnuje hlušinu z rudních a nerudných ložisek.
			Odpad z ropných břidlic	Materiál získaný při zpracování ropných břidlic zahříváním za špatně oxidačních podmínek za účelem extrakce ropy.
H	Vytěžené přírodní materiály	AN	Materiály z ražby tunelů ve tvrdých horninách tradičními metodami	Hrubý materiál těžený pomocí trhacích prací v tvrdé hornině tradiční metodou (např. NRTM – Nová rakouská tunelovací metoda).
			Materiály z ražby tunelů v tvrdých horninách metodou TBM	Materiál vytěžený tunelovým razicím strojem (TBM) v tvrdé hornině.
			Materiály z ražby tunelů v poloskalních horninách pod ochranou štítu z bentonitu (<i>slurry shield</i>)	Materiál vytěžený pod ochranou štítu z bentonitu.
			Materiály z ražby tunelů v poloskalních horninách metodou rovnováhy zemního tlaku (<i>earth pressure</i>)	Materiál těžený pomocí TBM metodou rovnováhy zemního tlaku (<i>EPB – earth pressure balance</i>).
			Materiál těžený z vody – jemnozrnný	Jemnozrnný materiál vytěžený v jezerech, přehradách, přístavech nebo řekách, který vykazuje vysokou vlhkost a velmi nízkou únosnost i po uložení.
			Materiál těžený z vody – hrubozrnný	Písčitý nebo štěrkový materiál vytěžený v jezerech, přehradách, přístavech nebo řekách s dostatečně vysokou propustností, aby umožnil odvedení vody po uložení.
			Přírodní zeminy	Zpracované materiály z přírodních zemin. Zahrnuje rovněž lomové skrývky.

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2	Materiál	Definice
I	Produkty spalování jiných materiálů	AM	Popílek z papírenského kalu	Materiál získaný spalováním papírových kalů v roštových kotlích, fluidních kotlích nebo zplyňováním.
			Popel ze spalování kalů z čistíren odpadních vod	Materiál získaný spalováním kalů z čistíren odpadních vod (většinou komunálních kalů) procesem fluidního spalování.
			Popílek z biomasy	Materiál získaný spalováním biomasy.
			Popílek z ropných břidlic	Materiál získaný spalováním ropných břidlic.
J	Různé	AM	Drcené sklo	Materiál získaný zpracováním skla.
			Cementářenské a vápenné odprašky	Staré odvaly odprašků ze spalin cementářských a vápenných pecí.
			Drcené pneumatiky	Kousky vzniklé mechanickým procesem zpracování pneumatik.
			Balíky pneumatik	Zpracované pneumatiky tvořící balíky.
			Průmyslový sádrovec	Průmyslový sádrovec je vedlejším produktem průmyslových procesů. Obsahuje hlavně hydratované CaSO ₄ plus oxidy Fe a Ti.
			Okrajové materiály (místní zkušenost)	Tyto alternativní materiály jsou místní a nejsou součástí tohoto předpisu. Zahrnují např. kaolinit, produkty spalování rašeliny, rašelinový popel.

¹ Požadavky na MIBA vycházejí ze zkušeností s roštovými instalacemi.

² Škvára může obsahovat rovněž malé množství elektrářenské strusky.

1.9 Značky

ABS	vzduchem chlazená vysokopecní struska (<i>air-cooled blast furnace slag</i>)
BOS	zásaditá ocelářská struska (<i>basic oxygen furnace slag</i>)
CBR	kalifornský poměr únosnosti (<i>California Bearing Ratio</i>)
CCP	produkty spalování uhlí (<i>coal combustion products</i>)
CDW	stavebně-demoliční odpad (<i>construction and demolition waste</i>)
CO ₂	oxid uhličitý
C ₂ S	dikalcium silikát (slinkový minerál)
C ₃ S	trikalcium silikát (slinkový minerál)
CSH	kalcium silikát hydrát
D	míra zhutnění (viz ČSN 72 1006)

EAF S	ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby nerezových / vysoce legovaných ocelí) (<i>electric arc furnace slag from stainless/high alloy steel production</i>)
E AFC	ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby uhlíkaté oceli) (<i>electric arc furnace slag from carbon steel production</i>)
$E_{\text{def},2}$	modul přetvárnosti z druhé zatěžovací větve (viz ČSN 72 1006)
EPB	tunelovací metoda rovnováhy zemních tlaků (<i>earth pressure balance</i>)
FBC	ložový popel (fluidized bed combustion)
FBCFA	popílek z fluidního spalování (<i>fluidized bed combustion fly ash</i>)
FeS	sulfid železnatý
FGD	odsiřování plynů (flue gas desulphurisation)
FPC	systém řízení výroby (<i>factory production control</i>)
GBS	granulovaná vysokopecní struska (<i>granulated blast furnace slag</i>)
IBI	okamžitý index únosnosti (<i>immediate bearing index</i>)
IW	průmyslový odpad (<i>industrial waste</i>)
LA	součinitel Los Angeles (viz ČSN EN 1097-2)
LOI	ztráta žíháním (<i>loss on ignition</i>)
L/S	podíl kapalné a pevné fáze při zkouškách vyluhovatelnosti (<i>liquid /solid</i>)
Ls	lineární bobtnání (viz ČSN EN 13286-47)
MIBA	škvára ze spalování komunálního odpadu (<i>municipal incinerator bottom ash</i>)
MIFA	popílek ze spalování komunálního odpadu (<i>municipal incinerator fly ash</i>)
MnS	sulfid manganatý
MSW	komunální odpad (municipal solid waste)
n	pórovitost
NO _x	oxidy dusíku
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PHO	pásmo hygienické ochrany zdroje vody
PM	Proctor modifikovaný
PS	Proctor Standard
Q100	úroveň hladiny vody při stoleté povodni
REACH	Registrace, hodnocení a povolování chemických látek (<i>Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals</i>)
Rc	pevnost v prostém tlaku
SMS	ocelářské strusky sekundární metalurgie (<i>secondary metallurgical slags</i>)

SNCR	selektivní nekatalytická redukce (metoda denitrifikace) (<i>selective non-catalytic reduction</i>)
TAP	tuhá alternativní paliva (<i>solid recovery fuels</i>)
TBM	tunelovací stroj (<i>tunnel boring machine</i>)
TOC	obsah organického uhlíku (<i>total organic carbon</i>)
TP	Technické podmínky Ministerstva dopravy
VEP	vedlejší energetické produkty
w_{opt}	optimální vlhkost
ρ_{dmax}	maximální suchá objemová hmotnost

2 Obecné technické požadavky

V zemních pracích by měly být použity pouze takové materiály, jejichž vhodnost byla ověřena na základě laboratorních a terénních zkoušek.

Vzhledem k možné významné variabilitě alternativních materiálů by měly být používány pouze za podmínek stanovených v projektové dokumentaci a technologickém předpisu (TePř). Musí být definován:

- přesný popis;
- technologie jejich zpracování;
- navržené fyzikálně-mechanické vlastnosti;
- environmentální vlastnosti;
- trvanlivost mechanických vlastností (např. objemová stabilita atd.);
- kontrola kvality, včetně četnosti zkoušek.

Typické fyzikální, chemické a mechanické vlastnosti alternativních materiálů potenciálně použitelných při zemních pracích jsou uvedeny pro každou skupinu materiálů (kapitola 7).

Pokud jsou alternativní materiály deklarovány jako výrobky ve smyslu zák. č. 22/1997 Sb., pak musí splnit níže uvedená ustanovení.

Před zahájením prací musí zhotovitel předložit objednateli následující doklady o posouzení shody takto:

- a) Pro výrobky vyráběné a uváděné na trh podle českých technických norem, evropských norem, určených norem nebo stavebního technického osvědčení (STO), které jsou stanovenými výrobky podle Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, je to Prohlášení o shodě vydané výrobcem / dovozcem / zplnomocněným zástupcem a certifikát nebo jiný dokument o posouzení nebo ověření shody podle §5, §6, §7 nebo §8 Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.
- b) Pro výrobky vyráběné a uváděné na trh podle evropských harmonizovaných norem nebo evropského technického schválení (ETA), a na které se vztahuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění

stavebních výrobků na trh je to Prohlášení o vlastnostech vydané výrobcem / zplnomocněným zástupcem a Osvědčení o shodě řízení výroby podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, pokud je toto požadováno.

- c) Pro ostatní výrobky (viz čl.1.2.1 TKP 1), které nejsou stanovenými výrobky podle Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů je to Prohlášení shody s technickými specifikacemi vydané výrobcem/dovozcem a případně dobrovolným certifikát vydaným certifikačním orgánem. Oba tyto dokumenty musí odpovídat požadavkům metodického pokynu SJ-PK část II/5, příloha 2 v platném znění.

K prohlášením/certifikátům musí být vždy přiloženy příslušné protokoly o zkouškách s jejich výsledky a dále posouzení splnění požadovaných parametrů podle těchto TP a případných dalších a/nebo změněných (zejména zvýšených) požadavků ZTKP.

3 Obecné environmentální požadavky

Alternativní materiály se použijí v částech zemního tělesa určených projektovou dokumentací.

3.1 Všeobecně

Používání alternativních materiálů v zemních pracích je důležitým příspěvkem k evropské politice oběhového hospodářství, jejímž cílem je zvýšit účinné využívání zdrojů v oblasti stavebních činností a přispět k udržitelnosti výstavby.

Použití materiálů v zemních pracích, ať už přírodního nebo alternativního původu, musí brát v úvahu a řídit potenciální dopady na životní prostředí a zdraví, aby bylo zajištěno bezpečné používání materiálu. V kapitole 3 jsou popsány hlavní aspekty, které je třeba posoudit, aby byly zaručeny environmentální vlastnosti v souladu s použitím materiálu.

Poznámka: Použití alternativních materiálů při provádění zemních prací nepředjímá žádné rozhodnutí o jejich právním statusu (odpad, výrobek, materiál přestává být odpadem – end of waste).

3.2 Obecný přístup k environmentálnímu hodnocení

Řízení potenciálních dopadů materiálů na životní prostředí – přírodních nebo alternativních – pro zemní práce je založeno na přístupu k obecnému posouzení rizik, zda jsou vlastnosti materiálu slučitelné s podmínkami použití a s citlivostí prostředí, ve kterém mají být zemní práce provedeny.

Možné dopady na životní prostředí, které mohou být posuzovány při zemních pracích, jsou buď krátkodobé nebo dlouhodobé:

- Krátkodobé dopady na životní prostředí ve spojení s aplikací materiálů:
 - Potenciální kontaminace během aplikace (odnos jemných částic větrem nebo vyplavování během dočasného skladování před konečným zabudováním).
 - Potenciální rizika pro bezpečnost práce, např. z hlediska emisí prachu.
- Dlouhodobé dopady na životní prostředí v důsledku použití materiálů:

- Potenciální kontaminace zemin (v blízkosti, pod nebo nad oblastí aplikace) krátkodobým nebo dlouhodobým vyluhováním nebo přenosem chemických látek dešťovou vodou, povodněmi nebo větrným transportem.
- Potenciální kontaminace vod (podzemních nebo povrchových) buď přímo nebo po vyluhování a přenosu chemických látek dešťovou vodou nebo při povodních.

Pro použití materiálu v zemních pracích je nutné posoudit následující aspekty:

- Environmentální vlastnosti použitého materiálu (= vlastnosti zdroje; vysoký vs. nízký obsah a/nebo mobilizace znečišťujících látek).
- Expozice a podmínky použití s ohledem na environmentální citlivost oblasti (chráněné oblasti, podzemní voda vs. průmyslové oblasti) a typ aplikace.

3.3 Parametry pro environmentální hodnocení

3.3.1 Environmentální vlastnosti pro hodnocení materiálů

Existují různé přístupy ke stanovení nebo odhadu environmentálních vlastností použitého materiálu:

- 1) stanovení celkového obsahu příslušných chemických látek,
- 2) stanovení množství vyluhovatelných chemických látek:
 - jednoduchými zkouškami vyluhování s malým počtem vzorků (poměr kapalina / pevná látka 1 : 2 nebo 1 : 10),
 - nebo složitějšími a delšími zkouškami vyluhování (perkolační zkouška, statistická analýza výsledků pH),
- 3) zkoušky ekotoxicity,
- 4) pilotní experimenty.

U všech těchto přístupů má velký význam použitý způsob odběru vzorků, jehož cílem je poskytnout reprezentativní vzorky pro (obvykle velké množství) použitého materiálu. Lze tedy rozlišit dva hlavní způsoby vzorkování:

- Odběr jednotlivých vzorků: odebere se a analyzuje se určité množství materiálu.
- Kontinuální odběr vzorků: vzorky se odebírají ve stanovených intervalech buď po určité hmotnosti, případně objemu materiálu, nebo po určité době. Zkoušený materiál musí být v těchto intervalech homogenní.

Hlavním problémem je homogenita materiálu. Materiály vyrobené v kontrolovaných průmyslových zařízeních mívají dobrou homogenitu. V tomto případě může postačovat průběžné zkoušení jednotlivých vzorků. Materiály recyklačního původu (zejména stavební a demoliční odpad, výkopový materiál, materiály z ražeb tunelů) nebo materiály uložené na historických odvalech mohou být velmi nehomogenní. Proto je v jejich případě kontinuální odběr vzorků často nejvhodnější metodou.

Rovněž je nutné posoudit, zda znečištění kontaminovanými látkami je primární (tj. je dáno složením a chemickými vlastnostmi zdrojového materiálu) nebo sekundární, kdy došlo ke znečištění při dopravě nebo na deponii.

Pokud jsou materiály klasifikovány jako chemické látky, pak musí splnit požadavky (ES) 1907/2006 - REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*, tj. Registrace, Hodnocení a Povolování Chemických látek).

Pro vedlejší energetické produkty nebo materiály z výroby železa a oceli, které se nacházejí na starých úložištích, je nutné zajistit kvalifikovaný odběr sond z tělesa deponie nebo složiště a provést analýzy materiálu, které umožní posouzení shodnosti s již registrovanými látkami.

Radioaktivita

Podle zákona č. 263/2016 Sb. (Atomový zákon) a podle vyhl. č. 422/2016 Sb. nejsou definovány limitní hodnoty z hlediska radioaktivity pro stavební materiály používané u staveb s neobytným charakterem. Proto není v případě používání alternativních materiálů v zemním tělese pozemních komunikací posuzování radioaktivity relevantní.

Požadavky na environmentální vlastnosti a způsob jejich prokazování pro jednotlivé skupiny materiálů je uveden v kapitole 7.

3.3.2 Hodnocení rizik v místě výstavby a podmínky pro použití

Citlivost životního prostředí v oblasti, kde musí být provedeny zemní práce, je jedním z důležitých faktorů, které by měly být vzaty v úvahu při navrhování alternativních materiálů. Z hlediska životního prostředí lze určit a zvážit následující citlivé oblasti/cíle:

- oblasti ochrany vod,
- podzemní voda,
- oblasti kontaktu s povrchovými vodami,
- oblasti postižené povodněmi,
- chráněná přírodní území,
- oblasti s aktivní zemědělskou výrobou (rostlinná výroba, chov hospodářských zvířat).

Proto musí být zohledněny environmentální vlastnosti materiálů používaných při provádění zemních prací a musí být vyhodnoceny, aby byla zajištěna kompatibilita v citlivých oblastech.

Dalším klíčovým faktorem je expozice vůči odtékající dešťové vodě, která může způsobovat emise látek a přenášet tyto emise do vzdálených oblastí nebo vodních útvarů (podzemní vody, půda, povrchové vody). Expozice může být různá, pokud je materiál použit pod nepropustnou vrstvou (např. asfaltové vrstvy při stavbě silnic nebo pod stavebními konstrukcemi atd.) nebo je otevřen odtékající dešťové vodě (například stavba přehrady, krajnice silnic atd.).

Environmentální rizika při výstavbě jsou podrobně popsána v TKP 1 a musí být součástí Plánu ochrany životního prostředí a všech technologických předpisů na stavbě.

4 Postup při zavádění nového materiálu

Postup při zavádění nového materiálu musí zahrnovat:

- jasný a přesný popis materiálu;

- popis oblasti použití;
- technické informace;
- výsledky laboratorních a terénních zkoušek, zkušebních úseků;
- kritéria pro kontrolu kvality.

5 Průkazní a kontrolní zkoušky

5.1 Průkazní zkoušky

Stejně jako přírodní materiály mohou být v stavbě zemních prací použity alternativní materiály za předpokladu, že splňují specifikace konkrétní stavby. Ve všech případech musí splňovat tyto požadavky:

- musí být dodržována ustanovení právních předpisů týkajících se ochrany životního prostředí, ochrany zdraví a bezpečnosti a skladování a přepravy stavebních výrobků;
- fyzikální a chemické vlastnosti materiálů musí být schopny zaručit krátkodobou i dlouhodobou stabilitu a provozní podmínky zemní konstrukce.

Výběr zkoušek, které mají být provedeny, je spojen s navrhovaným použitím materiálů, jejich předpokládaným chováním a předpisy v oblasti životního prostředí v místě použití.

Zkoušení materiálů spadá do dvou kategorií:

- geotechnické
- a chemické/environmentální.

Parametry a četnost zkoušení se mohou lišit v závislosti na rizicích spojených s použitým materiálem, homogenitě materiálu ve vztahu ke geotechnickým a chemickým vlastnostem a v závislosti na místě, kde bude materiál umístěn.

5.1.1 Geotechnické průkazní zkoušky

Geotechnické zkoušky se musí provádět za účelem stanovení krátkodobých a dlouhodobých vlastností materiálů.

Volba geotechnických zkoušek je stejná jako u přírodních zemin a musí zahrnovat dostatečné množství druhů a počtu zkoušek, aby bylo možné přesně stanovit reprezentativní vlastnosti a chování materiálu.

Pro geotechnické zkoušky alternativních materiálů se použijí platné evropské a národní normy.

Přehled požadovaných geotechnických zkoušek pro jednotlivé skupiny materiálů, včetně zkoušek specifických pro dané materiály a kritéria pro aplikaci jednotlivých materiálů, je uveden v kapitole 7.

V případě nedostatků zkušeností s konkrétním materiálem se doporučuje zřídit zkušební násyp a ověřit jeho vlastnosti při zhutňovací zkoušce. Rozsah zkušebního násypu je podrobně popsán v ČSN EN 16907-3, příloze A.2.

Minimální rozměry zkušebního násypu jsou délka 30 m a šířka rovnající se trojnásobku šířky zhutňovacího zařízení, přičemž měření tloušťky vrstvy se provádí na středním pruhu. Při použití materiálu jako výhradního zdroje sypaniny násypu musí být položeny nejméně čtyři zhutněné vrstvy.

5.1.2 Chemické průkazní zkoušky

Kromě geotechnických zkoušek by měly být provedeny chemické zkoušky s cílem určit, zda existuje potenciální riziko pro životní prostředí při použití alternativního materiálu.

Výběr chemických zkoušek by měl být proveden ve vztahu k potenciálním rizikům spojeným s konkrétním alternativním materiálem a veškerým identifikovaným rizikům spojeným s určeným místem použití.

Měla by být posouzena doba trvání chemických zkoušek, zejména při zkoušení výluhů, protože obsah škodlivin ve výluzích se v průběhu času obvykle mění.

Pro chemické zkoušení alternativních materiálů by měly být použité evropské a národní normy.

Přehled požadovaných chemických zkoušek pro jednotlivé skupiny materiálů, včetně zkoušek specifických pro dané materiály a kritéria pro aplikaci jednotlivých materiálů, je uveden v kapitole 7.

5.2 Kontrolní zkoušky

Kontrolní geotechnické a chemické zkoušky se provádějí během výstavby, aby se zajistilo, že použitý materiál je v souladu se specifikací projektu. Volba a četnost zkoušení musí být specifické pro daný projekt. Jejich specifikace by měla být založena na požadavcích zákazníka, na posouzení rizik a měla by zohledňovat povahu a zamýšlené použití alternativních materiálů.

Kontrolní zkoušky by měly zohlednit potenciální nehomogenitu alternativních materiálů. Kontrolní zkoušky by měly být také použity k posouzení odchylky použitého materiálu od materiálu zkoušeného před výstavbou.

Všechna místa zkoušek by měla být zaznamenána ve vztahu k umístění v zemním tělese.

Pro kontrolní zkoušky se používají evropské a národní normy.

Přehled a četnost požadovaných kontrolních zkoušek pro jednotlivé skupiny materiálů, včetně zkoušek specifických pro dané materiály a kritéria pro přejímku zabudovaných jednotlivých materiálů, je uveden v kapitole 7.

6 BOZP

6.1 Všeobecně

Existují jak evropské, tak národní předpisy týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví. Jejich přehled je uveden v TKP 1.

Použití alternativních materiálů při zemních pracích vyžaduje, aby se pracovníkům, kteří s nimi pracují, dostalo odpovídající osobní ochrany. Druh požadované osobní ochrany bude záviset na klasifikaci a posouzení rizik použitého materiálu. Typickými osobními ochrannými prostředky mohou být respirátory, kombinézy, rukavice, brýle atd.

6.2 Prašnost

Jedním z největších potenciálních rizik pro zdraví a bezpečnost je poléťavý prach během zemních prací. Ke snížení rizika prašnosti se používají kropičky, rozprašovače nebo podobné vybavení.

6.3 Splachy a výluhy

Odtékající voda a výluhy (průsaky) mohou vést k potenciálním zdravotním a bezpečnostním problémům jak na místě, tak mimo něj. V případě potřeby je třeba přijmout opatření, aby se zabránilo jakémukoli průsakovému úniku nebo odtoku z místa. To je obvykle ve formě příkopů a odkalovacích nádrží apod. v závislosti na riziku použití materiálu.

7 Specifické požadavky na jednotlivé skupiny materiálů

K jednotlivým skupinám materiálů jsou shrnuty základní informace zahrnující:

- definice materiálů ve skupině;
- popis materiálů ve skupině;
- typické aplikace v zemních pracích;
- specifické technické vlastnosti – chemické, mineralogické, fyzikálně-mechanické;
- specifické environmentální vlastnosti;
- technologické požadavky na výstavbu;
- dlouhodobé vlastnosti;
- doporučené specifické zkoušky a jejich četnost.

7.1 Recyklované materiály a stavebně-demoliční odpad

Do skupiny recyklovaných materiálů patří:

- recyklovaný asfalt,
- recyklovaný beton,
- recyklované cihly a zdivo,
- recyklované hydraulicky stmelené a nestmelené materiály,
- směsné recyklované materiály (asfalt, beton, cihly a zdivo, stmelené a nestmelené materiály),
- recyklovaný štěrk kolejového lože.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8. Termíny a definice jednotlivých alternativních materiálů v tomto předpisu vycházejí z definic uvedených v prCEN/TR 16907-8.

Používání recyklovaných materiálů v zemním tělese pozemních komunikací je popsáno v TP 210, a proto není tato problematika podrobněji popisována v tomto předpise.

Poznámka: TP 210 používá mírně odlišné definice recyklovaných materiálů. Není samostatně vyčleněna skupina recyklovaného štěrku kolejového lože, jako v tomto předpisu. Mezi recyklované materiály je v TP 210 zařazena

i homogenizovaná a vytríděná zemina, která podle tohoto předpisu spadá do skupiny H vytěžené přírodní materiály.

7.2 Produkty spalování komunálního odpadu

7.2.1 Termíny a definice

Do skupiny produktů spalování komunálního odpadu patří:

- škvára ze spalování komunálního odpadu (kromě popílku) (MIBA),
- popílek ze spalování komunálního odpadu (MIFA).

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

Doposud nezařazenými materiály jsou produkty spalování tuhých alternativních paliv (TAP), které jsou popsány v ČSN EN ISO 21640 a které jsou nejčastěji vyráběny z komunálního odpadu.

Tuhá alternativní paliva jsou vyrobena z odpadů neklasifikovaných jako nebezpečné. Tuhé alternativní palivo je výrobkem z komunálního (MSW – *municipal solid waste*), komerčního (CW – *commercial waste*), průmyslového (IW – *industrial waste*) nebo stavebně demoličního (CDW – *construction and demolition waste*) odpadu po určité jeho úpravě v zařízení na výrobu TAP, které má schválený příslušný provozní řád. Mezi tuhá alternativní paliva nepatří neupravený komunální odpad.

Vlastnosti produktů spalování tuhých alternativních paliv se liší od vlastností produktů spalování neupraveného komunálního odpadu.

V České republice se produkty spalování komunálního odpadu ani produkty spalování TAP v zemních pracích zatím nepoužívají. Byly provedeny jen některé pilotní aplikace.

Je velmi pravděpodobné, že jejich význam stoupne s útlumem spalování uhlí v tepelných elektrárnách a teplárnách. Jejich použití je podmíněno rozsáhlým výzkumem jejich vlastností, jak z hlediska environmentálního, tak z hlediska geotechnického a technologického.

Protože neexistují praktické zkušenosti s použitím těchto materiálů v České republice, jsou níže uvedena doporučení, která by měla být zahrnuta do procesu ověřování jejich použití v zemních pracích.

7.2.2 Všeobecné požadavky

Všeobecné požadavky na používání produktů spalování komunálního odpadu a spalování TAP zatím nebyly specifikovány. Doporučujeme vycházet ze všeobecných požadavků pro produkty spalování uhlí (viz kap. 7.3.2) a postupně je upřesňovat. Zatím byly specifikovány některé požadavky na použití škváry ze spalování komunálního odpadu (viz příloha 6 Vyhl. 273/2021 Sb.).

Poznámka: Technologicky se jedná o škváru (zůstatek na roštu), ale dle katalogu odpadů se tento materiál označuje jako struska ze spalování ostatního odpadu (katalogové číslo odpadu 19 01 12) a jako struska je tento materiál uveden ve vyhl. č. 273/2021 Sb., v příloze 6.

Škváru z komunálního odpadu lze použít, pokud prošla procesem, jehož součástí je vytrídění železných a neželezných kovů, a procesem zrání, kdy se stabilizuje minerální frakce odpadu, a to absorpcí atmosférického CO₂, odváděním přebytečné vody a oxidací, součástí tohoto procesu je skladování na volném prostranství nebo v zakrytých budovách, na vodohospodářsky zabezpečené ploše alespoň po dobu 28 dnů (viz vyhl. č. 273/2021 Sb., čl. 1b přílohy 6).

Pravděpodobně bude možné popílký ze spalování komunálního odpadu a spalování TAP využít i pro mechanickou úpravu zemin (vlhkosti, zrnitosti). Použití těchto materiálů pro úpravu zemin zatím nebylo zobecněno ani na evropské úrovni.

7.2.3 Environmentální požadavky

Obsah těžkých kovů ve výluhu pro škváru ze spalování komunálního odpadu je dán přílohou 6 vyhl. č. 273/2021 Sb. (tabulka 3). Rovněž musí být splněny další požadavky (obsah škodlivých prvků v sušině) dle přílohy 6 vyhl. č. 273/2021 Sb. a musí jít o vyzrálý materiál. Nelze používat materiál čerstvý.

V případě jiných materiálů, než škvára ze spalování komunálního odpadu (MIBA), nebyla dosud environmentální kritéria pro použití v zemních pracích stanovena.

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žiháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) u produktů spalování komunálního odpadu a spalování TAP se pro použití v zemním tělese pozemních komunikací neposuzuje.

Dokud nebudou k dispozici rozsáhlejší zkušenosti s používáním produktů spalování komunálního odpadu a produktů spalování TAP, je povinné stanovení ekotoxicity dle vyhl. č. 273/2021 Sb.

Tabulka 3: Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin ve výluhu vyzrálé strusky (příloha 6 vyhl. č. 273/2021 Sb.)

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota
pH	-	9–11
chloridy	mg/l	700
fluoridy	mg/l	6
sírany	mg/l	1000
As	mg/l	0,03
Ba	mg/l	3
Cd	mg/l	0,005
Cr, celkový	mg/l	0,2
Cu	mg/l	1
Hg	mg/l	0,0008
Mn	mg/l	0,3
Na	mg/l	400
Ni	mg/l	0,03
Mo	mg/l	0,5
Pb	mg/l	0,05
Sb	mg/l	0,07
Se	mg/l	0,1
V	mg/l	0,3
Zn	mg/l	0,6

7.2.4 Technické požadavky

Při stanovení technických požadavků na používání produktů ze spalování komunálního odpadu a spalování TAP doporučujeme vycházet z požadavků pro produkty ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.4). V případě splnění těchto požadavků lze uvažovat o případném použití produktů ze spalování komunálního odpadu a produktů ze spalování TAP v zemních pracích. Je však nezbytné rozsah technických požadavků a kritéria použití upřesnit na základě výzkumu.

7.2.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze spalování komunálního odpadu

Doporučuje se vycházet z požadavků na provádění zemního tělesa s využitím produktů ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.5). Do aktivní zóny nelze produkty spalování komunálního odpadu a spalování TAP používat (podobně jako v případě popílků).

Upřesnění technologie výstavby, včetně ukládání a hutnění produktů spalování komunálního odpadu a spalování TAP, je nezbytné a musí vycházet z realizace zkušebních úseků s těmito materiály.

Produkty ze spalování komunálního odpadu a spalování TAP nesmí být používány v environmentálně citlivých oblastech, zejména v blízkosti zdrojů pitné vody minimálně vně PHO 2. V násypu mohou být ukládány pouze nad úroveň Q100 + 0,50 m a minimálně 1 m nad úrovní hladiny podzemní vody.

7.2.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Doporučuje se vycházet z požadavků na provádění zemního tělesa s využitím produktů ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.7). Důraz musí být kladen na objemovou stálost těchto materiálů.

Rozsah průkazních a kontrolních zkoušek při zabudování produktů spalování komunálního odpadu a spalování TAP do násypu musí být upřesněn na základě výzkumu těchto materiálů a zkušeností ze zkušebních úseků s těmito materiály.

7.3 Vedlejší energetické produkty ze spalování uhlí

7.3.1 Termíny a definice

Do skupiny vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí patří:

- popílek ze spalování uhlí – křemičitý,
- popílek ze spalování uhlí – vápenatý,
- popílek z fluidního spalování,
- elektrárenská struska,
- škvára – křemičitá,
- škvára – vápenatá,
- ložový popel.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

Další termíny a definice z oblasti vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí jsou uvedeny níže.

Ergosádovec – síran vápenatý $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obsahující další příměsi. Vzniká jako samostatný produkt při některých technologiích odsiřování plyných spalin z topenišť.

Popílkový stabilizát – zvlhčená směs popílku s pojivem (vápno a/nebo cement). Samostatný druh stabilizátu je produkt z fluidního spalování, tj. zvlhčená směs popílku z filtrů a případně ložového popela, která vykazuje samotužnou vlastnost. Vzniká při spalování směsi mletého uhlí a vápence ve fluidních topeništích. Popílkový stabilizát, v němž je jako aditivum použit ergosádovec, se bez zvláštního ověření objemových změn a pevnosti v pozemních komunikacích nepoužívá. Vlastnosti popílkového stabilizátu se posuzují dle ČSN EN 14227-15. Popílkový stabilizát není předmětem tohoto předpisu.

Ettringit – minerál vznikající z rozpustných sloučenin Ca, Al a S ve vlhkém alkalickém prostředí ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$). Vyznačuje se zvětšováním objemu a může svou rozpínavostí poškodit vrstvu vybudovanou z fluidních popílků.

Spoluspalovaný materiál – je definován v ČSN EN 450-1, čl. 4.1. Mezi spoluspalované materiály patří rostlinný materiál (dřevo, sláma, rostlinná vlákna), surové dřevo a biomasa, masokostní moučka, komunální odpad, papírový odpad, ropný koks, popílek z tekutých a plyných paliv.

7.3.2 Všeobecné požadavky

Pro stavby pozemních komunikací lze používat čerstvé (suché) vedlejší energetické produkty ze sil nebo materiály plavené nebo ze složišť (odkališť) po úpravě vlhkosti dle požadavků dokumentace. Vedlejší energetické produkty musí splňovat ekologická kritéria, tj. kvalitu výluhu, která jsou uvedena v těchto TP.

Podíl spoluspalovaných látek pro použití vedlejších energetických produktů v zemním tělese pozemních komunikací není omezen na rozdíl od používání popílků do betonu (viz ČSN EN 450-1).

Vedlejší energetické produkty je možné použít do těch částí zemního tělesa pozemních komunikací (násyp, přechodové oblasti mostů, aktivní zóna), kde splní technická kritéria, předepsaná pro příslušný stavební prvek a obecné požadavky na použitelnost. Při tom je nutno dodržet ostatní podmínky – zajištění bezpečnosti za podmínek trvale stabilního zemního tělesa a při zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků a ochrany životního prostředí při stavebních pracích i v době trvalého užívání podle platných právních předpisů.

Popílků lze rovněž použít pro mechanickou úpravu zemin (vlhkosti, zrnitosti). Křemičité a vápenaté popílků a fluidní popílků lze použít pro úpravu zemin. Podmínky použití popílků pro úpravu zemin popisuje ČSN EN 14227-4 a ČSN EN 16907-4.

7.3.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech vedlejších energetických produktů posuzuje podle následujících kritérií:

- obsah těžkých kovů ve výluhu;
- REACH.

Obsah těžkých kovů ve výluhu, který se připraví loužením vzorku, smíchaného s vodou v poměru 1 : 10 podle ČSN EN 12457/1-4, nesmí překročit limitní hodnoty uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4: Limitní hodnoty obsahů těžkých kovů ve výluhu pro vedlejší energetické produkty

Prvek	Maximální přípustný obsah ve výluhu (mg·l ⁻¹)
Ag	0,100
As	0,100
Ba	1,000
Be	0,005
Cr (celkový)	0,100
Cd	0,005
Co	0,100
Cu	1,000
Ni	0,100
Pb	0,100
Hg	0,005
Se	0,050
V	0,200
Zn	3,000
Sn	1,000

Požadavky na výluhy (tabulka 4) se týkají pouze vedlejších energetických produktů jen v případě, že jsou použité jako sypanina. Netýkají se jejich použití jako pojiva nebo součásti poživ. Při použití popílků jako pojiva se z hlediska výluhů zkouší až upravená zemina.

Pokud jsou vedlejší energetické produkty klasifikovány jako chemické látky, pak musí splnit požadavky (ES) 1907/2006 – REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*, tj. Registrace, Hodnocení a Povolování Chemických látek).

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) a ekotoxikita se u vedlejších energetických produktů pro použití v zemním tělese pozemních komunikací neposuzuje.

U všech vedlejších energetických produktů po denitrifikaci použitých v zemním tělese pozemních komunikací se neposuzuje obsah oxidů dusíku (NO_x).

Posuzování radioaktivity vedlejších energetických produktů v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

7.3.4 Technické požadavky

Do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít vedlejší energetické produkty ze sil a těžené z deponií (složistiště, odkaliště) nad hladinou vody. Při těžbě vedlejších energetických produktů pod hladinou vody nebo speciálními technologiemi je nutno zpracovat zvláštní technologický předpis. Požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti vedlejších energetických produktů v násypu pozemních komunikací jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti vedlejších energetických produktů v násypu pozemních komunikací

Zkouška	Parametr	Požadovaná hodnota	Norma/předpis
Zrnitost	křivka zrnitosti	není stanovena	ČSN EN ISO 17892-4
Proctor Standard (PS)	ρ_{dmax}, W_{opt}	není stanovena	ČSN EN 13286-2
Pórovitost	$n (\%) = 100 * (1 - r_d) / r_s$	$n < 65 \%$ při zhutnění energií 95 % PS	
CBR (platí pro popílky, škváru a elektrárenskou strusku)	CBR po 4denním uložení na vzduchu při zabránění odpařování	CBR ₁₀ při zhutnění energií 95 % PS	ČSN EN 13286-47
CBR _{sat} (platí pro produkty fluidního spalování – fluidní popílky a ložový popel)	CBR _{sat} po 3 dnech zrání a 4denním sycení vodou *	CBR ₁₅ při zhutnění energií 95 % PS	ČSN EN 13286-47
Objemové změny	lineární bobtnání v CBR moždíři (zkouší se až 3 dny po nahutnění a zrání v klimatizační komoře)	$L_s < 5\%$	ČSN EN 13286-47 a příloha 2 TP 268
Analýza výluhů	zastoupení prvků (mg/l)	tab. 3 TP 268	tab. 3 TP 268

* Pokud se průběžným měřením prokáže, že sycení vzorku je ukončeno dříve, je možné zkoušku CBR provést za kratší dobu než za 4 dny.

V aktivní zóně může být použitý pouze fluidní popílek. Doplnující požadavky jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Doplnující požadavky na použití fluidního popílku v aktivní zóně

Zkouška	Parametr	Požadovaná hodnota	Norma předpis
Proctor Standard (PS)	ρ_{dmax}, W_{opt}	není stanovena	ČSN EN 13286-2
Pevnost v prostém tlaku (zkouší se až po úplném vytvrzení vzorku (7–90 dní))	R_c (MPa)	$C_{1,5/2}$	ČSN EN 14227-15
Odolnost proti mrazu a vodě (zkouší se až po úplném vytvrzení vzorku (7–90 dní))	pevnost po nasycení ve vodě R_i (MPa)	$C_{0,8/1}$	ČSN EN 14227-15, národní příloha NB
Objemové změny	lineární bobtnání v CBR moždíři (zkouší se až 3 dny po nahutnění a zrání v klimatizační komoře)	$L_s < 3 \%$	ČSN EN 13286-47 a příloha 2 TP 268
Namrzavost	součinitel namrzavosti β	$\beta < 0,50$	ČSN 72 1191
Délka technologické prodlevy	doba tuhnutí	příl. 3 TP 268	příloha 3 TP 268
Modul přetvárnosti ze zatěžovací zkoušky (zkouší se na technologické vrstvě po zhutnění)	$E_{def,2}$	$E_{def,2} > 45$ MPa	ČSN 72 1006, příloha A

Dodavatel (výrobce) vedlejších energetických produktů musí zajistit průběžnou kontrolu všech parametrů daného produktu v rámci dodávek, aby výrobek vykazoval stálou kvalitu. Četnost

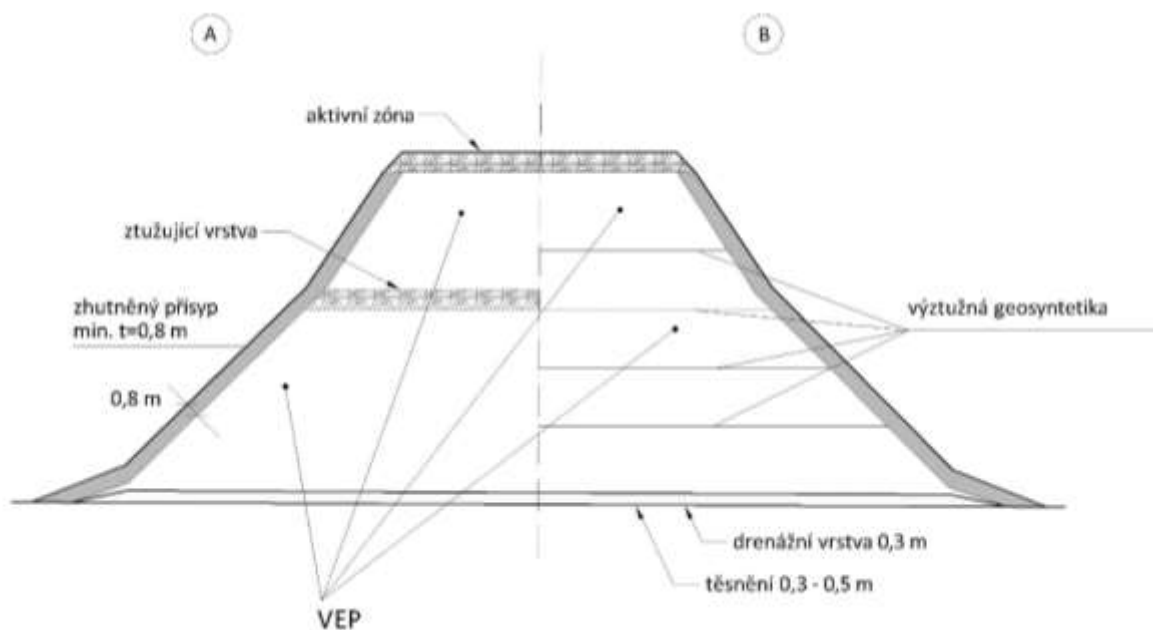
jednotlivých průkazných zkoušek je stanovena v dohledu nad systémem řízení výroby (FPC), který je uveden v certifikátu výrobku.

7.3.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí

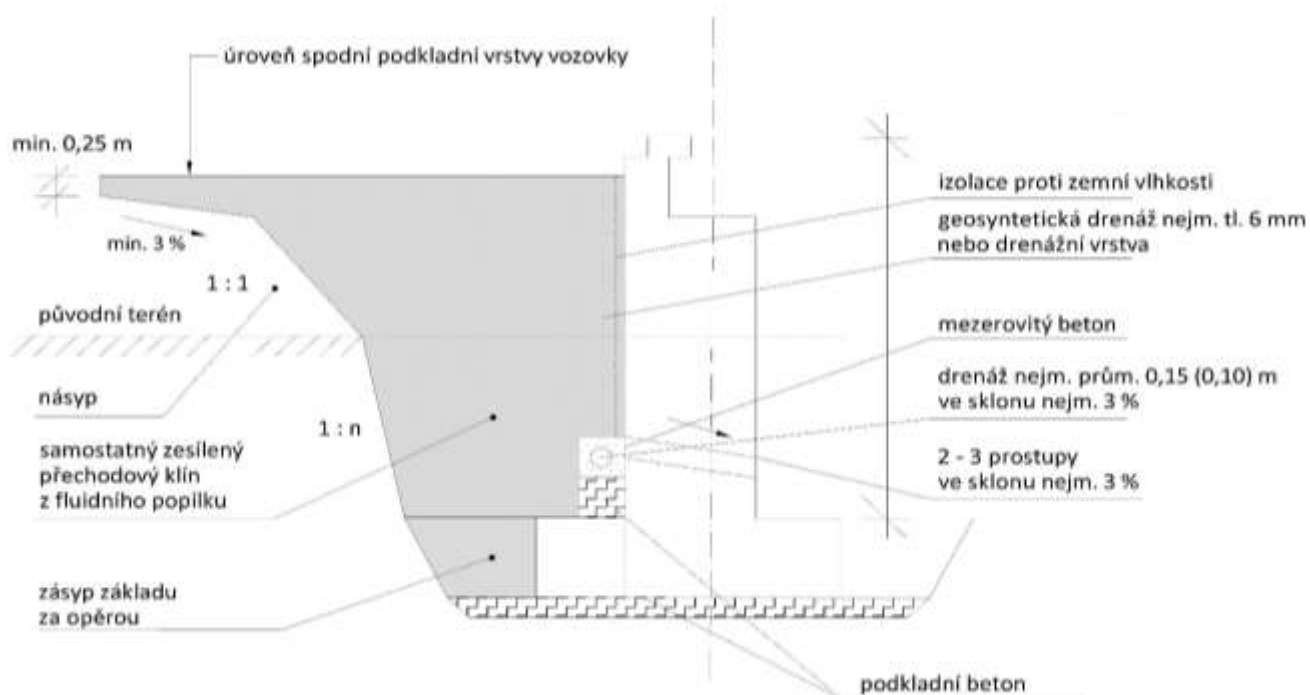
7.3.5.1 Obecně

Problematiku, související s projektováním a prováděním násypů, zásypů a obsypů z přírodních zemních a kamenitých materiálů v zemním tělese pozemních komunikací, řeší ČSN 73 6133 a další technické předpisy. Níže jsou uvedeny pouze zvláštní požadavky a kritéria pro používání vedlejších energetických produktů.

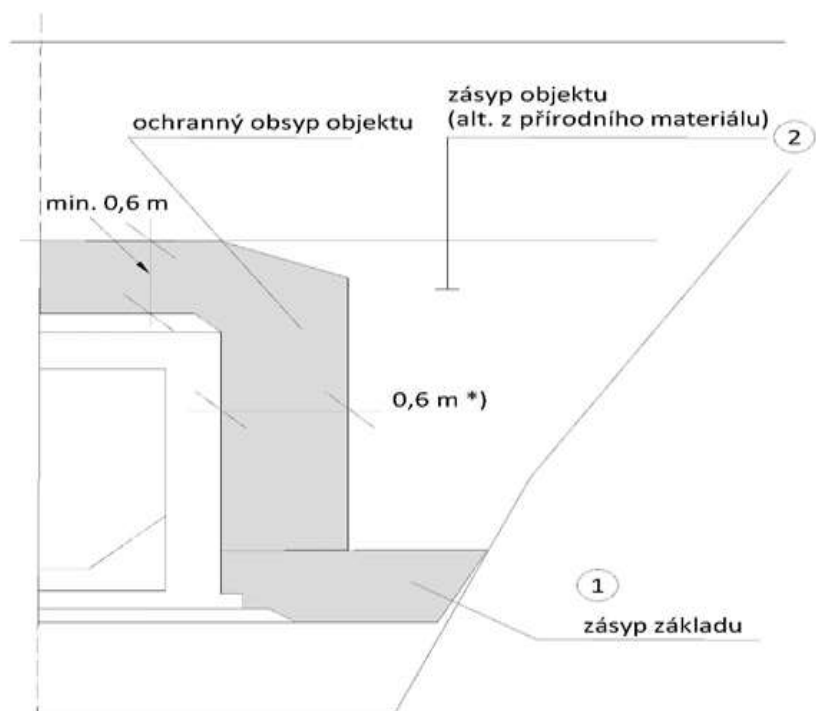
Vhodnost návrhu zemního tělesa s využitím vedlejších energetických produktů se posuzuje s ohledem na účel a místo násypu a na význam komunikace – na podkladě znalosti geotechnických vlastností místních zemin na staveništi a s ohledem na vlastnosti a vzdálenost zdroje. Vedlejší energetické produkty jsou zvláště vhodné pro navržení násypu na málo únosném a stlačitelném podloží a pro použití do přechodových oblastí mezi násypem a mostní konstrukcí podle ČSN 73 6244 – v důsledku menšího zatížení podloží se dosáhne zmenšení celkové hodnoty a příznivějšího průběhu sedání. Variantní uspořádání násypu je na obrázku 1.



Obr. 1: Vzorový řez násypem – varianty při použití VEP; návrh musí zohlednit následné vegetační úpravy



Obr. 2: Přechodová oblast u objektu



*) dle ČSN 73 6244 čl. 7.3.6.

Obr. 3: Zásyp a obsyp objektu s přesypávkou (detaily viz ČSN 73 6244)

7.3.5.2 Konstrukční požadavky

Vedlejší energetické produkty lze do násypu použít pouze nad hladinou podzemní vody a nad hladinou $Q_{100} + 0,50$ m při povodních. Výjimkou je elektrárenská struska, kterou lze použít na kontaktu s hladinou podzemní vody. Proti vzlínivosti vody z podloží je nutné vrstvu vedlejších energetických produktů chránit těsnicí a/nebo přerušovací vrstvou. Vedlejší energetické produkty se nesmí ukládat v pásmu hygienické ochrany zdrojů podzemní vody (PHO 2).

K oddělení materiálu z vedlejších energetických produktů v násypu od zvodnělého podloží je nutné provést těsnicí vrstvu nebo takovou úpravu, aby vrstva vedlejších energetických produktů byla při ukončení konsolidace násypu nejméně 0,5 m nad hladinou podzemní vody (popř. i výměnu podloží z hlediska omezení nadměrného sedání v případě lokálního omezeného výskytu nepoužitelných zemín v podloží dle ČSN 73 6133).

Zemní těsnění se provádí v tloušťce 0,3 m až 0,5 m z materiálů se součinitelem filtrace $k_f = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. U těsnicí vrstvy se požaduje míra zhutnění $D = \text{min. } 100 \% \text{ PS}$.

Povrch násypu z vedlejších energetických produktů musí být chráněn proti erozi a promrzání ochranným přísypem z běžné sypaniny o mocnosti min. 0,6 m.

Poznámka: Výše uvedené podmínky neplatí pro zeminy upravené popílkem dle ČSN EN 16907-4 nebo pro vedlejší energetické produkty, které se použijí pro zlepšení vlhkosti a/nebo zrnitosti.

Do částí násypů a obsypů ve styku s podzemní vodou, a při výšce násypu menší než 0,5 m je možno používat pouze samotuhnoucí fluidní popílek, u něž je prokázáno, že se jeho technické vlastnosti se stykem s podzemní vodou nezhoršují.

Pokud vedlejší energetický produkt nezaručuje dostatečně stabilní násyp, musí se podle zásad konstrukce vrstevnatého násypu podle ČSN 73 6133 střídat konstrukční vrstvy z vedlejších energetických produktů s vrstvami ztužujícími z vhodné zeminy nebo zeminy upravené pojivem. Vzájemný poměr mocností vrstev je nutno v návrhu optimalizovat tak, aby byla zaručena stabilita zemního tělesa v každé etapě výstavby.

Místo vrstevnatého násypu je možné použít jiný i výztužný systém, např. s výztužnými geosyntetiky podle TP 97 (viz obrázek 1).

I když je celková stabilita násypu ze zhutněného vedlejšího energetického produktu dostatečná, doporučuje se nejméně po dosažení výšky násypu cca 4 m vybudovat konstrukční ztužující vrstvu.

Svahy násypu z vedlejších energetických produktů musí být opatřeny ochrannou vrstvou ze zeminy proti účinkům povětrnosti (eroze srážkovou vodou, promrzání). Svahy zemního přísypu musí mít takový sklon, aby byla zajištěna jak stabilita vlastního přísypu, tak zajištění stability proti usmyknutí na styku přísypu s tělesem tvořeným vedlejšími energetickými produkty.

Pokud se v podloží násypu nebo zásypu vyskytnou nepoužitelné zeminy, postupuje se v souladu s ČSN 73 6133, článkem 6.2.

Konstrukční požadavky a další ustanovení týkající se násypů v přechodové oblasti, zásypů a obsypů objektů, jsou souhrnně specifikovány v ČSN 73 6244.

Pro násyp v přechodové oblasti, zásyp nebo obsyp mostních objektů (viz obrázek 2 a 3) lze použít pouze elektrárenskou strusku z granulačních kotlů prokládanou po vrstvách nepřesahujících 1,0 m ztužující vrstvou vhodné zeminy o mocnosti min. 0,15 m.

Při plánované výsadbě dřevin na násyp s využitím vedlejších energetických produktů je nutno zvážit stabilitu povrchových vrstev zemin násypu a vegetačních úprav.

7.3.5.3 Provádění násypu, zásypu, obsypu

Pro ochranu staveniště před škodlivým účinkem povrchových vod se musí po celou dobu výstavby zajistit jejich odvedení. Srážková voda se odvádí obvykle po povrchu vyspádované a zhutněné vrstvy ke svahům násypu. Povrch násypu má mít proto při navážení příčný sklon alespoň 3 %. Denně, před ukončením práce ve směně, je nutno navezenou vrstvu zhutnit, aby případná srážková voda mohla z násypu stékat. Dojde-li k prosycení povrchu vrstvy srážkovou vodou, je nutno před pokračováním prací veškerý znehodnocený materiál odstranit.

Při deštivém počasí je nutno pozorně sledovat vlhkost vedlejších energetických produktů a v případě nutnosti včas práce přerušit, aby nedošlo k jejich nadměrnému nasycení vodou, a tím k nebezpečí jejich ztekucení (týká se především popílků). Fluidní popílek se nesmí zpracovávat za trvalého deště, aby nedošlo k narušení jeho zpracovatelnosti a následného procesu tuhnutí a tvrdnutí.

Při pojíždění vrstvy technologickou dopravou není přípustné pojíždění v jedné stopě a otáčení vozidel.

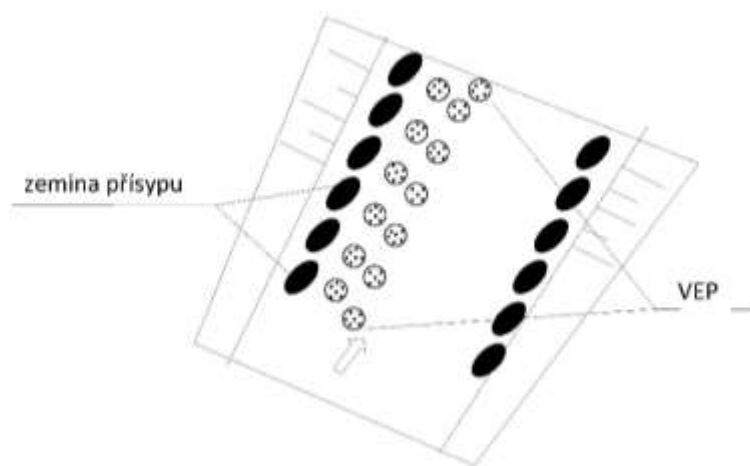
Vedlejší energetické produkty se musí ukládat po vrstvách na plnou šířku násypu v souladu s příslušným příčným řezem, a to na takovou délku, která umožní nasazení mechanismů pro rozhrnování a hutnění vrstev o jednotné tloušťce. Pracovní záběr je nutno volit tak, aby ke konci každé směny byla nasypaná vrstva urovnána a zhutněna.

Materiál musí být sypan na tloušťku vrstvy (před zhutněním) stanovenou zhutňovací zkouškou podle ČSN 72 1006, přílohy H pro stejný typ zhutňovacího prostředku a druh materiálu. Při rozhrnování vrstvy se dodržuje předepsaná tloušťka s tolerancí ± 50 mm.

Vlhkost rozprostřeného vedlejšího energetického produktu se musí před zahájením zhutňovacích prací vyskytovat v intervalu vlhkostí určeném podle výsledků laboratorní zkoušky Proctor Standard, ověřeném povinnou zhutňovací zkouškou dle ČSN 72 1006. Je-li vlhkost vedlejšího energetického produktu mimo meze stanovené Proctorovou zhutňovací zkouškou, je možné pokračovat v pracích až po snížení vlhkosti. Ke snížení nadměrné vlhkosti je možné vrstvu rozrušit a prosušit (za příznivého počasí), přimísit suchý popílek, popř. použít příměs vápna, aplikovanou mísením na místě. Při vlhkosti nižší, než je přípustná mez, je nutné vrstvu rovnoměrně kropit vodou, promísit zemní frézou, případně jinými prostředky a zhutňovat až při vyhovující vlhkosti.

7.3.5.4 Svahy násypu z vedlejších energetických produktů

Materiály z vedlejších energetických produktů se do násypů ukládají tak, aby byly svahy násypu překryty přísypem tloušťky min. 0,6 m ze zeminy vhodné, popř. podmíněčně vhodné nebo upravené nevhodné zeminy podle ČSN 73 6133. Zemina přísypu se ukládá na podélnou hrázku po vrstvách vždy před sypaním vedlejšího energetického produktu a v téže vrstvě se rozhrnuje a zhutňuje buď současně s tímto materiálem (viz schéma na obrázku 4), nebo se nejprve vystaví hrázky a vedlejší energetický produkt se ukládá mezi ně (viz Příloha 1). Při použití elektrářenské strusky není nutné pracovní pláň chránit.



Obr. 4: Schéma sypaní přísypu při technologické vrstvě

Svahy násypů musí být upraveny tak, aby výsledné sklon odpovídaly sklonům podle dokumentace stavby a byla u nich prokázána vyhovující stabilita podle ČSN EN 1997-1, případně aby splňovaly požadovaný minimální stupeň stability $F = 1,3$, popř. $1,5$ (viz ČSN 73 6133).

7.3.5.5 Zhutňování

Tloušťka zhutňované vrstvy materiálu, účinnost a vhodnost zhutňovacího prostředku a potřebný počet přejezdů se stanoví zhutňovací zkouškou podle ČSN 72 1006, přílohy H.

Poznámka: Zhutnitelnost vedlejších energetických produktů je značně rozdílná v závislosti na zrnitosti a vlhkosti. Proto je pro každý materiál nutno ověřit účinnost předpokládaného zhutňovacího prostředku.

Zhutňování zásypu základu za opěrou, zásypu opěry, popř. obsypu objektu fluidním popílkem se provádí středně těžkými až lehkými zhutňovacími prostředky (hladkými válci s vibrací, pneumatikovými válci) po vrstvách maximálně 0,30 m mocných (před zhutněním) nebo dusacími pěchy po vrstvách (mocnosti menší než 0,2 m).

Při provádění zásypů je nutné zabezpečit odvodnění výkopu a ochránit jej před zaplavením srážkovou vodou.

U vedlejších energetických produktů v násypu se požaduje míra zhutnění min. 95 % PS. V případě, že toto zhutnění není možno u neupraveného materiálu dosáhnout, musí se použít materiál upravený pojivy.

7.3.5.6 Opatření při přerušení prací

Po přerušení sypání vedlejších energetických produktů na dobu delší než týden, se musí vrchní vrstva znovu ztuhnout stanoveným počtem přejezdů válce podle výsledků ztuhňovací zkoušky, popř. po nezbytné úpravě vlhkosti, znovu zkontrolovat míru ztuhnutí a pak je přípustné pokračovat v sypání další vrstvy. Rovněž je nutné během přerušení prací zamezit prášení (kropením povrchu, přikrytím vrstvou zeminy apod.).

Při přerušení prací na delší dobu je vhodné provést opatření zamezující nakypření povrchové vrstvy násypu, spočívající např. ve vytvoření ztuhující vrstvy, v úpravě horní vrstvy vedlejšího energetického produktu pojivem, přesypání ochranou zemní vrstvou proti promrznutí, vysušení apod.

Po přerušení prací s fluidním popílkem je třeba před zahájením sypání další vrstvy provést vizuální kontrolu a v případě jejího porušení povrchovou vrstvou odstranit.

Není přípustné vybudovat násyp z vedlejších energetických produktů před zimním obdobím bez úpravy až po úroveň aktivní zóny. Sypání násypu je vhodné ukončit cca 1 m pod úroveň zemní pláně a provést opatření popsaná výše.

7.3.5.7 Povětrnostní podmínky

Do zemního tělesa není dovoleno ukládat zmrzlý nebo deštěm či sněhem promáčený vedlejší energetický produkt, případně převlhčený materiál z nedostatečně odvodněného složiště. Pro použití vedlejších energetických produktů s větší vlhkostí platí ustanovení čl. 7.3.5.3. Při použití fluidního popílku, který při zpracování vyvíjí teplo, lze tento materiál zabudovat i při teplotách nižších než + 5 °C. Při teplotách 0 až – 5 °C je navážení a ztuhňování fluidního popílku možné za předpokladu kontinuální výstavby bez přerušení. Proces výstavby zahájený při teplotách pod bodem mrazu se ukončí při teplotách nad nulou. V případě přerušení prací je nutné prokázat, že při vytvrzení směsi nedošlo k narušení její celistvosti a vrstva splňuje požadavky těchto TP.

7.3.6 Aktivní zóna a zemní pláň

Do aktivní zóny může být použit fluidní popílek nebo zemina upravená fluidním popílkem.

Pláň tělesa pozemní komunikace musí být provedena v předepsaných příčných a podélných sklonech a výškových tolerancích a v souladu se směrovým vytyčením. Pláň musí být upravena tak, aby tvořila rovný, homogenní povrch a vyhověla požadavkům na povrchové nerovnosti (viz TKP 4).

V celé mocnosti aktivní zóny musí být dodržen předepsaný stupeň ztuhnutí min. 100 % PS. Na povrchu pláně musí být dosažen předepsaný modul přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu $E_{def,z} = \min. 45 \text{ MPa}$, pokud dokumentace stavby nestanoví hodnoty vyšší.

Žádná z naměřených hodnot modulu přetvárnosti pláně nesmí být nižší o více než 10 % od předepsané hodnoty. Hodnot menších, než předepsané kritérium nesmí být více než 10 %.

Zatěžovací zkouška se provádí až po vytvrzení vrstvy, v závislosti na použitém materiálu.

Dokončená pláň musí být ze strany zhotovitele chráněna. Sklárky stavebního materiálu jsou na pláni zakázány.

Přejezdy vozidel po dokončené pláni musí být minimalizovány. Pokud nedošlo před zimním obdobím k zakrytí pláně stmelovou vrstvou konstrukce vozovky, musí se z takové pláně v další sezóně odstranit narušená vrstva a doplnit do předepsaného výškového příčného a podélného řezu čerstvě dovezeným

fluidním popínkem. Tato úprava podléhá odsouhlasení objednatelem z hlediska zhutnění, výškového uspořádání a rovinatosti.

7.3.7 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují průkazními a kontrolními zkouškami.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy certifikáty a protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Rozsah průkazních zkoušek je uveden v tabulkách 5 a 6.

Kontrolními zkouškami se prokazuje shoda vlastností materiálu během stavebního zpracování, výsledky průkazních zkoušek materiálu i s požadavky ostatních předpisů pro stavební provedení. Doporučuje se, aby cca 20 % z celkového počtu kontrolních zkoušek provedla nezávislá akreditovaná zkušebna mimo zhotovitele.

Součástí kontrolních zkoušek materiálu je povinná zhutňovací zkouška prováděná podle ČSN 72 1006, přílohy H k ověření závěrů a předpokladů učiněných na základě laboratorních zkoušek. Dále slouží k ověřování navržené zhutňovací technologie (typ válce, tloušťka vrstvy před zhutněním atp.) a k ověření dosažitelných geotechnických parametrů zhutněného vedlejšího energetického produktu. Provádí se 1x za stavbu nebo při změně technologie nebo materiálu.

Přehled kontrolních zkoušek pro ověřování neupravovaných vedlejších energetických produktů v násypu jsou uvedeny s druhy průkazních zkoušek v tabulce 7.

Tabulka 7: Přehled kontrolních zkoušek vedlejších energetických produktů v násypu a jejich četnost

Zkouška	Minimální četnost
Vlhkost	1× 500 m ³ , min. 1× denně
Míra zhutnění ($D = \min. 95 \% PS$)	1× 1600 m ³ nebo 1× 4000 m ² , min. 3× denně
IBI (pouze u ztužujících vrstvy násypu)	1× 1000 m ³ nebo 1× denně
Chemický rozbor	1× daná stavba
<i>Poznámka: Minimální četnost platí pro čtyř a vícepruhové komunikace.</i>	

Na povrchu aktivní zóny (pláni pozemní komunikace) se dále kontroluje:

- objemová hmotnost a vlhkost ke stanovení míry zhutnění dle ČSN 72 1006 (minimální požadovaná hodnota $D \geq 100 \% PS$),
- modul přetvárnosti z druhé zatěžovací větve s četností provádění dle TKP 4,
- rovinatost pláně dle TKP 4.

7.4 Materiály z výroby železa a oceli

7.4.1 Termíny a definice

Do skupiny materiálů z výroby železa a oceli patří:

- granulovaná vysokopecní struska (GBS) (sklovitá),

- vzduchem chlazená vysokopecní struska (ABS) (krystalizovaná),
- zásaditá ocelářská struska (konvertorová struska, BOS),
- ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby uhlíkaté oceli, EAF C),
- ocelářská struska z elektrických obloukových pecí (z výroby nerezových / vysoce legovaných ocelí, EAF S),
- ocelářské strusky sekundární metalurgie (SMS).

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

V České republice se v zemních pracích nepoužívá granulovaná vysokopecní struska. Ocelářské strusky z elektrických obloukových pecí se v České republice nepoužívají, protože zde neexistují elektrické obloukové pece. Podíl ocelářských strusek ze sekundární metalurgie je minimální a v zemních pracích se v České republice nepoužívají.

Další termíny a definice z oblasti materiálů z výroby železa a oceli.

Silikátový rozpad vzduchem chlazené vysokopecní strusky – je ve své podstatě modifikační přeměna β -C₂S na γ -C₂S, která je provázena zvětšením objemu konečného produktu cca o 10 % a snížením objemové hmotnosti. Stanovuje se podle ČSN EN 1744-1+A1.

Železnatý rozpad vzduchem chlazené vysokopecní strusky – způsobuje FeS obsažený ve strusce. Ve vlhkém prostředí dochází k oxidaci Fe²⁺ na Fe³⁺ za současného vzniku síranu železnatého i železitého. Objem produktů reakce se zvětšuje cca o 40 %. Stanovuje se podle ČSN EN 1744-1+A1.

Manganatý rozpad vzduchem chlazené vysokopecní strusky – způsobuje MnS obsažený ve strusce. Ve vlhkém prostředí dochází ke vzniku Mn(OH)₂ a zvětšuje se objem produktů reakce.

Hutní suť – heterogenní směs vedlejších produktů hutní výroby. Směs hutnických strusek, slévárenských písků a žaomateriálů – vyzdívky vysokých pecí, které vznikají při výrobě surového železa a oceli. V hutní suti je zastoupen zcela podřadně i ostatní materiál – např. dřevo, PVC apod. Slangově bývá hutní suť označována někdy jako tzv. studený odval.

7.4.2 Všeobecné požadavky

Pro stavby pozemních komunikací lze používat čerstvé materiály z výroby železa a oceli a materiály uložené na starých odvalech. Materiály z výroby železa a oceli musí splňovat ekologická kritéria, tj. kvalitu výluhu, která jsou uvedena v těchto TP.

Při používání materiálů uložených na starých odvalech je nutné věnovat pozornost jejich složení. Před dalším použitím do zemního tělesa pozemních komunikací je nutné vždy oddělit rozdílné typy materiálů (např. vysokopecní strusku od ocelářské), případně je mechanicky upravit tříděním a drcením.

Do zemního tělesa není dovoleno používat směsi materiálů (strusek), pokud nebyla prokázána vhodnost těchto směsí a stanoveno jejich doporučené složení (poměr jednotlivých materiálů ve směsi).

Materiály z výroby železa a oceli je možno použít do těch částí zemního tělesa pozemních komunikací (násyp, aktivní zóna, přechodové oblasti mostů), kde splní technická kritéria, předepsaná pro příslušný stavební prvek a obecné požadavky na použitelnost. Při tom je nutno dodržet ostatní podmínky – zajištění bezpečnosti za podmínek trvale stabilního zemního tělesa a při zajištění bezpečnosti a ochrany

zdraví pracovníků a ochrany životního prostředí při stavebních pracích i v době trvalého užívání podle platných právních předpisů.

Granulovaná vysokopecní struska se používá především ve výrobě cementu a pro úpravy zemin. Podmínky použití granulované vysokopecní strusky pro úpravu zemin popisuje ČSN EN 16907-4. Použití granulované vysokopecní strusky jako sypaniny není běžné ani v evropském kontextu.

7.4.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech materiálů z výroby železa a oceli posuzuje podle následujících kritérií:

- obsah těžkých kovů ve výluhu;
- REACH.

Obsah těžkých kovů ve výluhu, který se připraví loužením vzorku smíchaného s vodou v poměru 1 : 10 podle ČSN EN 12457/1-4, nesmí překročit limitní hodnoty uvedené v tabulce 8.

Pokud jsou materiály z výroby železa a oceli klasifikovány jako chemické látky, pak musí splnit požadavky (ES) 1907/2006 – REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*, tj. Registrace, Hodnocení a Povolení Chemických látek).

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) není u materiálů z výroby železa a oceli pro použití v zemním tělese pozemních komunikací relevantní.

Stanovení ekotoxicity u čerstvých materiálů z výroby železa a oceli není nutné. Doporučuje se posoudit ekotoxicitu u materiálů těžných na starých odvalech, které mohou obsahovat i jiné uložené materiály a mohou být kontaminovány sekundárně.

Posuzování radioaktivity materiálů z výroby železa a oceli v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

Tabulka 8: Limitní hodnoty obsahů těžkých kovů ve výluhu pro materiály z výroby železa a oceli

Prvek	Maximální přípustný obsah ve výluhu (mg·l ⁻¹)
Ag	0,100
As	0,100
Ba	1,000
Be	0,005
Cr (celkový)	0,100
Cd	0,005
Co	0,100
Cu	1,000
Ni	0,100
Pb	0,100
Hg	0,005
Se	0,050
V	0,200
Zn	3,000
Sn	1,000

7.4.4 Technické požadavky

Do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít materiály z výroby železa a oceli z výroby i ze starých odvalů. Při používání materiálů uložených na starých odvalech je nutné věnovat pozornost jejich složení. Před dalším použitím do zemního tělesa pozemních komunikací se doporučuje oddělit rozdílné typy materiálů (např. vysokopecní strusku od ocelářské), případně je mechanicky upravit tříděním a drcením. Směsi jednotlivých materiálů (např. směs vysokopecní a ocelářské strusky) lze použít za předpokladu, že jejich vlastnosti plně vyhovují požadavkům předpisů a norem pro konkrétní použití.

Požadované chemické a fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálů z výroby železa a oceli v násypu pozemních komunikací jsou uvedeny v tabulce 9.

V případě ocelářských strusek těžených z odvalů se doporučuje provést rovněž stanovení rozpadavosti v autoklávu s limitní hodnotou 5 %, třebaže tato zkouška není primárně určena pro ocelářské strusky. Zkouška se provede na frakci 0/16 a nikoliv 8/16 jako u zkoušky rozpadavosti v autoklávu vysokopecní strusky.

Materiály z výroby železa a oceli nesmí obsahovat cizorodé částice – dřevo, pryž, plasty, aj., které musí být před jejím zabudováním odstraněny. Kontrola odstranění cizorodých částic, případně akceptovatelné množství cizorodých částic, se provádí vizuálně.

Tabulka 9: Požadované chemické a fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálů z výroby železa a oceli v násypu pozemních komunikací

Materiál	Zkouška	Požadovaná hodnota	Norma/předpis
Vzduchem chlazená vysokopecní struska	zrnitost	není stanovena	ČSN EN ISO 17892-4
	odolnost proti drcení Los Angeles	LA50	ČSN EN 1097-2
	silikátový rozpad	nesmí nastat	ČSN EN 1744-1+A1
	železnatý rozpad	nesmí nastat	ČSN EN 1744-1+A1
	rozpadavost v autoklávu	max. 5 %	TP ALT, příloha 6
Ocelářská struska (zásaditá, BOS nebo konvertorová LD)	zrnitost	není stanovena	ČSN EN ISO 17892-4
	odolnost proti drcení Los Angeles	LA35	ČSN EN 1097-2
	obsah volného CaO	max. 4,50 %	ČSN EN 1744-1+A1
	obsah volného MgO	max. 5 %	ČSN EN 1744-1+A1
	rozpínavost	max. 5 %	ČSN EN 1744-1+A1
<i>Poznámka: Zkouška rozpadavosti v autoklávu postihuje i manganatý rozpad, pro jehož stanovení neexistuje zkušební norma.</i>			

7.4.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z výroby železa a oceli

V případě zabudování materiálů z výroby železa a oceli do zemního tělesa pozemních komunikací platí v plném rozsahu ČSN 73 6133 a další technické předpisy. Žádné zvláštní požadavky pro návrh a provádění zemního tělesa (násyp, aktivní zóna) nejsou pro materiály z výroby železa a oceli stanoveny.

7.4.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují zkouškami průkazními a kontrolními.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy platnými certifikáty a protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Rozsah průkazních zkoušek pro materiály z výroby železa a oceli je uveden v tabulce 9.

Průkazní zkoušky neupravených a upravených zemin jsou specifikovány v ČSN 73 6133, tabulkách 7 a 8.

Kontrolními zkouškami se prokazuje shoda vlastností materiálu během stavebního zpracování s výsledky průkazních zkoušek materiálu i s požadavky ostatních předpisů pro stavební provedení. Doporučuje se, aby cca 20 % z celkového počtu kontrolních zkoušek provedla nezávislá akreditovaná zkušebna – mimo zhotovitele.

Součástí kontrolních zkoušek materiálu je povinná zhutňovací zkouška prováděná podle ČSN 72 1006, přílohy H, k ověření závěrů a předpokladů učiněných na základě laboratorních zkoušek. Dále slouží k ověřování navržené zhutňovací technologie (typ válce, tloušťka vrstvy před zhutněním atp.) a k ověření dosažitelných geotechnických parametrů zhutněných materiálů. Provádí se 1× za stavbu nebo při změně technologie nebo materiálu z výroby železa a oceli.

Upozorňujeme, že často dochází k drcení zrny vzduchem chlazené vysokopecní strusky v důsledku její malé hranové pevnosti. V těchto případech lze doporučit kontrolu zrnitosti materiálu před a po zhutňovací zkoušce.

Přehled kontrolních zkoušek pro ověřování materiálů z výroby železa a oceli v násypu jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Přehled kontrolních zkoušek materiálu z výroby železa a oceli v násypu a jejich četnost

Zkouška	Minimální četnost
Vlhkost	1× 500 m ³ , min. 1× denně
Míra zhutnění	1× 1600 m ³ , nebo 1× 4000 m ² , min. 3× denně
IBI (pouze u materiálu do velikosti maximálního zrna 32 mm)	1× 1000 m ³ nebo 1× denně
Rozpadavost v autoklávu vzduchem chlazené vysokopecní strusky	1× 10 000 m ³
Rozpínavost ocelářské strusky	1× 10 000 m ³
Chemický rozbor	1× daná stavba
<i>Poznámka: Minimální četnost platí pro čtyř a vícepruhové komunikace.</i>	

Na povrchu aktivní zóny (pláni pozemní komunikace) se dále kontroluje:

- objemová hmotnost a vlhkost ke stanovení míry zhutnění dle ČSN 72 1006 (minimální požadovaná hodnota $D \geq 100$ % PS nebo ekvivalentní hodnoty relativní ulehlosti pro hrubozrnné materiály),
- modul přetvárnosti z druhé zatěžovací větve s četností provádění dle TKP 4,
- rovinatost pláně dle TKP 4.

7.5 Materiály z výroby neželezných kovů

7.5.1 Termíny a definice

Do skupiny materiálů z výroby neželezných kovů patří:

- struska z výroby mědi,
- struska z výroby feromolybdenů (slitiny železa a molybdenů),
- struska z výroby zinku,
- struska z výroby fosforu,
- struska z výroby olova,
- struska z výroby ferrochromu (slitiny železa a chromu).

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

7.5.2 Všeobecné požadavky

V České republice se žádné strusky z výroby neželezných kovů v zemních pracích nepoužívají. V případě jejich použití musí předcházet rozsáhlý výzkum jejich environmentálních a fyzikálně-mechanických vlastností.

7.5.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech materiálů z výroby neželezných kovů posuzuje podle následujících obsahů těžkých kovů ve výluhu a podle ukazatelů vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Obsah těžkých kovů ve výluhu, který se připraví loužením vzorku smíchaného s vodou v poměru 1 : 10 podle ČSN EN 12457/1-4, nesmí překročit limitní hodnoty uvedené v tabulce 11.

Upozorňujeme, že v případě strusek z výroby neželezných kovů mohou být zvýšené obsahy kovu, z jehož výroby konkrétní struska pochází.

Posuzování radioaktivity materiálů z výroby neželezných kovů v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

V případě strusek z výroby mědi, zinku a olova lze předpokládat vyšší obsahy síry (původní minerály mají převážně sulfidický charakter). Proto je nutné věnovat zvýšenou pozornost stanovení obsahu síry.

V případě strusek z výroby feromolybdenů se doporučuje rozšířit chemické rozborů o stanovení obsahu molybdenů ve výluhu (limit 0,05 mg·l⁻¹, viz vyhl. č. 273/2021 Sb., v platném znění).

Tabulka 11: Limitní hodnoty obsahu těžkých kovů ve výluhu pro materiály z výroby neželezných kovů

Prvek	Maximální přípustný obsah ve výluhu (mg·l ⁻¹)
Ag	0,100
As	0,100
Ba	1,000
Be	0,005
Cr (celkový)	0,100
Cd	0,005
Co	0,100
Cu	1,000
Ni	0,100
Pb	0,100
Hg	0,005
Se	0,050
V	0,200
Zn	3,000
Sn	1,000

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) není u materiálů z výroby neželezných kovů pro použití v zemním tělese pozemních komunikací relevantní.

V případě použití materiálů z výroby neželezných kovů se doporučuje posoudit ekotoxicitu.

7.5.4 Technické požadavky

Do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít materiály z výroby neželezných kovů teprve po ověření jejich vlastností na základě rozsáhlého výzkumu, na základě kterého bude možné stanovit rovněž požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto materiálů. Pozornost doporučujeme věnovat ověření objemové stálosti.

7.5.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z výroby neželezných kovů

V případě zabudování materiálů z výroby neželezných kovů do zemního tělesa pozemních komunikací platí v plném rozsahu ČSN 73 6133 a další technické předpisy. V rámci výzkumu před jejich použitím je nutné ověřit, zda nebudou nutné žádné zvláštní požadavky pro návrh a provádění zemního tělesa (násyp, aktivní zóna).

7.5.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují zkouškami průkazními a kontrolními.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy certifikáty a protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Rozsah průkazných a kontrolních zkoušek v případě materiálů z výroby neželezných kovů musí být upřesněn na základě výzkumu.

7.6 Materiály ze slévárenství

7.6.1 Termíny a definice

Do skupiny materiálů ze slévárenství patří:

- slévárenský písek,
- slévárenská kupolová struska.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

7.6.2 Všeobecné požadavky

V České republice se žádné materiály ze slévárenství v zemních pracích nepoužívají. V případě jejich použití musí předcházet rozsáhlý výzkum jejich environmentálních a fyzikálně-mechanických vlastností.

7.6.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech materiálů ze slévárenství posuzuje podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Obsah těžkých kovů ve výluhu, který se připraví loužením vzorku smíchaného s vodou v poměru 1 : 10 podle ČSN EN 12457/1-4, nesmí překročit limitní hodnoty uvedené v tabulce 12.

Tabulka 12: Limitní hodnoty obsahu těžkých kovů ve výluhu pro materiály ze slévárenství

Prvek	Maximální přípustný obsah ve výluhu (mg·l ⁻¹)
Ag	0,100
As	0,100
Ba	1,000
Be	0,005
Cr (celkový)	0,100
Cd	0,005
Co	0,100
Cu	1,000
Ni	0,100
Pb	0,100
Hg	0,005
Se	0,050
V	0,200
Zn	3,000
Sn	1,000

Posuzování radioaktivity materiálů ze slévárenství v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) není u materiálů ze slévárenství pro použití v zemním tělese pozemních komunikací relevantní.

V případě použití materiálů ze slévárenství se doporučuje posoudit, zda tyto materiály vyhovují z hlediska požadavků vyhl. č. 273/2021 Sb. Pozornost je nutné věnovat obsahu organických látek (především PAU), které mohly být součástí slévárenských forem a ekotoxicitě.

7.6.4 Technické požadavky

Do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít materiály ze slévárenství teprve po ověření jejich vlastností na základě rozsáhlého výzkumu, díky němuž bude možné stanovit rovněž požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto materiálů.

7.6.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze slévárenství

V případě zabudování materiálů ze slévárenství do zemního tělesa pozemních komunikací platí v plném rozsahu ČSN 73 6133 a další technické předpisy. V rámci výzkumu před jejich použitím je nutné ověřit, zda nebudou nutné žádné zvláštní požadavky pro návrh a provádění zemního tělesa (násyp, aktivní zóna).

Upozorňujeme, že slévárenské písky jsou stejnoznámé, a proto jejich případné zabudování do násypu bude možné pouze do jádra násypu za hrázky (podobně jako u vedlejších energetických produktů), případně ve vrstevnatých násypech (podobně jako u násypu z vápenného písku) (viz ČSN 73 6133, čl. 7.7.2) nebo po úpravě pojivy.

7.6.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují průkazními a kontrolními zkouškami.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy certifikáty a protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Rozsah průkazních a kontrolních zkoušek v případě materiálů ze slévárenství musí být upřesněn na základě výzkumu.

7.7 Materiály z těžby a úpravy surovin (hlušiny)

7.7.1 Termíny a definice

Do skupiny materiálů z těžby a úpravy surovin patří:

- prohořelá uhelná hlušina (červená uhelná břidlice),
- neprohořelá uhelná hlušina (odpad z těžby černého uhlí, černá uhelná břidlice),
- předupravená skrývka z lomů/dolů (včetně materiálů z těžby a úpravy rudních a nerudních surovin),
- odpad z ropných břidlic.

Odpad z ropných břidlic (*spent oil shale*), stejně jako ropné břidlice (*oil shales*), se v České republice nevyskytuje. Ropné břidlice se nacházejí a průmyslově využívají ve Skotsku a v Estonsku. Tato skupina materiálů nebude v TP podrobněji popisována.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

S ohledem na českou praxi jsou dále uvedeny upřesňující termíny a definice.

Uhelná hlušina – hlušina získaná při těžbě a úpravě uhlí.

Prohořelá uhelná hlušina – uhelná hlušina přeměněná termickým procesem. Vlastnosti prohořelé uhelné hlušiny závisí na teplotě termického procesu a množství termicky ovlivněných úlomků a množství prohořelé rozptýlené uhelné hmoty.

Neprohořelá uhelná hlušina – uhelná hlušina, která neprošla termickými procesy a která obsahuje zbytky uhlí a rozptýlenou uhelnou hmotu v horninách.

Důlní neprohořelá uhelná hlušina – neprohořelá uhelná hlušina získaná při těžbě uhlí pocházejících z důlní těžby jednak z otvírek povrchových dolů a lomů, jednak z hloubení a ražení hlubinných dolů.

Úpravnická uhelná hlušina – neprohořelá uhelná hlušina, která je produktem při třídění a úpravě uhlí a je odebírána přímo z úpravnické linky nebo mezideponie. Zpravidla je produkována jednotlivými úpravami v definovaných frakcích v závislosti na úpravnické lince.

Odvalová uhelná hlušina – uhelná hlušina uložená na odvalu (výsypce), může obsahovat jak uloženou úpravnickou uhelnou hlušinu z úpraven, tak netříděnou důlní uhelnou hlušinu. Na odvalech se může vyskytovat jak neprohořelá, tak prohořelá uhelná hlušina.

Rozptýlená uhelná hmota – jemnozrnná uhelná hmota rozptýlená v okolních horninách, která nevytvořila souvislé polohy uhlí.

7.7.2 Všeobecné požadavky

Pro stavby pozemních komunikací lze používat prohořelou a neprohořelou uhelnou hlušinu. Je zakázáno jednotlivé materiály (prohořelou a neprohořelou uhelnou hlušinu) míchat. V případě prohořelé uhelné hlušiny se doporučuje oddělovat prohořelou uhelnou hlušinu vznikající v oxidačních a redukčních podmínkách.

Prohořelá a neprohořelá uhelná hlušina musí splňovat ekologická kritéria, tj. kvalitu výluhu, která jsou uvedena v těchto TP.

Prohořelou a neprohořelou uhelnou hlušinu a další materiály z této skupiny lze v souladu s těmito TP používat v následujících konstrukcích

- podloží násypu a pro úpravu podloží násypu,
- násypy pozemních komunikací, protihlukové valy,
- terénní úpravy – rekultivační účely,
- aktivní zóna (podloží konstrukce vozovky) – jen prohořelá uhelná hlušina a skřívky z lomů,
- přechodové oblasti mostních objektů,
- obsypy, zásypy objektů, základových objektů a inženýrských sítí.

Použití neprohořelé uhelné hlušiny v aktivní zóně je zakázáno.

7.7.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech materiálů ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů posuzuje z hlediska obsahu těžkých kovů ve výluhu.

Obsah těžkých kovů ve výluhu, který se připraví loužením vzorku smíchaného s vodou v poměru 1 : 10 podle ČSN EN 12457/1-4, nesmí překročit limitní hodnoty uvedené v tabulce 13.

Tabulka 13: Limitní hodnoty obsahu těžkých kovů ve výluhu pro materiály z těžby a úpravy nerostných surovin

Prvek	Maximální přípustný obsah ve výluhu (mg·l ⁻¹)
Ag	0,100
As	0,100
Ba	1,000
Be	0,005
Cr (celkový)	0,100
Cd	0,005
Co	0,100
Cu	1,000
Ni	0,100
Pb	0,100
Hg	0,005
Se	0,050
V	0,200
Zn	3,000
Sn	1,000

Posuzování radioaktivity materiálů ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

Obsah organických látek (stanovených jako ztráta žíháním nebo TOC), stejně jako obsah spalitelných látek není pro stavby zemního tělesa pozemních komunikací limitován. Výjimkou je ukládání neprohořelé uhelné hlušiny na termicky aktivní odval (podrobněji viz příloha 4). Při výstavbě je nutné klást důraz na kvalitní zhutnění a snížení obsahu vzduchových pórů.

Předupravená skrývka z lomů musí splňovat všechna kritéria dle vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Sekundárně kontaminované materiály ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů nesmí být do zemního tělesa zabudovány.

7.7.4 Technické požadavky

Do násypu se bez úpravy nesmí použít (s výjimkou poddajné vrstvy vrstevnatého násypu) materiály ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů klasifikované jako nepoužitelné, nevhodné nebo podmíněčně vhodné zeminy dle ČSN 73 6133, tabulky 1.

Uhelná hlšina (prohořelá i neprohořelá) a předupravená skrývka z lomů nesmí obsahovat cizorodé částice – dřevo, pryž, plasty, aj. Kontrola odstranění cizorodých částic, případně akceptovatelné množství cizorodých částic, se provádí vizuálně.

Rozhodovacím kritériem použitelnosti je zrnitost a podíl částic nad 125 mm.

Neprohořelá uhelná hlušina se nesmí použít v aktivní zóně pozemních komunikací z důvodu malé odolnosti proti zmrazování a rozmrazování.

V zemním tělese se nesmí míchat jednotlivé materiály. Týká se především prohořelé a neprohořelé uhelné hlušiny.

7.7.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím hlušin

Technologie zpracování všech materiálů ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů a konstrukční požadavky na jejich využití při stavbě zemních těles pozemních komunikací se řídí zejména ČSN 73 6133 a TKP 4. Před zahájením zemních prací s využitím uhelné hlušiny je nutno zpracovat technologický předpis a předložit jej objednateli ke schválení.

Zrnitost sypaniny u dvou vrstev násypu ležících nad sebou se může vzájemně lišit za předpokladu dodržení filtračních kritérií obou materiálů podle čl. 4.1.4 ČSN 73 6133, popř. zamezením jejich infiltrace filtrační geotextilií. Toto ustanovení se vztahuje zejména na podloží násypu a první vrstvu násypu.

Při použití hrubozrnného materiálu ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů pro obsyp a zásyp objektů z betonu (např. propustky, podchody, opěrné zdi, podpěry mostů apod.), musí být tyto objekty chráněny proti poškození izolace (např. ochrannou geotextilií).

U prohořelé i neprohořelé uhelné hlušiny musí být stanoven stupeň agresivity prostředí z důvodu ochrany betonu (např. použití síranovzdorného cementu), očekává-li se působení agresivního prostředí).

Ukládání materiálů do zemního tělesa se provádí po vrstvách a na základě vyhodnocení zhutňovací zkoušky dle ČSN 72 1006.

Poznámka: Při vyšším počtu pojezdů může dojít k drcení uhelné hlušiny. V případě neprohořelé uhelné hlušiny (např. jílovců z Mostecké nebo Sokolovské pánve) je žádoucí vyšší počet pojezdů zhutňovacího prostředku pro podrcení úlomků, a tím snížení mezerovitosti sypaniny.

Během výstavby zemního tělesa z neprohořelé uhelné hlušiny je nutno zvolit takovou technologii a organizaci práce, aby nebyly vytvořeny podmínky pro vznik záparu, samovznícení nebo vznícení v důsledku vnější iniciace.

Na povrchu vrstvy (nezhutněné i zhutněné) neprohořelé uhelné hlušiny sypaniny se zakazuje zakládání ohně a práce s otevřeným ohněm (např. svařování plamenem), pokud není zvláštními bezpečnostními opatřeními zamezeno zvýšení teploty neprohořelé uhelné hlušiny.

Při ukládání prohořelé uhelné hlušiny na neprohořelou uhelnou hlušinovou sypaninu nesmí být mocnost obou sypaných vrstev (před zhutněním) menší než 0,5 m a teplota prohořelé hlušinové sypaniny nesmí být vyšší než 40 °C.

Poznámka: Platí pro případy, kdy je do násypů ukládána hlušina těžená z termicky aktivní části odvalu s vyšší teplotou, která ještě není vychlazená (především hlušina z odvalu Heřmanice v Ostravě).

Svahy násypů z uhelné hlušiny (prohořelé i neprohořelé) se doporučuje opatřit ochrannou vrstvou o nejmenší tloušťce 0,6 m (včetně vrstvy humózní) zpevněnou vegetačním porostem.

Při hloubení rýh, výkopů, nebo při jiném zásahu do zemního tělesa z neprohořelé uhelné hlušiny sypaniny, musí být místa zásahu zasypána v nejkratší možné době těsnicím inertním materiálem nebo zhutněnou uhelnou hlušinou proto, aby se zabránilo přístupu vzduchu, a tím možnému záparu

a samovznícení. Pokud se rýhou nebo výkopem naruší izolační vrstva, musí být tato vrstva zpětně obnovena v původní poloze a hloubce.

Není přípustné vést teplovod v zemním tělese z neprohořelé uhelné hlušiny bez inertního obsypu a opatření proti zvýšení teploty v hlušině.

Kontrolní sledování projevů případně zvýšené teploty násypu z neprohořelé uhelné hlušiny se musí provádět:

- v průběhu výstavby průběžně nejméně jednou týdně nebo dle potřeby v kratším intervalu,
- po skončení výstavby jednou za rok pochůzkou.

Při zjištění podezřelých míst, která se projevují zvýšenou teplotou neprohořelé uhelné hlušiny proti svému okolí, s výskytem par po dešti nebo tání sněhu, se neprodleně zahájí teplotní monitoring.

Pro materiály z těžby a úpravy nerostných surovin (vyjma uhelné hlušiny) platí obecná pravidla pro návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací uvedená v ČSN 73 6133 a TKP 4.

7.7.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují průkazními a kontrolními zkouškami.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy buď certifikáty nebo protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Před zahájením prací s materiály ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů musí zhotovitel ověřit shodu vlastností sypaniny s průkazními zkouškami. Zkoušky platí pro jeden zdroj materiálu. V případě změny zdroje materiálu (např. neprohořelá uhelná hlušina z jiného odvalu nebo úpravny), je nutno provést všechny požadované průkazní zkoušky.

Průkazní zkoušky hlušinové sypaniny musí obsahovat stanovení:

- obsah těžkých kovů ve výluhu dle tab. 13,
- klasifikace ČSN 73 6133,
- zhutnitelnosti.

Další průkazní zkoušky neupravených a upravených zemin jsou specifikovány v ČSN 73 6133, tabulkách 7 a 8.

Součástí průkazních zkoušek sypanin z materiálů ve skupině těžebních a úpravnických materiálů je zhutňovací zkouška podle ČSN 72 1006.

V případě použití hlušinové sypaniny do těles pozemních komunikací, které budou navrženy na základě matematického modelování, musí být součástí průkazních zkoušek stanovení smykových a deformačních parametrů pro potřeby výpočtu.

Při stavbě násypů ve vodním prostředí se doporučuje ověřit odolnost materiálu proti zvětrávání před uložením do vody, po jeho zhutnění a v pravidelných intervalech po uložení ve vodním prostředí. Základní informace může poskytnout zkouška rozpadavosti dle ČSN EN 17542-1.

Přehled kontrolních zkoušek při provádění a po dokončení zemního tělesa s využitím materiálů ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů je uveden v ČSN 73 6133, tabulce 10a.

V případě použití materiálu ze skupiny těžebních a úpravnických materiálů charakteru kamenité sypaniny ve smyslu ČSN 72 1006, se ověřuje dosažená hodnota modulu přetvárnosti stanovená statickou zatěžovací zkouškou v oblasti osy násypu dle ČSN 72 1006, přílohy A. Upozorňuje se na nutnost dodržení ustanovení ČSN 72 1006, že přímo pod zatěžovací deskou se nesmí vyskytovat zrna větší než $\frac{1}{4}$ průměru desky.

Nad rámec kontrolních zkoušek uvedených v ČSN 73 6133 nejsou požadovány žádné zkoušky.

7.8 Vytěžené přírodní materiály

7.8.1 Termíny a definice

Do skupiny přírodních vytěžených materiálů patří:

- materiály z ražby tunelů ve tvrdých horninách tradičními metodami,
- materiály z ražby tunelů v tvrdých horninách metodou TBM,
- materiály z ražby tunelů v poloskalních horninách pod ochranou štítu z bentonitu (*slurry shield*),
- materiály z ražby tunelů v poloskalních horninách metodou rovnováhy zemního tlaku (*earth pressure*),
- materiál těžený z vody – jemnozrnný,
- materiál těžený z vody – hrubozrnný,
- přírodní zeminy.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8. Vytěžené přírodní zeminy jsou popisovány rovněž v TP 210.

S ohledem na českou praxi jsou dále uvedeny upřesňující termíny a definice.

Tradiční metody ražby tunelů – při použití klasických metod se původní horniny vytěží a prostor se posléze vyztuží po tzv. „záběrech“ neboli pracovních postupech, kde délka jednotlivých záběrů závisí zejména na kvalitě horninového prostředí a na použité technologii, ale i na mnoha dalších faktorech (příčný průřez, strojní vybavení). K rozpojování hornin lze používat trhací práce nebo tunelbagry. Vytěžený materiál má obvykle charakter kamenité až balvanité sypaniny, často s velkými bloky. Před použitím do zemního tělesa se musí příslušně upravit zrnitost.

Ražba tunelů pomocí razicího štítu (TBM – tunnel boring machine) – v tvrdých horninách se používá buď chráněný nebo otevřený typ TBM. Oba typy odtěžují horninu za použití diskovitých řezných nástrojů umístěných na řezné hlavě. Řezné nástroje vytvářejí tlak v hornině způsobující ulamování horniny u přední části štítu. Odtěžená hornina je přepravována pásovým dopravníkem ven z tunelu. V rozpukaných horninách se používá stíněný typ, který postaví betonové díly, které zpevní nestabilní stěny tunelu. Vytěžený materiál má převážně charakter hrubozrnné sypaniny.

Ražba tunelu pod ochranou štítu z bentonitu (*slurry shield*) – technologie ražby pod ochranou štítu z bentonitu se používá v měkkých horninách s velmi vysokým tlakem podzemní vody. Razicí stroje

zajišťují zcela uzavřené pracovní prostředí. Vytěžený materiál se v řezné hlavě míchá s bentonitovým výplachem, který je potrubím odváděn z tunelu. Na povrchu jsou pro tento proces potřebná velká separační zařízení, která oddělují vytěženou horninu od výplachu. Ten se poté vrací zpět do razicího stroje. Použití vytěženého materiálu je možné po oddělení bentonitu a snížení jeho vlhkosti.

Ražba tunelu metodou rovnováhy zemního tlaku (EPB – earth pressure balance) – technologie EPB se používá v měkkém prostředí. Na řezné hlavě nejsou jen diskovité řezné nástroje, ale místo toho se používá kombinace řezacích hlavíc z karbidu wolframu, karbidových diskovitých řezných nástrojů a/nebo diskovitých řezných nástrojů pro tvrdé prostředí. Rychlost odklizení rubaniny se udržuje na hodnotě odpovídající postupu stroje, a je tedy udržováno stabilní prostředí. Do horniny se za účelem další stabilizace také přidávají přísady, jako jsou bentonit, polymery a pěny. Použití vytěženého materiálu je možné po oddělení přísad a jeho odvodnění.

7.8.2 Všeobecné požadavky

Pro stavby pozemních komunikací lze používat všechny materiály z této skupiny. Pozornost je nutné věnovat jejich vlastnostem vyplývajícím ze způsobu jejich těžby.

Pro hydraulické ukládání materiálu těženého z vody charakteru písku a štěrku platí ČSN EN 16907-6.

Pro přírodní zeminy platí obecná ustanovení v ČSN 73 6133, TKP 4 a ČSN EN 16907-1 až 7.

7.8.3 Environmentální požadavky

Environmentální vhodnost se u všech přírodních materiálů z těžby se posuzuje podle charakteru těženého materiálu a způsobu těžby.

Všechny vytěžené materiály musí splňovat požadavky vyhl. č. 273/2021 Sb., tab. 5.1 a 5.3.

Upozorňujeme, že v některých přírodních horninách mohou být překročeny limitní obsahy některých ukazatelů (např. arsen v magmatitech). Pokud se jedná o přirozeně vysoké geochemické pozadí, lze uvedené materiály používat v násypech v prostředí s tímto zvýšeným obsahem.

Vysoké obsahy těžkých kovů mohou být zjištěny rovněž u materiálů těžených z vody. Jejich použití v zemních pracích je možné po stabilizaci pojivy a prokázání, že výsledná směs splňuje požadavky vyhlášky č. 273/2021 Sb.

V případě ražeb tunelů v metamorfovaných horninách, které mohou obsahovat vláknité minerály (azbest), musí být posouzena přítomnost těchto vláknitých minerálů. K identifikaci azbestových vláken ve vzorcích se používá optická mikroskopie.

V České republice dosud neexistuje žádný právní předpis, technická norma nebo metodický návod, který by se zabýval problematikou přirozeně se vyskytujících azbestů v horninách a v materiálech z hornin vyrobených.

V případě ražeb tunelů s použitím trhacích prací mohou být materiály znečištěné dusíkatými látkami, které jsou obsaženy v trhavinách.

Materiály z ražeb tunelů metodou rovnováhy zemního tlaku mohou být znečištěny organickými látkami (polymery, pěny apod.). Před jejich použitím musí být prokázáno, že splňují požadavky vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Posuzování radioaktivity materiálů z této skupiny v zemním tělese pozemních komunikací není relevantní.

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) není u přírodních těžených materiálů pro použití v zemním tělese pozemních komunikací relevantní.

7.8.4 Technické požadavky

Do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít přírodní těžené materiály. Technické požadavky vyplývají z charakteru konkrétního materiálu. Níže jsou uvedeny hlavní aspekty, jimž je nutné věnovat pozornost pro jednotlivé materiály.

V případě materiálů z **ražeb tunelů tradičními metodami** je nutné věnovat pozornost velikosti úlomků a případně materiál upravit na jednotlivé zrnitostní frakce pro snadnější použití.

V případě ražeb pomocí **tunelovacího stroje TBM** se doporučuje upravit zrnitost výsledného vytěženého materiálu následovně:

- jemná frakce 5–15 %,
- písčité frakce 10–30 %,
- frakce 2–150 mm 55–85 %.

V případě materiálů těžených z **ražby tunelů pod ochranou bentonitového štítu** se doporučuje:

- separovat bentonitový výplach, aby nedocházelo ke znečištění vlastního vytěženého materiálu;
- oddělit materiál frakce nad 4 mm pod vodou;
- řádně vyčistit písčitou frakci, aby nebyla znečištěna bentonitem.

U těchto materiálů se doporučuje ověřit jejich objemovou stálost.

Materiály z **ražeb tunelů metodou rovnováhy zemních tlaků** jsou nasycené vodou a před jejich dalším použitím se musí odvodnit. Podíl pevné fáze tvoří cca 65–70 %.

Vlastnosti vytěžených materiálů jsou ovlivněny následujícími faktory:

- směsí zemin;
- měnící se zrnitostí;
- měnícím se tvarem zrn.

Jemnozrnné i hrubozrnné materiály těžené z vody se musí v případě použití do násypů nejprve odvodnit. Vlastnosti se doporučuje ověřit po jejich odvodnění. Výjimkou je výstavba hydraulických násypů podle ČSN EN 16907-6.

Přírodní vytěžené materiály z této skupiny nesmí obsahovat cizorodé částice – dřevo, pryž, plasty, zbytky výztuže aj., které musí být před jejím zabudováním odstraněny. Kontrola odstranění cizorodých částic, případně akceptovatelné množství cizorodých částic, se provádí vizuálně.

Technické požadavky na přírodní těžené materiály z této skupiny se neliší od technických požadavků pro zeminy a horniny uvedené v ČSN 73 6133 a TKP 4.

7.8.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím vytěžených přírodních materiálů

Technologie zpracování všech materiálů z této skupiny a konstrukční požadavky na jejich využití při stavbě zemních těles pozemních komunikací se řídí zejména ČSN 73 6133 a TKP 4. Před zahájením zemních prací s využitím těchto materiálů je nutno zpracovat technologický předpis a předložit jej objednateli ke schválení.

Při použití hrubozrnného materiálu z této skupiny pro obsyp a zásyp objektů z betonu (např. propustky, podchody, opěrné zdi, podpěry mostů apod.), musí být tyto objekty chráněny proti poškození izolace (např. ochrannou geotextilií).

Ukládání materiálů do zemního tělesa se provádí po vrstvách a na základě vyhodnocení zhutňovací zkoušky dle ČSN 72 1006.

7.8.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují zkouškami průkazními a kontrolními.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy buď certifikáty nebo protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

Před zahájením prací s materiály z této skupiny musí zhotovitel ověřit shodu vlastností sypaniny s průkazními zkouškami. Zkoušky platí pro jeden zdroj materiálu. V případě změny zdroje materiálu (např. odlišný horninový typ z ražeb tunelů) je nutno provést všechny požadované průkazní zkoušky.

Rozsah průkazních a kontrolních zkoušek se neliší od zkoušek pro zeminy a horniny uvedené v ČSN 73 6133 a TKP 4.

Součástí průkazních zkoušek sypanin z materiálů této skupiny je zhutňovací zkouška podle ČSN 72 1006.

V případě použití materiálu z této skupiny charakteru kamenité sypaniny ve smyslu ČSN 72 1006 se ověřuje dosažená hodnota modulu přetvárnosti stanovená statickou zatěžovací zkouškou v oblasti osy násypu dle přílohy A ČSN 72 1006. Upozorňuje se na nutnost dodržet ustanovení ČSN 72 1006, že přímo pod zatěžovací deskou se nesmí vyskytovat zrna větší než $\frac{1}{4}$ průměru desky.

Nad rámec kontrolních zkoušek uvedených v ČSN 73 6133 nejsou požadovány žádné zkoušky.

7.9 Produkty spalování jiných materiálů

7.9.1 Termíny a definice

Do skupiny produktů spalování jiných materiálů patří:

- popílek z papírenského kalu,
- popel ze spalování kalů z čistíren odpadních vod,
- popílek z biomasy,
- popílek z ropných břidlic.

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

Další termíny a definice z oblasti produktů ze spalování jiných materiálů jsou uvedeny dále.

Spoluspalovaný materiál – je definován v ČSN EN 450-1, čl. 4.1. Mezi spoluspalované materiály patří rostlinný materiál (dřevo, sláma, rostlinná vlákna), surové dřevo a biomasa, masokostní moučka, komunální odpad, papírový odpad, ropný koks, popílek z tekutých a plyných paliv.

V České republice se produkty spalování jiných materiálů v zemních pracích zatím nepoužívají. Biomasa ve formě dřeva, slámy, rostlinných vláken může být součástí spoluspalovaných materiálů při spalování uhlí (viz kap. 7.3).

Popílek z ropných břidlic v aplikacích v České republice nepředpokládáme, protože ropné břidlice se u nás nevyskytují.

Je velmi pravděpodobné, že význam produktů spalování jiných materiálů stoupne s útlumem spalování uhlí v tepelných elektrárnách. Jejich použití je podmíněno rozsáhlým výzkumem jejich vlastností, jak z hlediska environmentálního, tak z hlediska geotechnického a technologického.

Protože neexistují praktické zkušenosti s použitím těchto materiálů v České republice, jsou níže uvedena doporučení, která by měla být zahrnuta do procesu ověřování jejich použití v zemních pracích.

7.9.2 Všeobecné požadavky

Všeobecné požadavky na používání produktů ze spalování jiných materiálů zatím nebyly specifikovány. Doporučujeme vycházet ze všeobecných požadavků pro produkty spalování uhlí (viz kap. 7.3.2) a postupně je upřesňovat.

Pravděpodobně bude možné popílky ze spalování biomasy, papírenského kalu a spalování kalů z čistíren odpadních vod využít i pro mechanickou úpravu zemin (vlhkosti, zrnitosti). Použití těchto materiálů pro úpravu zemin zatím nebylo zobecněno ani na evropské úrovni. Experimentálně se využívají popílky ze spalování papírenských kalů s vysokým obsahem aktivního vápna.

7.9.3 Environmentální požadavky

Doporučuje se ověřovat obsah těžkých kovů ve výluhu stejně jako u produktů spalování uhlí. Příprava vzorků a limitní obsahy těžkých kovů jsou stejné jako v případě produktů ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.3).

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) u produktů spalování jiných materiálů pro použití v zemním tělese pozemních komunikací se neposuzuje.

Vedle obsahu těžkých kovů se doporučuje v případě produktů spalování jiných materiálů sledovat obsah chloridů a síranů (především u popílků z biomasy).

V případě chloridů lze doporučit jako limitní hodnotu obsahu 700 mg/l (viz vyhl. č. 273/2021 Sb.). Zde je nutné upozornit, že tato hodnota je jen orientační a může být upravena podle výsledků výzkumu. Je nutné prokázat, že po uvolnění chloridů do vodního prostředí nedojde k jeho zhoršení a že negativně neovlivní okolí.

Dokud nebudou k dispozici rozsáhlejší zkušenosti s používáním produktů spalování jiných materiálů, je povinné stanovení ekotoxicity dle vyhl. č. 273/2021 Sb.

7.9.4 Technické požadavky

Při stanovení technických požadavků na používání produktů spalování jiných materiálů doporučujeme vycházet z požadavků pro produkty spalování uhlí (viz kap. 7.3.4). V případě splnění těchto požadavků lze uvažovat o případném použití produktů ze spalování jiných materiálů v zemních pracích. Je však nezbytné rozsah technických požadavků a kritéria použití upřesnit na základě výzkumu.

7.9.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů ze spalování jiných materiálů

Doporučuje se vycházet z požadavků na provádění zemního tělesa pro produkty ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.5). Do aktivní zóny produkty spalování jiných materiálů nedoporučujeme.

Upřesnění technologie výstavby, včetně ukládání a hutnění produktů spalování jiných materiálů, je nezbytné a musí vycházet z realizace zkušebních úseků s těmito materiály.

Produkty ze spalování jiných materiálů nesmí být používány v environmentálně citlivých oblastech, zejména v blízkosti zdrojů pitné vody minimálně vně PHO 2. V násypu mohou být ukládány pouze nad úroveň Q100 + 0,50 m.

7.9.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Doporučuje se vycházet z požadavků na provádění zemního tělesa z požadavků pro produkty ze spalování uhlí (viz kap. 7.3.7). Důraz musí být kladen na objemovou stálost těchto materiálů s ohledem na vysoké obsahy volného vápna v případě popílků z biomasy nebo popílků ze spalování papírenských kalů.

Rozsah průkazních a kontrolních zkoušek při zabudování produktů spalování jiných materiálů musí být upřesněn na základě výzkumu těchto materiálů a zkušeností ze zkušebních úseků s těmito materiály.

7.10 Různé

7.10.1 Termíny a definice

Do skupiny různých materiálů patří materiály velmi různorodého původu:

- drcené sklo,
- cementárenské a vápenné odprašky,
- drcené pneumatiky,
- balíky pneumatik,
- energosádrovec,
- průmyslový sádrovec,
- okrajové materiály (místní zkušenost).

Definice jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce 2 v kapitole 1.8.

V České republice se uvedené materiály v zemních pracích zatím nepoužívají.

Možnosti využití drcených pneumatik a balíků pneumatik ve vylehčených násypech jsou podrobně popsány v TP 198.

Cementárenské a vápenné odprašky se používají jako složky při výrobě hydraulických silničních pojiv (např. pod obchodní značkou ViaCalco). Samostatně se v zemních pracích nepoužívají.

Energosádrovec se samostatně v zemních pracích nepoužívá. V minulosti býval součástí některých popílkových stabilizátů (viz kap. 7.3).

Průmyslový sádrovec (vedlejší produkt z výroby titanové běloby v Precheze Přerov a.s.) byl experimentálně zkoušen na zkušebních úsecích jako alternativa násypového materiálu pro stavby dálnic v okolí Přerova. Na stavbě však použitý nebyl.

Protože neexistují praktické zkušenosti s použitím těchto materiálů v České republice, jsou níže uvedena doporučení, která by měla být zahrnuta do procesu ověřování jejich použití v zemních pracích.

7.10.2 Všeobecné požadavky

Protože se jedná o velmi různorodé materiály, nelze definovat pro ně společné požadavky pro zabudování do zemního tělesa.

Možnosti využití drcených pneumatik a balíků pneumatik ve vylehčených násypech jsou podrobně popsány v TP 198.

7.10.3 Environmentální požadavky

Žádné materiály z této skupiny nesmí být klasifikovány jako odpad. Environmentální požadavky na balíky pneumatik a drcené pneumatiky jsou uvedeny v TP 198.

U ostatních materiálů z této skupiny se doporučuje ověřit splnění ukazatelů dle Vyhl. č. 273/2021 Sb., včetně ekotoxicity.

Obsah organických látek (stanovený metodou ztráty žíháním nebo stanovením celkového obsahu organického uhlíku TOC) u těchto materiálů pro použití v zemním tělese pozemních komunikací se neposuzuje.

7.10.4 Technické požadavky

Rozsah technických požadavků a kritéria použití jednotlivých materiálů se musí upřesnit na základě laboratorního výzkumu /zkoušek odborně způsobilou laboratoří. Musí být stanoveny jeho vlastnosti a technické požadavky / doporučení pro jeho použití.

Výjimkou jsou balíky pneumatik a drcené pneumatiky, u nichž jsou technické požadavky popsány v TP 198.

7.10.5 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací s využitím materiálů z této skupiny

V případě balíků pneumatik a drcených pneumatik je návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací popsán v TP 198.

Upřesnění technologie výstavby, včetně ukládání a hutnění ostatních materiálů z této skupiny, je nezbytné a musí vycházet z realizace zkušebních úseků s těmito materiály.

7.10.6 Průkazní a kontrolní zkoušky

Požadované vlastnosti vstupních materiálů i hotových částí konstrukce pozemních komunikací, v nichž bylo použito těchto materiálů, se ověřují průkazními a kontrolními zkouškami.

Materiály, určené pro zabudování do zemního tělesa, musí být doloženy certifikáty a protokoly průkazních zkoušek podle příslušných norem a těchto TP v souladu s platnými předpisy. Certifikáty a protokoly o průkazních a kontrolních zkouškách jsou též podkladem k převzetí stavby a její části.

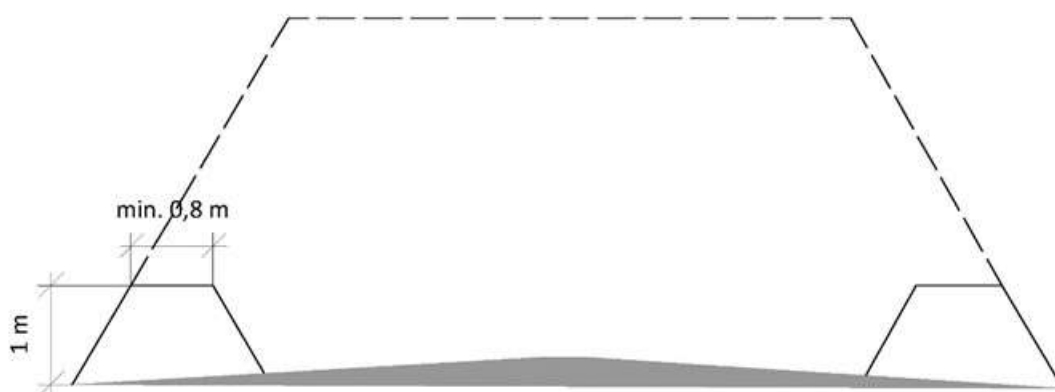
Rozsah průkazních a kontrolních zkoušek v případě jiných materiálů musí být upřesněn na základě výzkumu.

Příloha 1 Výstavba násypů z vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí a produktů spalování jiných materiálů

Postup výstavby zemního tělesa pozemních komunikací z VEP



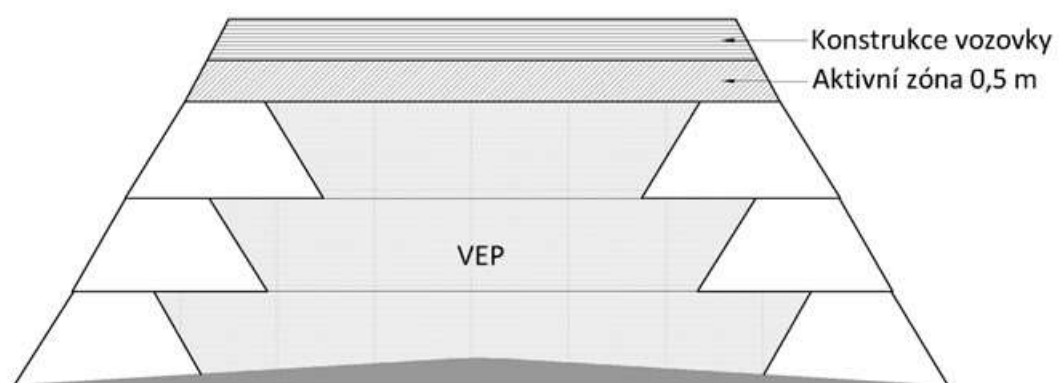
Obr. P1.1: Vyspádování urovnání a přehutnění podloží



Obr. P1.2: Vybudování základních hrázek z vhodné zeminy podle ČSN 73 6133



Obr. P1.3: Navezení vrstvy VEP mezi hrázky a zhutnění; vrstva cca 0,30–0,35 m



Obr. P1.4: Dokončení zemního tělesa z VEP, aktivní zóna z vhodné zeminy splňující kritéria ČSN 73 6133

Příloha 2 Stanovení lineárního bobtnání pro vedlejší energetické produkty

1. Účel zkoušky

Předmětem zkoušky je stanovení součinitele lineárního nebo objemového bobtnání. V případě produktů fluidního spalování (fluidní popíky a ložový popel) je tato zkouška povinná.

Bobtnání je zvětšování objemu materiálu způsobené fyzikálně-chemickými pochody v materiálu (popř. i dodatečným nasáváním vody).

2. Zkušební zařízení

Laboratorní zařízení pro zkoušku CBR – moždíř a ostatní vybavení, používané pro přípravu a provedení zkoušky CBR podle ČSN EN 13286-47.

3. Zkušební metodika – příprava vzorku a postup zkoušky

Směs, zvlhčená na vlhkost optimální (w_{opt}) dle zkoušky Proctor Standard se zhutní v CBR moždíři energií Proctor standard (PS). Bobtnání se měří po 3 dnech zrání ve vlhkém prostředí, při teplotě 20 ± 2 °C, stejným postupem, jako při zkoušce CBR, tj. měří se změna výšky povrchu zhutněného, syceného vzorku, zatíženého zátěží. Na indikátorových hodinkách se odečítají údaje až do ustálení deformací.

Zkouška se provádí minimálně na 3 vzorcích.

4. Vyhodnocení zkoušky bobtnání

Celkové lineární bobtnání se vyjadřuje v parametrech původní výšky vzorku (hloubky moždíře CBR).

Ze zkoušky je možno určit:

- součinitel lineárního bobtnání (L_s);
- součinitel objemového bobtnání (G_v);
- časový průběh bobtnání – závislost L_s (G_v) na čase t .

$$L_s = \frac{\Delta l_t}{l_0}$$

kde

l_0 je původní výška vzorku

l_t je výška vzorku po uplynutí času t

$$\Delta l_t = l_t - l_0$$

$$G_v = \frac{\Delta V_t}{V_0}$$

kde

V_0 je původní objem vzorku

V_t je objem vzorku po uplynutí času t

$$\Delta V_t = V_t - V_0$$

Časový průběh bobtnání je grafické vyjádření závislosti L_s (popř. G_v) na čase t .

Informativně lze určit i bobtnací tlak. U vzorku v moždíři CBR se nárůst deformace od okamžiku počátku bobtnání ($t = 0$) vyrovnává přitěžováním pístu. Maximální dosažený tlak je považován za bobtnací tlak. Bobtnací tlak lze rovněž změřit zabudovaným tlakovým snímačem ve vzorku.

Poznámka: Jednotlivé výsledky 3 dílčích zkoušek se nesmí od průměru lišit více než o 10 %, jinak je nutno zkoušku opakovat.

Příloha 3 Stanovení délky technologické prodlevy pro vedlejší energetické produkty

1. Účel stanovení

Účelem zkoušky je zjistit časový úsek mezi zvlhčením prvotní směsi (obvykle fluidní popílek, nebo směs fluidního popílku s pojivem) a počátkem jejího tvrdnutí. Podle výsledku se určí maximální přípustná délka doby, která je k dispozici pro dopravu a zpracování fluidního popílku nebo směsi s pojivem. Pokud by se stavebně zpracovával (zhutňoval) fluidní popílek nebo směs až po uplynutí této doby, došlo by ke ztrátě schopnosti vytvrzování, a tím k podstatnému zhoršení jeho technických vlastností.

2. Zkušební vybavení

Pro laboratorní zkoušku je zapotřebí Proctorův přístroj, popř. jiné jednoduché zařízení (moždíř, pěch s konstantní výškou pádu), v němž je možné zhutňovat sypaninu konstantní energií. Dále je potřebné vybavení pro stanovení (suché) objemové hmotnosti dle ČSN 72 1010. Pro orientační posouzení je možné použít i kapesní penetrometr.

3. Metodika zkoušky

Z volně nasypaného technologického vzorku zvlhčeného fluidního popílku nebo směsi se odebere dílčí vzorek, který se ihned zhutní v moždíři konstantní energií. Zjistí se dosažená objemová hmotnost (suchá).

Po uplynutí jedné hodiny od zvlhčení fluidního popílku nebo směsi se odebere další dílčí vzorek, zhutní se stejným způsobem a určí se jeho objemová hmotnost.

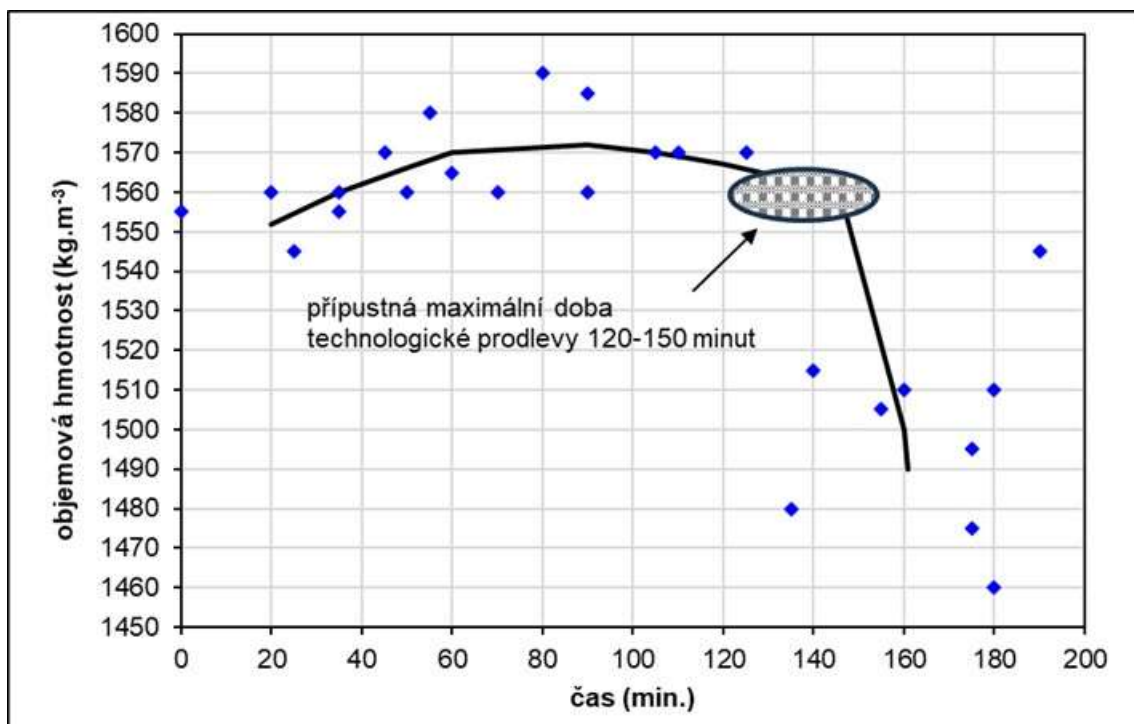
Zkouška se opakuje pravidelně v cca 30 min. intervalech, dokud se vizuální prohlídkou technologického vzorku nezjistí narůstající tvorba hrudek, která pokračuje tvrdnutím volně nasypaného materiálu. V moždíři zůstává i po zhutnění hrudkovitá struktura vzorku s mezerami. Tvrdnutí zpravidla začíná po 3–4 hodinách od zvlhčení fluidního popílku nebo směsi.

Kapesním penetrometrem je možno stanovovat průběh tvrdnutí dle nárůstu penetračního odporu.

4. Vyhodnocení zkoušky

Dosažené hodnoty objemové hmotnosti vzorků zhutňovaných v intervalech 30 min. – 1 hod. se vynesou do grafu (závislost objemové hmotnosti na čase uplynulém mezi přípravou a zpracováním směsi) (obrázek P3.1). Za maximální přípustnou délku technologické prodlevy se považuje doba, po jejímž uplynutí se v průběhu grafu u zhutněného vzorku začne projevovat zřetelný pokles objemové hmotnosti.

Tato doba se ještě porovnává s průběhem tvorby hrudek a tvrdnutím nezpracovaného volně uloženého materiálu, popř. s výsledky měření penetrometrem na zhutněných vzorcích. Podle získaných výsledků se stanoví maximální přípustná délka technologické prodlevy.



Obrázek P3.1: Příklad stanovení doby technologické prodlevy

Příloha 4 Ztráta žíháním a obsah spalitelných látek

1. Úvod

Obsah organické hmoty je jednou z přirozených vlastností zemín (viz ČSN EN 16907-2, čl. 6.2 a příloha A). Obsah organické hmoty v zemínách ovlivňuje jejich využití v zemních pracích. Obvykle je jeho horní hranice 6 % (viz např. ČSN 73 6133). Obsah organické hmoty má vliv i na úpravu zemín, kdy zejména pro vyšší obsahy organické hmoty je nutné vhodně zvýšit dávku pojiva.

2. Normy pro stanovení ztráty žíháním

ČSN EN 16907-2 v příloze A uvádí doporučené normy pro stanovení obsahu organické hmoty [10]:

- ČSN EN 1744-1+A1 Zkoušení chemických vlastností kameniva – Část 1: Chemický rozbor,
- ČSN ISO 10694 Kvalita půdy – Stanovení organického a celkového uhlíku po termickém rozkladu (elementární analýza),
- ISO 14235 Soil quality — Determination of organic carbon by sulfochromatic oxidation (Kvalita půdy – Stanovení organického uhlíku sulfochromatickou oxidací, norma zatím nebyla přeložena do češtiny).

V případě posledních dvou norem ISO je v poznámce uvedeno: „*Uvedená metoda se v geotechnických laboratořích běžně nepoužívá, ale je k dispozici*“. U první normy (ČSN EN 1744-1+A1) je uvedeno, že je „*nevhodná z důvodu vysoké teploty v peci*“, která činí 950 ± 25 °C.

V případě popílku, který má být použit do betonu nebo jako součást hydraulických silničních pojiv, se ztráta žíháním stanoví metodikou pro zkoušky cementů podle ČSN EN 196-2 při 975 °C.

Také v případě neprohořelé uhelné hlušiny bylo dlouho v České republice požadavkem na její bezpečné uložení stanovení obsahu spalitelných látek jako ztráty žíháním při teplotě 815 ± 10 °C (podle ČSN ISO 1171) [11].

Přehled norem pro stanovení obsahu organické hmoty používaných v různých oblastech stavebnictví je uveden v tabulce P4.1.

3. Chemické reakce během spalování

Při spalování vzorku jakéhokoli materiálu probíhají procesy, které zahrnují uvolňování vody na jedné straně a rozklad jílových minerálů a karbonátů (tvořících podstatnou část horninového materiálu v uhelné hlušině) na straně druhé. Proto při této zkoušce nelze úbytek hmotnosti v důsledku spalování ztotožnit se složkou organické (uhelné) hmoty.

Když se zemina zahřeje na 150 °C, jako první se uvolňuje volná a adsorpční voda. V teplotním rozmezí 400–900 °C podléhají jílové minerály dehydroxylaci (uvolňuje se voda vázaná ve formě hydroxylových (OH-) skupin. Postupně dochází k dehydroxylaci kaolinitu a illitu (550–600 °C). Při teplotách cca 900 °C nastává proces tavení a vznikají nové krystalické fáze (mullit, cristobalit).

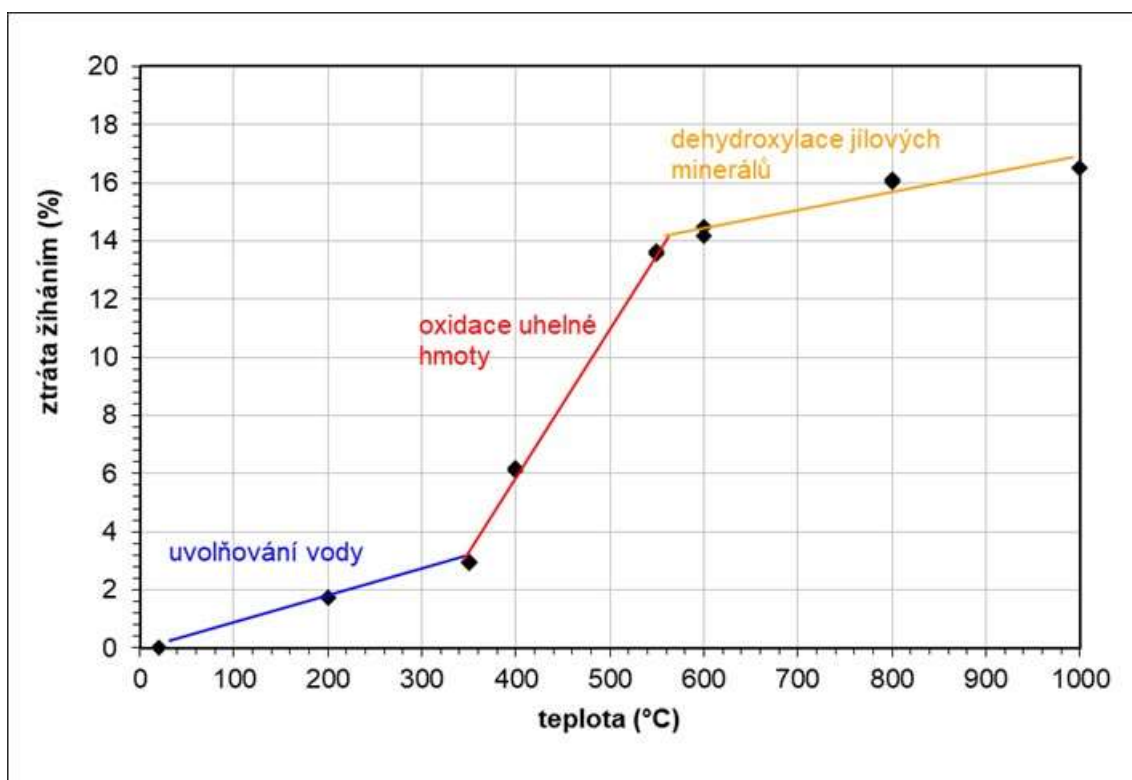
V teplotním rozmezí 500–920 °C dochází k tepelné disociaci karbonátů – sideritu (500–600 °C), dolomitu (750–900 °C), kalcitu (900–930 °C).

Organický materiál (nebo uhelná hmota) začíná oxidovat v závislosti na stupni jejich prouhelnění v intervalu 290–380 °C a proces je ukončen při 450 °C [6].

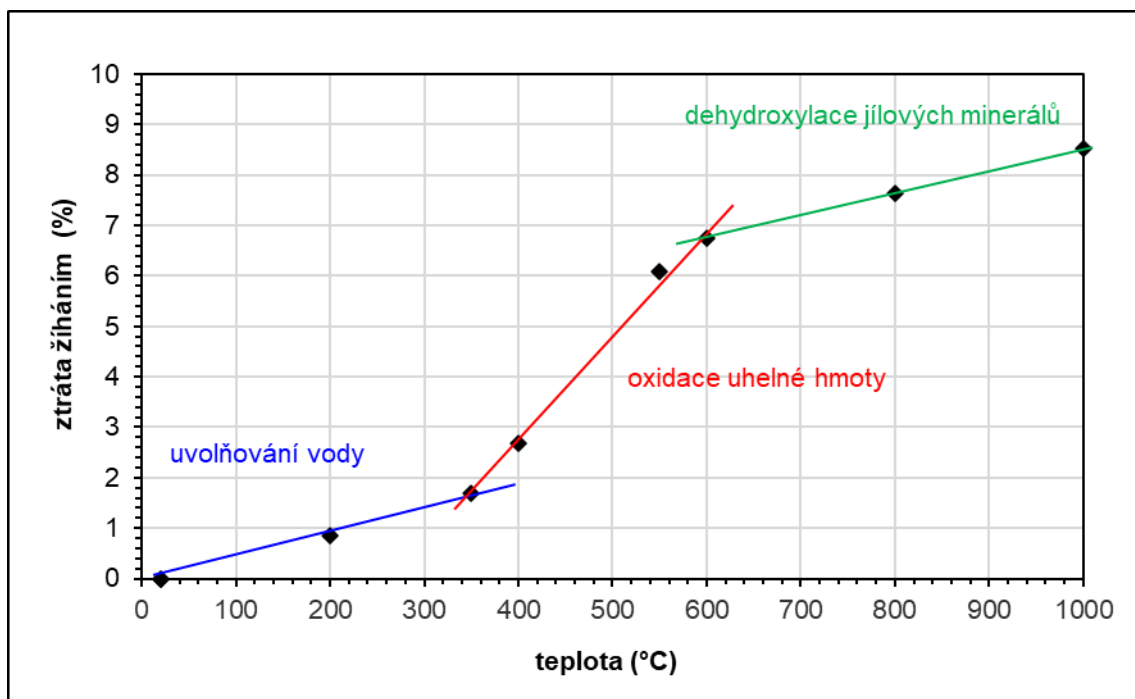
Tabulka P4.1: Přehled norem pro stanovení obsahu organické hmoty s teplotou ztráty žíháním

Název	Anotace	Teplota spalování
ČSN 72 0103 Základní postup rozboru silikátů – Stanovení ztráty žíháním	Tato norma se používá současně s ČSN 72 0100 a určuje zkušební metodu pro stanovení ztráty žíháním vázkovou metodou v materiálech v ní uvedených.	1100 ± 20 °C
ČSN EN 196-2 - Metody zkoušení cementu – Část 2: Chemický rozbor cementu	Tato norma stanovuje metody pro chemický rozbor cementu. Tento dokument uvádí referenční metody a pro jisté případy alternativní metodu, která může být považována za ekvivalentní. V případě sporu se použije jen metoda referenční.	975 °C
ČSN EN 459-2 Stavební vápno – Část 2: Zkušební metody	ČSN EN 459-2 se týká pouze zkušebních metod pro stavební vápno. Nepředepisuje metody zkoušení vápen pro jiné účely, může však být podle potřeby pro jejich zkoušení použita.	1050 ± 25 °C
ČSN EN 1744-1+A1 Zkoušení chemických vlastností kameniva – Část 1: Chemický rozbor	Tato evropská norma určuje postupy pro chemické rozborův kameniva. Stanovuje referenční postupy a v některých případech alternativní metody, které se mohou používat, pokud dávají ekvivalentní výsledky.	950 ± 25 °C
ČSN EN 1744-7 Zkoušení chemických vlastností kameniva – Část 7: Stanovení ztráty žíháním kameniva z popela ze spaloven komunálního odpadu (kamenivo MIBA).	Tato norma určuje zkušební metodu pro stanovení ztráty žíháním (LOI) kameniva, vyrobeného zpracováním popela ze spaloven komunálního odpadu (kamenivo MIBA).	480 ± 25 °C
ČSN 75 7350 Kvalita vod – Stanovení ztráty žíháním nerozpuštěných látek	Tato norma určuje gravimetrickou metodu stanovení ztráty žíháním nerozpuštěných látek, stanovených podle ČSN EN 872, v povrchových a odpadních vodách při 550 °C. Pracovní rozsah je určen zkoušeným objemem vzorku. Pro zkoušený objem 1000 ml je dolní mez pracovního rozsahu 2 mg/l.	550 °C
ČSN 72 1021 Laboratorné stanovenie organických látok v zeminách	Norma nepoužívá ztrátu žíháním, ale dichroman didraselný (K ₂ Cr ₂ O ₇) (podobně jako ISO 14235)	
ČSN EN 15935 Půdy, odpady, upravený bioodpad a kaly – Stanovení ztráty žíháním	Tento dokument specifikuje metodu stanovení ztráty žíháním (LOI) sušiny při 550 °C. Sušina se stanoví podle EN 15934. Tato metoda se používá ke stanovení ztráty žíháním sedimentů, kalů, upraveného bioodpadu, půd a odpadů.	550 °C
ČSN ISO 1171 Tuhá paliva – Stanovení popela	Tato mezinárodní norma specifikuje metodu stanovení popela pro všechna tuhá paliva. Navážka vzorku je zahřívána na vzduchu specifikovanou rychlostí na teplotu 815 ± 10 °C a udržována na této teplotě do konstantní hmotnosti. Obsah popela se vypočítá z hmotnosti zbytku po spálení. Popel zbývající po spálení uhlí nebo koksu na vzduchu pochází z anorganických komplexů, přítomných v původní uhelné substanci a z přimíšených popelovin. Proto je výsledkem stanovení „popel“ a nikoliv „obsah popela“, jelikož uhlí neobsahuje žádný popel. Množství síry zbylé v popelu částečně závisí na podmínkách zpopelnění a k dosažení hodnot	815 ± 10 °C

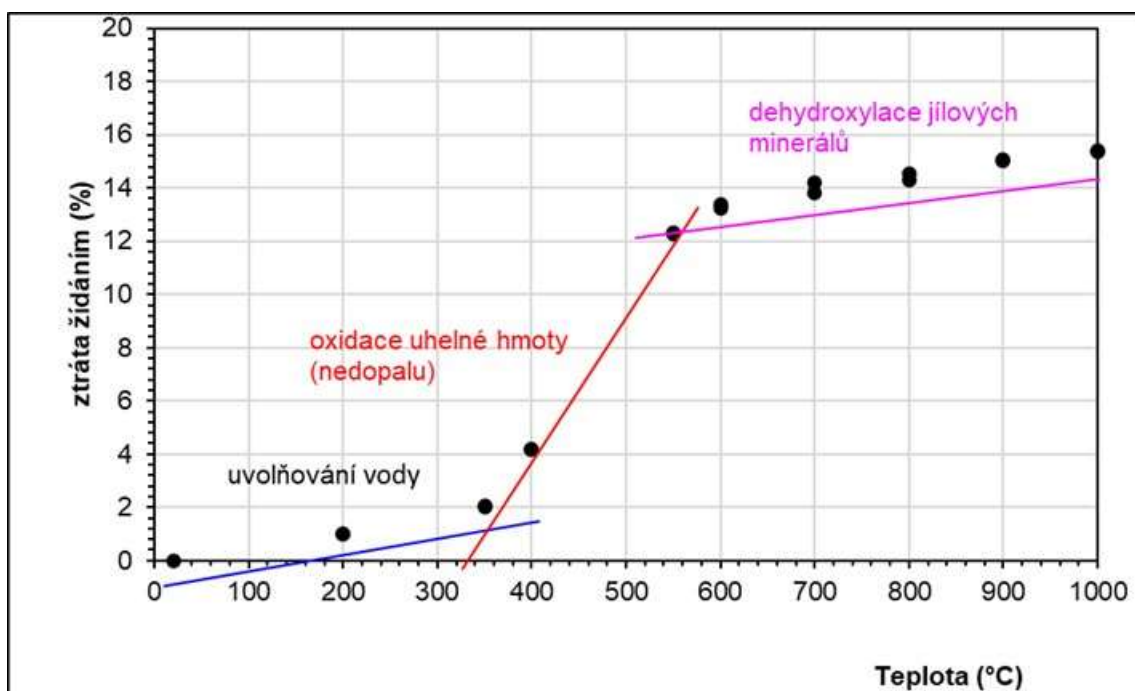
	popela na srovnatelném základě je proto nutné přísně dodržovat specifikované podmínky	
ČSN ISO 10694 Kvalita půdy – Stanovení organického a celkového uhlíku po termickém rozkladu	Tato norma určuje metodu stanovení celkového uhlíku po termickém rozkladu. Organický uhlík se stanoví výpočtem z celkového uhlíku tak, že se odečte korekce na uhličitany přítomné ve vzorku. Jsou-li uhličitany předem ze vzorku odstraněny, stanoví se organický uhlík přímo. Tato mezinárodní norma je použitelná pro všechny druhy na vzduchu vyschlých vzorků půd.	



Obr.P4.1: Příklady stanovení ztrát žháním po 2 hodinách v oxidační atmosféře a stanovení ztrát žháním odpovídajících oxidaci uhelné hmoty nebo dehydroxylaci jílových minerálů a slíd v karbonských horninách (neprohořelá uhelná hlušina) – prachovce s rozptýlenou uhelnou hmotou s asociací illitu-muskovitu.



Obr. P4.2: Ztráta žháním po 2 hodinách při dané teplotě v oxidační atmosféře. Příklad jílovce s uhlými laminami (druh kořenové půdy) z podloží sloje s asociací fylosilikátů: illit 2M1, muskovit 1M, Fe-Mg chlorit



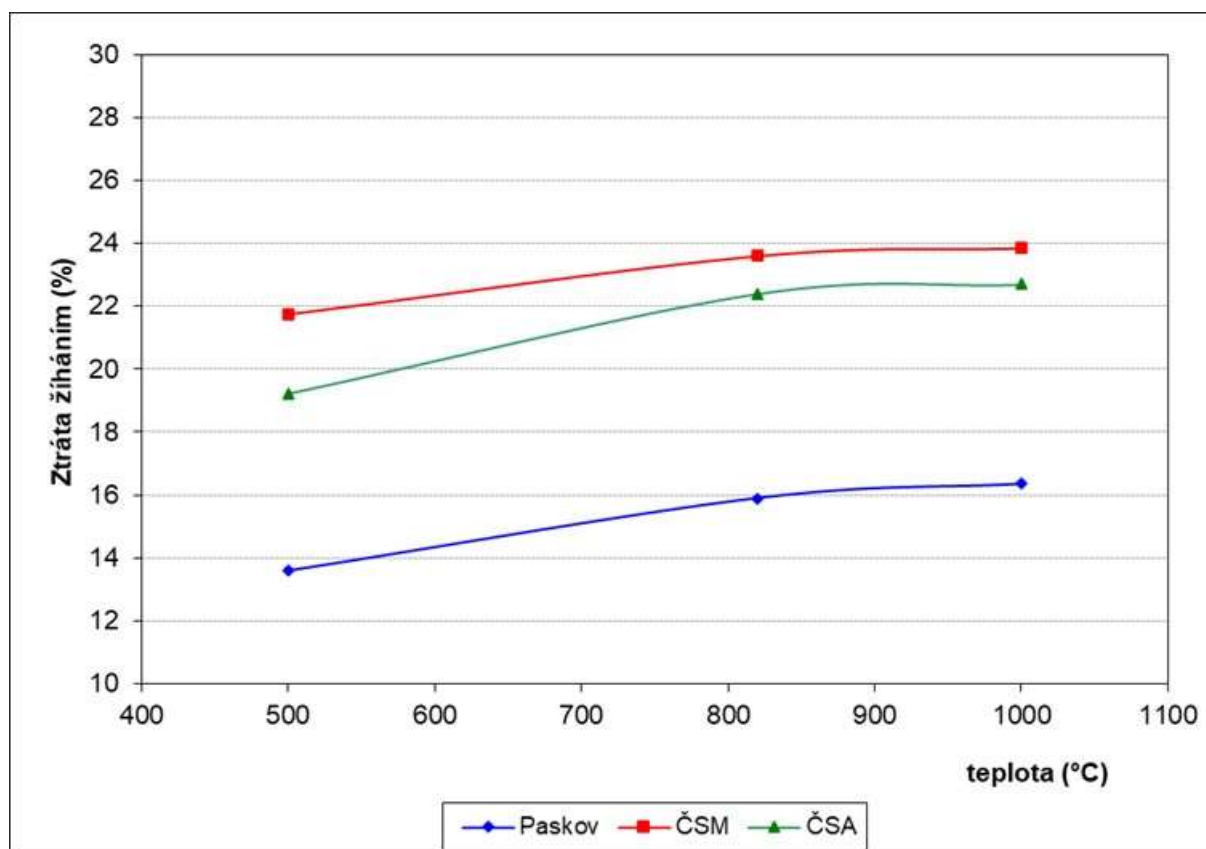
Obr. P4.3: Ztráta žháním křemičitého popílku (elektrárna Liberty Steel Ostrava)

4. Využití uhelné hlušiny a ztráta žháním

Obsah spalitelných látek v uhelné hlušině byl po mnoho let stanovován ztrátou žháním při teplotě $815 \pm 10^\circ\text{C}$, postupem podle ISO 1171 Tuhá paliva – Stanovení popela [11]. Důvodem pro zavedení tohoto kritéria byla obava, že by mohlo dojít k samovznícení, které by mohlo vést k endogenním požárům v násypu. Výskyt hořících odvalů, u kterých nelze s jistotou určit skutečnou příčinu termického procesu, je bezesporu jevem, který významně přispívá ke znečišťování životního prostředí.

Pouze v České republice bylo kritérium obsahu spalitelných látek součástí normativní základny používané pro hodnocení uhelné hlušiny. V jiných evropských zemích, které využívají uhelnou hlušinu v silničním stavitelství (Velká Británie, Německo), se tyto zkoušky ke stanovení obsahu spalitelných látek metodou ztráty žháním nepoužívaly. Dokonce článek 7.2.2.5 britské normy BS 6543 uvádí, že toto stanovení je zavádějící [9]. Britské normy a předpisy zdůrazňovaly – a nadále zdůrazňují – nutnost kvalitního zhutnění, zatímco německé normy vyžadují, aby byly prováděny vizuální kontroly pro detekci uhelných částic o velikosti větší než 10 mm v hlušině v kombinaci se stanovením obsahu uhlí flotací pro frakci pod 10 mm.

Na základě rozsáhlé série komplexních zkoušek provedených společností Stavební geologie – Geotechnika a.s. bylo doporučeno zrušit kritérium obsahu spalitelných látek a přestat jej používat pro hodnocení vhodnosti uhelné hlušiny do násypů [4]. Série zkoušek provedených na uhelné hlušině z úpraven Dolu ČSA, Dolu ČSM a Dolů Paskov v OKR potvrdila, že se zvyšující se teplotou se zvyšuje hodnota ztráty žháním. V každé z těchto úpraven byly po dobu jednoho měsíce odebírány vzorky neprohořelé uhelné hlušiny a postupně byly zjišťovány jejich ztráty žháním při teplotách 500 °C, 820 °C a 1000 °C. Střední hodnoty souborů hodnot ztrát žháním jsou znázorněny jako funkce teploty spalování na obrázku 4. Nárůsty hodnot ztráty žháním v důsledku zvýšení teploty z 500 °C na 820 °C se pohybují v rozmezí 8–16 %.



Obr. P4.4: Mediány souboru hodnot ztrát žháním při teplotách 500 °C, 820 °C a 1000 °C pro vzorky uhelné hlušiny z úpraven Dolu ČSA, Dolu ČSM a Dolu Paskov

Obsah popela nebo spalitelných látek je definován jako minerální zbytek po spalování průměrného sušeného vzorku při dané teplotě, dokud nedosáhne konstantní hmotnosti. Vzorky se spalují při teplotě 815 ± 10 °C (ISO 1171 Tuhá paliva – Stanovení popela).

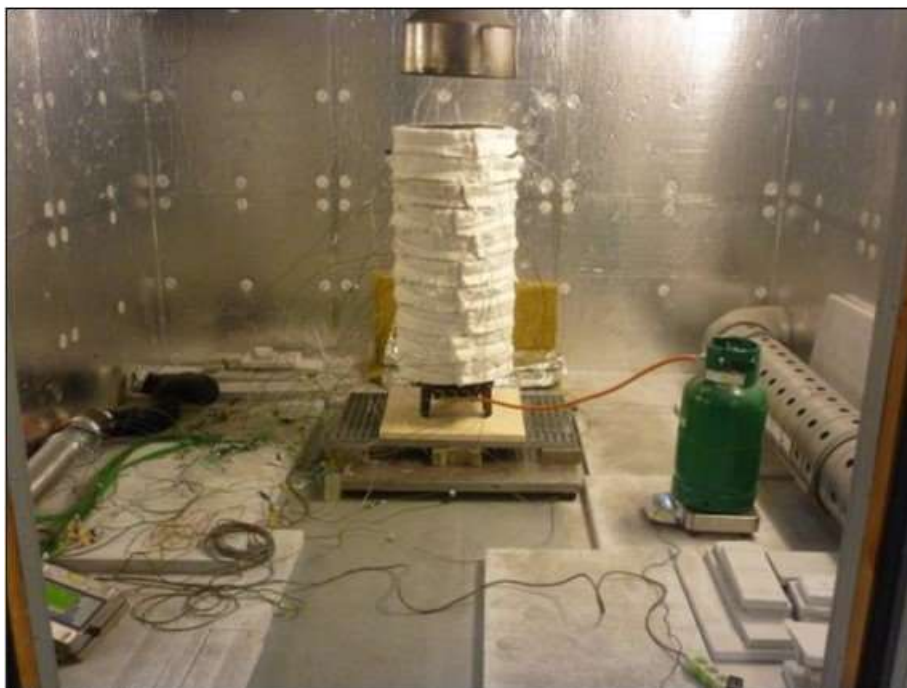
Metoda stanovení ztrát žháním podle ISO 1171 (při 815 °C) je nevhodná vzhledem k začátku a konci oxidace rozptýlené uhelné hmoty v horninách a možnému překryvu s dehydroxylací fyllosilikátů nebo s disociací uhlíčitanů. Teplotní interval pro stanovení obsahu spalitelných látek proto musí respektovat stupeň prouhelnění uhelné hmoty.

Metody ztráty žháním lze použít, pokud není obsah sideritu nebo Fe-dolomitu (ankeritu) v hornině (horninách) vyšší než 1–3 % hmotnosti. V opačném případě je nutné analyticky stanovit poměr obsahu anorganického uhlíku vázaného na siderit nebo Fe-dolomit a podíl organického uhlíku vázaného v uhlí a rozptýlené uhelné hmotě.

Kromě problému náchylnosti neprohořelé uhelné hlušiny s rozptýlenou uhelnou hmotou k samovznícení, existuje další, velmi aktuální problém se stanovením náchylnosti důlní hlušiny k vnějšímu vznícení a vzniku ohniska požáru.

V roce 2020 byly v rámci projektu sanace odvalu Heřmanice pro hodnocení materiálu využity jak výše popsané analytické postupy pro stanovení zrnitosti, petrografického složení, mineralogického složení, výhřevnosti a složení a obsahu spalitelných látek (hmotnost vzorku vždy do několika gramů), tak nová metoda tzv. „hrncové zkoušky“. Tato zkouška se použila k ověření náchylnosti uhelné hlušiny ke vznícení přenosem tepla a indukovaným reakcím v uhelné hlušině a ke stanovení tepelné vodivosti a tepelné kapacity uhelné hlušiny. Tato zkouška je velkoobjemová (objem hlušiny je 0,13 m³), hmotnost vzorku dle typu hlušiny cca 190–200 kg, zrnitost hlušiny je modifikována pod 35 mm [3].

Vzorek uhelné hlušiny byl uložen a zhuťněn do nádoby o průměru 400 mm a výšce 1000 mm. Ode dna kontejneru postupně ve vzdálenosti 100 mm až k jeho ústí (10 pater) byly symetricky rozmístěny termočlánky ve vzdálenostech 5 cm, 10 cm, 15 cm od okraje a v ose kontejneru. Dno bylo vyhříváno propan-butanovým hořákem. Experiment byl proveden v kalorimetrické komoře v laboratoři Výzkumného energetického centra Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.



Obr. P4.5: Experimentální kontejner naplněný uhelnou hlušinou, osazený termočlánky a izolací [3]

První až pátý den byl vzorek hlušiny prohřátý bez přívodu vzduchu, teplota na dně nádoby dosahovala 550 °C. Následující dva dny byl přístup vzduchu 2 l·min⁻¹, aniž by to ovlivnilo vznícení důlní hlušiny.

Osmý den byl vzduch přiváděn ze strany na dně nádoby ($50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) a až do desátého dne byl hořák vypnutý.

Uhelná hlušina začala hořet a ohnisko s teplotou kolem 950°C postupovalo ze dna kontejneru do vyšších pater, dosahované teploty se postupně snižovaly. V kontejneru byly vyčleněny zóny, kde se spalovalo uhlí a rozptýlená uhelná hmota v horninách. Výpal větších zrn byl zonální, ve středu kusů horniny docházelo k pyrolýze a karbonizaci uhelné hmoty. Nad touto zónou byla důlní hlušina postupně tepelně ovlivňována, až horniny v ústí kontejneru (10. patro) zůstaly téměř tepelně nedotčeny.

Na uhelné hlušině byly identifikovány fázové mineralogické změny při teplotách dosahovaných na úrovni jednotlivých pater a v chladných částech kontejneru také identifikace amorfního uhlíku (sazí) z produktů výpalu pyrolýzních plynů. Tato analýza rozdělila tepelně ovlivněnou uhelnou hlušinu do zón:

- zóna intenzivní oxidace uhelné hmoty spojená se zonálním vypalováním zrn a kusů hornin a tvorbou „vypálených hornin“ (cca $950\text{--}550^\circ\text{C}$) a dehydroxylací fylosilikátů;
- zóna tepelného vlivu bez spalování uhelné hmoty a bez dehydroxylace fylosilikátů (pod 550°C) s usazováním sazí (cca 350°C nebo méně);
- zóna slabého tepelného vlivu (do $200\text{--}150^\circ\text{C}$) [5].



Obr. P4.6: Uhelná hlušina z odvalu Heřmanice (netříděná) po hrncovém zkoušce [3]

Pokus prokázal, že zbytky uhlí a rozptýlené uhelné hmoty („spalitelné látky“) v uhelné hlušině obsahující cca 15 % spalitelných látek mohou při experimentálním vznícení při dostatečném přístupu vzduchu vytvořit ohnisko požáru a šířit oheň mimo něj. Experimenty s chováním různých vzorků uhelné hlušiny prokázaly různou intenzitu a tepelnou aktivitu hlušiny, lišící se zrnitostí a složením, v závislosti na různém objemu teplotních vlivových zón [7].

Tato metoda je vhodná pro hodnocení rizik v případě možného vnějšího zahájení termického procesu na odvalech nebo při přenosu tepla z termicky aktivní oblasti [5].

5. Závěry

Ruku v ruce s popisem procesů termické aktivity na odvalech jde i analytická část řešení dané problematiky. Je nutné zdůraznit, že doposud byla většina analýz odvalů uhelné hlušiny v souvislosti s termickou aktivitou prováděna metodami určenými pouze pro hodnocení uhlí, a to jak samovznícení, tak iniciace vnějšího vznícení. To je důležité zejména při posuzování využitelnosti neprohořelé uhelné hlušiny ve styku uhelnou hlušinou s ohniskem požáru termického procesu.

Pokud se v zemních pracích používá neprohořelá uhelná hlšina, pak je riziko termického procesu dostatečně eliminováno technologií výstavby po vrstvách a správným zhutněním a není nutná kontrola a stanovení obsahu spalitelných látek metodou ztráty žháním při jakékoli teplotě (např. 550 °C, 820 °C) (viz např. *BS 6543 Use of industrial by-products and waste materials in building and civil engineering*).

Zásadním problémem je velikost a reprezentativnost vzorků uhelné hlušiny uložených na odvalech. Heterogenita materiálu (materiál a zrnitost) komplikuje výběr vhodných analytických metod. Většina analytických metod analyzuje kvartované vzorky o hmotnosti do několika gramů. Jako velmi perspektivní se proto jeví využití metody pro stanovení iniciace vznícení tzv. hrncové zkoušky ([2], [3]) se vzorkem uhelné hlušiny o hmotnosti 180–200 kg, včetně následné podrobné analýzy procesu tepelného ovlivnění uhelné hlušiny a materiálových změn [8].

Nalezení vhodné metody a její ověření v praxi pro takto heterogenní materiál, který představuje uhelná hlšina, bude přínosem pro optimalizaci návrhu sanačních a rekultivačních prací termicky aktivních odvalů. Je však nutné zdůraznit, že najít univerzální laboratorní metodu bude velmi obtížné.

6. Literatura

- [1] Boonen E., Collete G., van der Wielen A., Vansteenkiste S., Delmatte C.: Teneur en matieres organiques des sols: resultats du projet MATOSOL. Bulletin CRR. No. 116, 2018, pp.6–10.
- [2] Horák M., Dej M.: Sanace hořících uhelných odvalů – stanovení pomocných parametrů vzorku těžebního odpadu z odvalu Heřmanice. Zpráva č.15/21. Zkušebna Výzkumného energetického centra VŠB Technické univerzity Ostrava, 2021, 21 p.
- [3] Horák M., Dej M., Jaroš M.: Sanace hořících uhelných odvalů – stanovení pomocných parametrů vzorku netříděného těžebního odpadu z odvalu Heřmanice. Zpráva č.1/21. Zkušebna Výzkumného energetického centra VŠB Technické univerzity Ostrava, 2020, 37 p.
- [4] Krešta F.: Secondary materials in highway construction. VŠB Technická univerzita Ostrava. 2012, 144 p., ISBN 978-80-248-2890-9
- [5] Krešta F., Martinec P.: Termické procesy v odvalech uhelné hlušiny. V tisku.
- [6] Martinec P.: Náchylnost černých uhlí hornoslezské pánve k prouhelňovacím procesům. VVÚÚ Ostrava.1987.
- [7] Martinec P., Ščučka J.: Materiálová charakterizace 2 vzorků hlušinového materiálu z odvalu Heřmanice. Ústav geoniky AVČR, v. v. i. Ostrava, 2021, 41 p.
- [8] Ščučka J., Martinec P., Plevová E.: Petrografická a mineralogická charakteristika zásypového materiálu z haldy Heřmanice. Ústav geoniky AVČR v. v. i. 2020, 44 p.
- [9] BS 6543 Use of industrial by-products and waste materials in building and civil engineering
- [10] ČSN EN 16907-2 Zemní práce – Část 2: Klasifikace materiálů

- [11] ČSN ISO 1171 Tuhá paliva - Stanovení popela
- [12] TP 176 Hlušinová sypanina v tělese pozemních komunikací

Příloha 5 Objemová stálost strusek z výroby železa a oceli

Určující pro používání strusek z hutní výroby v zemním tělese pozemních komunikací je jejich objemová stálost, která vyplývá z jejich chemického a mineralogického složení.

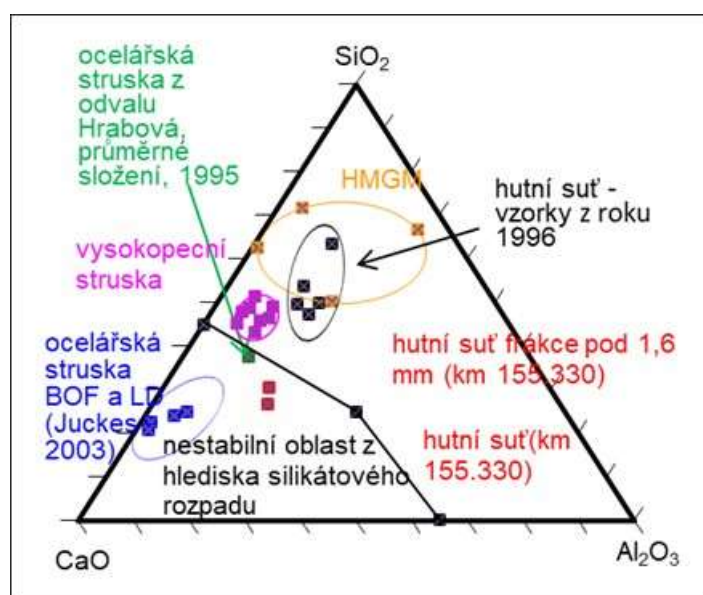
Nebezpečí využití strusek z výroby železa a oceli z hlediska bobtnání vyplývá především z jejich chemického a mineralogického složení.

Z chemického složení strusek z výroby železa a oceli však nelze jednoznačně odvodit, zda jsou tyto materiály stabilní či nikoli. Tvzení týkající se objemové stability odvozená pouze z chemického složení jsou velmi zavádějící a mohou vést k nesprávným závěrům. V případě vysokopecní strusky je nutné eliminovat silikátový rozpad, který je v zásadě modifikační přeměnou β -C₂S na γ -C₂S, doprovázenou změnou objemu konečného produktu o cca 10 % a snížením objemové hmotnosti. Znakem, který poskytuje nepřímý důkaz o existenci této vlastnosti ve vysokopecních struskových kamenivech, je snížená odolnost materiálu k drcení hrubé frakce nad limit 50 %.

Následující chemické reakce přispívají ke změnám objemu ocelářských strusek a jiných vedlejších metalurgických produktů (jako je tzv. studený odval):

- hydratace volného vápna (CaO): $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$,
- hydratace periklasu (MgO): $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2$,
- karbonatace hydroxidů vápenatého a hořečnatého: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Mg(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$,
- polymorfni přeměny dikalcium silikátů (C₂S): $\beta\text{-C}_2\text{S} \rightarrow \alpha\text{-C}_2\text{S}$,
- hydratace C₃S na CSH fáze a reakce aluminátů.

Hydratační procesy jsou silně exotermní. Při vzniku hydroxidu vápenatého se uvolňuje teplo (64,9 J/mol).



Obr P5.1: Chemické složení vedlejších metalurgických produktů, včetně hutní suti (tzv. studeného odvalu), HMGM [1] (Hüttenmineralstoffgemischen) ve fázovém diagramu CaO-SiO₂-Al₂O₃

Hlavní příčinou objemových změn (bobtnání) ocelářské strusky a žáruvzdorných materiálů je přítomnost volného vápna a mineralogické složení příslušných materiálů. Volné vápno se v přítomnosti vody přeměňuje na portlandit Ca(OH)_2 . Objemová hmotnost portlanditu je menší než objemová hmotnost oxidu vápenatého. Proto se reakce projevuje zvýšením objemu. Volné vápno pochází z nerozpuštěných (zbytkových) částic materiálů ve vsázce pece a z vápna vysráženého během procesu chlazení a při transformaci C3S na C2S [3].

Bylo provedeno porovnání mineralogického složení před a po zkouškách rozpadavosti v autoklávu s cílem definovat možný stav transformovaných materiálů v čase. Toto srovnání však bylo ovlivněno alterací minerálů v počátečních vzorcích (hydratace a karbonace) s typickými produkty (portlandit, kalcit, CSH, brucit).

Objemová stálost se po zavedení evropských norem prokazuje v závislosti na původu strusky z výroby železa a oceli.

V případě vysokopecní strusky je nutno vyloučit **silikátový rozpad**, což je ve své podstatě modifikační přeměna $\beta\text{-C}_2\text{S}$ na $\gamma\text{-C}_2\text{S}$, která je provázena změnou objemu konečného produktu cca o 10 % a snížením objemové hmotnosti. Ve fázovém diagramu soustavy oxid křemičitý – oxid hořečnatý – oxid vápenatý jde o oblast přechodu merwinitu na melilit. Nepřímou průkazní formou této vlastnosti struskového kameniva z vysokopecní strusky je snížená odolnost proti drcení hrubého kameniva nad hranici $\text{LA} = 50 \%$.

Železnatý rozpad vysokopecní strusky způsobuje pyrit (FeS) obsažený ve strusce. Ve vlhkém prostředí dochází k oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} za současného vzniku síranu železnatého i železitého. Objem produktů reakce se zvětšuje cca o 40 %.

Manganatý rozpad vysokopecní strusky – mechanismus je obdobný jako u železnatého rozpadu, ale způsobuje ho MnS . I zde dochází ke zvětšení objemu vzniklého produktu – Mn(OH)_2 , což může mít za následek rozpad vysokopecní strusky.

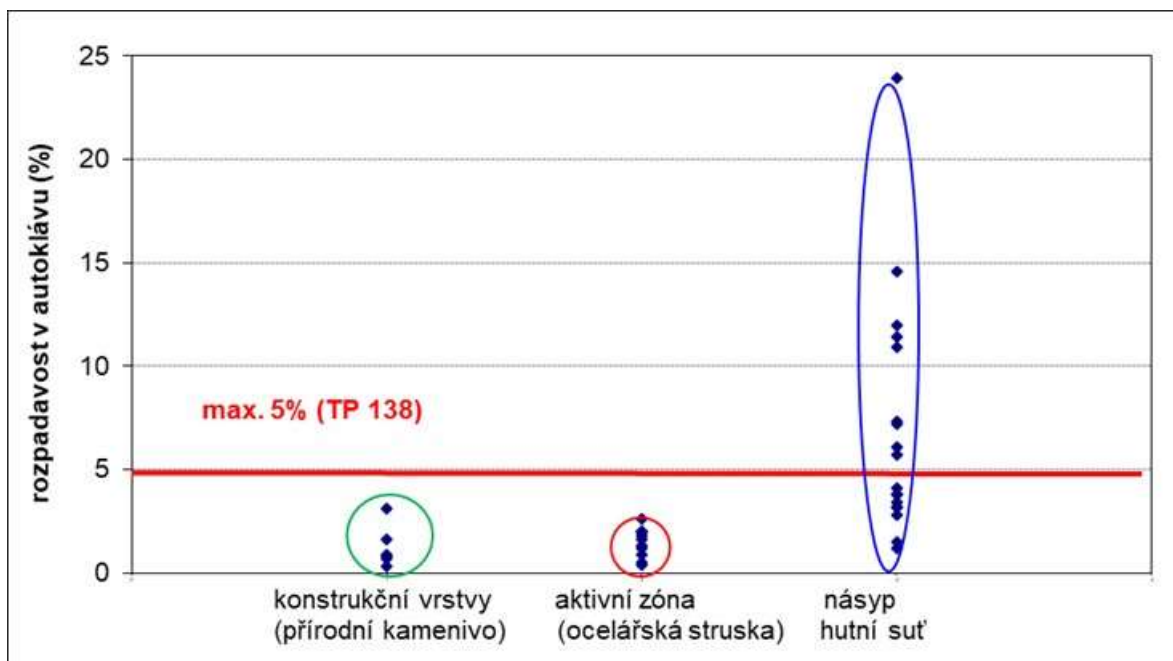
Stanovení silikátového a železnatého rozpadu ve vzduchem chlazené vysokopecní strusce se provádí podle ČSN EN 1744-1+A1, čl. 19.1. a 19.2.

Objemová stabilita materiálů z výroby železa a oceli se stanovuje krátkodobými a dlouhodobými zkouškami.

Krátkodobé zkoušky se provádějí za vyššího tlaku a 100% vlhkosti pro ověření stability struskových zrn. Jedná se o zkoušky v autoklávu nebo zkoušky v parní komoře (viz ČSN EN 1744-1+A1) [10], [8]. Výsledky ukazují, kolik částic strusky bylo rozloženo (test v autoklávu) nebo jakých hodnot rozpínavosti bylo dosaženo (zkoušky v parní komoře). Krátkodobé zkoušky při vyšší teplotě a tlaku (např. zkouška v autoklávu) poskytují výsledky velmi rychle. Je však složité je korelovat s chováním materiálu za normálních podmínek. Obecná krátkodobá zkouška pro jakýkoli materiál ještě nebyla navržena.

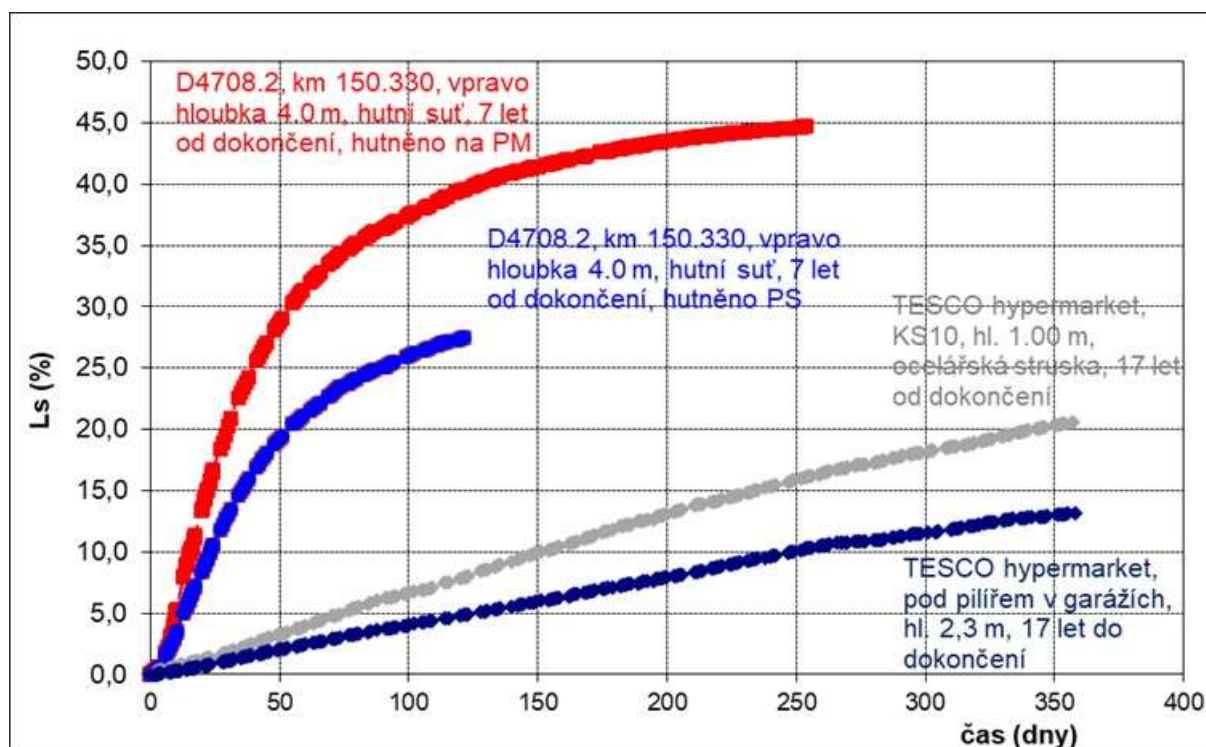
Souhrn výsledků všech zkoušek objemové stability z dálnice D47 provedených na materiálech pocházejících z konstrukčních vrstev (přírodní kamenivo), aktivní zóny (ocelářská struska) a studeného odvalu (násyp) v období 2009–2012 je uveden na obrázku 2.

Dlouhodobé zkoušky jsou použitelné pro jakýkoli materiál (přírodního i umělého původu). Doporučuje se zkouška bobtnání v CBR moždíři podle ČSN EN 13286-47 [9]. Nevýhodou této zkoušky je skutečnost, že objemové změny jsou pomalé a výsledky jsou získávány během několika měsíců, dokonce i let.



Obr. P5.2: Výsledky zkoušek materiálů z hlediska rozpadavosti v autoklávu (dle TP 138) odebraných z konstrukčních vrstev z přírodního kameniva, aktivní zóny z ocelářské strusky a tzv. studeného odvalu z násypu (údaje z dálnice D47)

Během „hobby“ výzkumu SG Geotechniky a.s. bylo urychlení objemových změn při zkouškách lineárního bobtnání simulováno při 75 °C a 100% vlhkosti. Některé výsledky zkoušek vedlejších metalurgických produktů při 75 °C v CBR moždíři jsou uvedeny na obrázku 3. Údaje za roky od výstavby představují dobu od použití materiálu jako sypaniny a zahájení zkoušek.

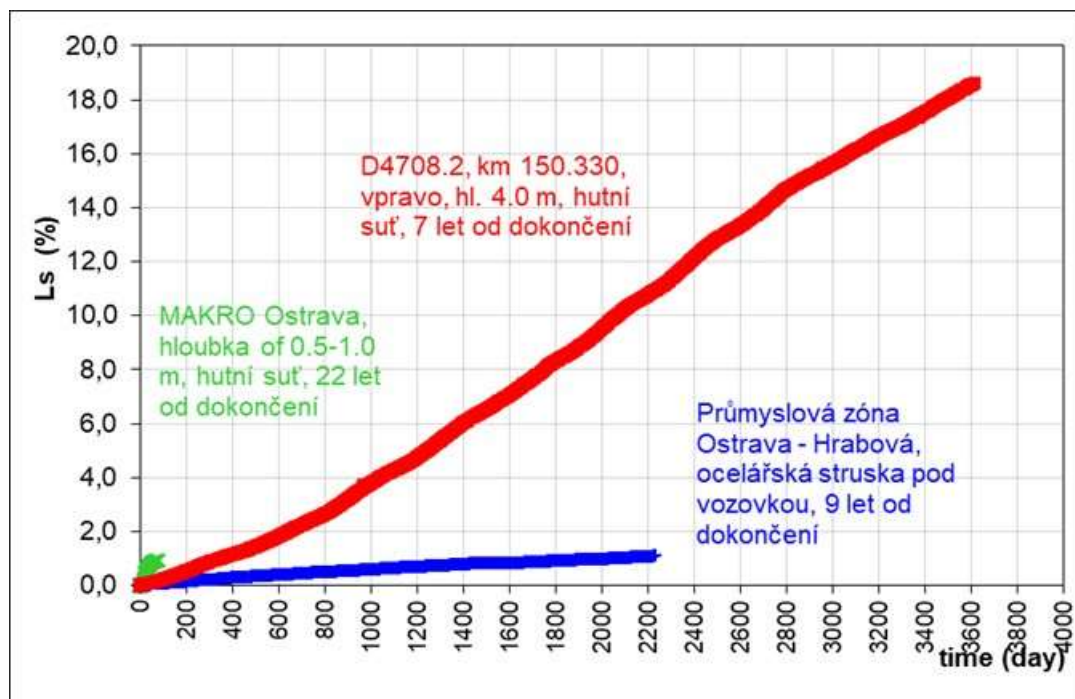


Obr. P5.3: Časový průběh přírůstku vertikální deformace (bobtnání) vzorků ocelářské strusky a studeného odvalu (hutní suť) po saturaci vodou při teplotě 75 °C



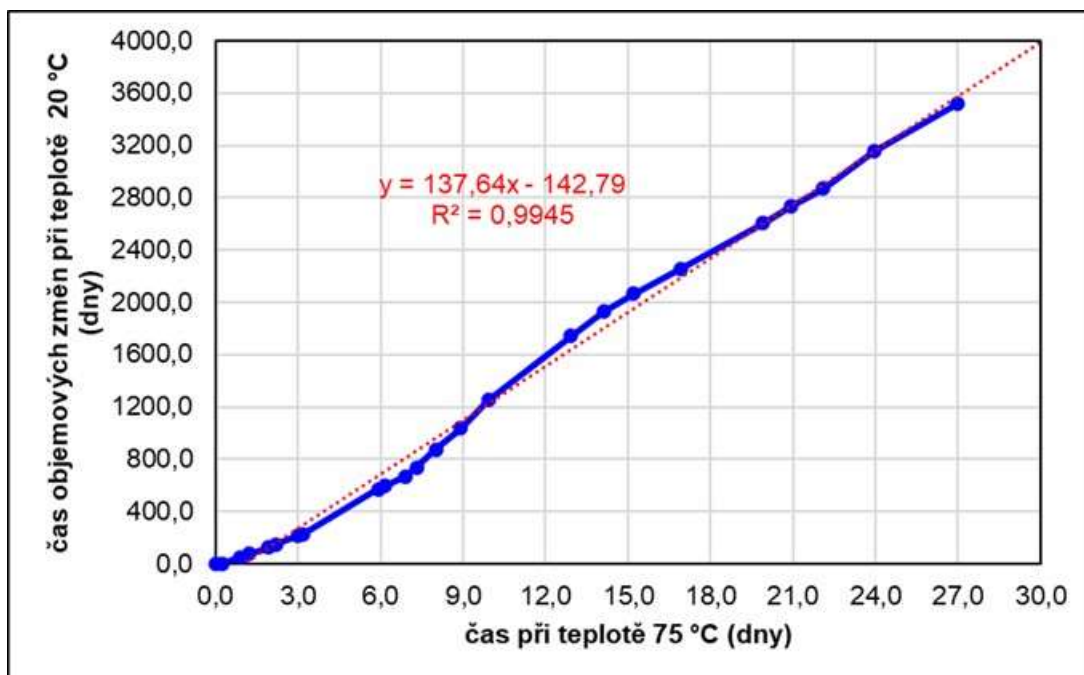
Obr. P5.4: Pohled na vzorek zhutněný 100% energií Proctor standard při teplotě 75 °C po 352 dnech (hypermarket TESCO) a destrukci CBR moždíře

Objemové změny ocelářské strusky a hutní sutě (tzv. studeného odvalu) za standardních podmínek jsou pro několik vzorků znázorněny na obrázku 5. Nejdelší měření je prováděno u jednoho vzorku z násypu dálnice D47 (12 let). Lineární bobtnání dosahovalo hodnot vyšších než 18 % a zatím nebyl pozorován žádný trend k ustalování deformací.



Obr. P5.5: Průběh přírůstku vertikální deformace (lineárního bobtnání) vzorků studeného odvalu v čase za normálních podmínek

Je třeba zdůraznit, že nám stále chybí hodnoty korelace mezi hodnotami bobtnání získanými při zkouškách, ve kterých byly urychleny změny objemu (při vyšších teplotách) a hodnotami, které by byly získány při zkouškách prováděných při standardní teplotě a tlaku, s výjimkou korelace hodnot lineárního bobtnání měřených při 75 °C a za standardních podmínek. V tomto případě však máme data pouze pro jeden vzorek (z dálnice D47) a hodnoty lineárního bobtnání až 18 % při lineární závislosti (viz obrázek 6). Hodnoty lineárního bobtnání jsou uvedeny v grafu.



Obr. P5.6: Korelace mezi vývojem lineárního bobtnání při 75 °C a za standardních podmínek (dálnice D47, km 150,330, hloubka 4,0 m)

Korelační koeficient je velmi vysoký ($r = 0,99$). Lineární vývoj bobtnání se očekává až k hodnotě lineárního bobtnání $L_s = 25 \%$ (viz zkoušky při 75°C). Na základě toho se předpokládá, že této hodnoty bude za normálních podmínek dosaženo k 10. 3. 2027 (zkoušky za normálních podmínek byly zahájeny 30. 1. 2012).

Je zřejmé, že poškození budov nebo vozovek v důsledku objemové nestability ocelářské strusky nebo hutní sutě (tzv. studeného odvalu) bylo způsobeno nedostatečnou znalostí těchto materiálů. Jak ocelářská struska, tak tzv. studený odval byly certifikovány jako vysoce kvalitní výrobky (kamenivo) bez ohledu na jejich případné objemové změny. Je nutné zdůraznit, že všechny zde prezentované výsledky nebyly placeny účastníky sporu.

Literatura

- [1] Jaschke K et al.: Merkblatt über die Verwendung von Hüttenmineralstoffgemischen, sekundärmetallurgischen Schlacken sowie Edelstahlschlacken im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, FGSV Verlag GmbH Köln. 1998.
- [2] Juckes L M.: The volume stability of modern steelmaking slags, Mineral processing and Extractive metallurgy, Vol. 112, No. 3, pp. 177-197. 2003.
- [3] Krešta F.: Secondary materials in highway construction, VŠB TU Ostrava, 144 p., 2012.
- [4] Krešta F.: Metallurgical by-products in earthworks, hazards of their utilisation, Advanced Materials Research, Vol. 1020(2014), pp.98-109. 2014.
- [5] Krešta F.: Steelwork waste – non-standard metallurgical by-product. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, Vol. 14, Special issue No. (02), pp. 5-16., 2015.
- [6] Krešta F.: Steel slag and steelwork waste in earthworks and their swelling potential. IV International seminar on Earthworks, 2018. Madrid.
- [7] Wang G.: Determination of the expansion force of coarse steel slag aggregate, Construction and Building Materials, Vol. 24, Issue 10, pp. 1961-1966, 2010.
- [8] European Committee for Standardization (CEN): Tests for chemical properties of aggregates - Part 1: Chemical analysis (EN 1744-1+A1)
- [9] European Committee for Standardization (CEN): Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 47: Test method for the determination of California bearing ratio, immediate bearing index and linear swelling (EN 13286-47)
- [10] Ministry of transport of Czech Republic: Technical specification Utilisation of slag aggregate in road construction (TP 138) (in Czech).
- [11] U.S. Department of Transport. Federal Highway Administration: User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction (FHWA RD-97-148).
- [12] FGSV Verlag GmbH Köln: Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (TL BuB E-StB 07).

Příloha 6 Stanovení rozpadavosti vysokopecní strusky pařením v autoklávu

Rozpadavost materiálu z vysokopecní strusky pařením v autoklávu

a) Zkušební pomůcky

- síta 4, 8 a 16,
- skříňová sušárna na 105 až 110 °C,
- technické váhy do 3 kg,
- štětec,
- autokláv na provozní tlak 0,25 MPa elektricky ohříváný s pojistným ventilem,
- koš objemu 2 l z děrovaného plechu nebo drátěného pletiva s otvory o velikosti 2 mm.

b) Podstata zkoušky

Rozpadavost struskového materiálu se zjišťuje vystavením frakce 8/16 účinku vodní páry za předepsaných podmínek. Výsledkem zkoušky je hmotnostní úbytek zrn stanovený jako propad sítem 4. V případě heterogenních materiálů a při kontrolních zkouškách ocelářské strusky se doporučuje provádět zkoušky na frakci 0/16.

c) Postup zkoušky

Pro zkoušku se použije vzorek frakce 8/16 mm. Jednotlivá zrna se zbaví částic snadno odrolitelných prsty a očistí se štětcem od prachu. Pak se důkladně promyjí vodou. Při teplotě 105 °C až 110 °C se kamenivo rozprostře v jedné vrstvě na síť 8 vysuší do ustálené hmotnosti a stanoví se hmotnost G_1 , ve smyslu ČSN EN 1097-5.

Do autoklávu se nalije voda v množství nejméně jedné desetiny jeho objemu. Vzorek zkoušené frakce o objemu asi 1,5 l se zváží s přesností na 1 g a nasype do koše, který se vloží do autoklávu tak, aby jeho dno bylo alespoň 20 mm nad hladinou vody. Autokláv se uzavře a zahřívá, přičemž se zpočátku nechá odpouštěcí ventil otevřen tak dlouho, až začne unikat vodní pára. Regulací zahřívání a případně též mírným odpouštěním páry, se tlak v autoklávu řídí tak, aby za 30 minut od začátku zahřívání dosáhl 0,20 MPa. Tlak $(0,20 \pm 0,005)$ MPa se udržuje po 2 hodiny a následně se v průběhu 30 minut nechá klesnout na atmosférický tlak. Po vyrovnání tlaku s okolím se autokláv otevře, koš se vyjme, vzorek se důkladně propere vodou, rozprostře se v jedné vrstvě na síť 4, vysuší se při 105 °C do ustálené hmotnosti, vytřídí a stanoví se jeho hmotnost G_2 .

d) Výpočet

Úbytek hmotnosti Q_s v % se vypočte ze vztahu:

$$Q_s = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100$$

Kde:

G_1 je hmotnost vzorku před zkouškou v g,

G_2 je hmotnost vzorku po zkoušce v g.

e) Vyhodnocení

Je-li úbytek hmotnosti Q_5 větší než 5 %, je materiál rozpadavý a pro další zpracování nevhodný.

Příloha 7 Zkoušky vyluhovatelnosti

Informace o vlivu parametrů působících na vyluhování na výsledky zkoušky

1. Všeobecně

Vyluhování znečišťujících látek z materiálů je řízeno několika parametry a vnějšími faktory. Tyto faktory zahrnují chemické vlastnosti materiálu, zejména hodnotu pH, redukční vlastnosti a obsah rozložitelných organických látek, vlastnosti vyluhovací kapaliny, dobu kontaktu vyluhovací kapaliny s materiálem a to, zda je vyluhování znečišťující látky řízeno rozpustností nebo difuzí. Dále jsou důležité chemické, fyzikální a geotechnické vlastnosti prostředí, kterým je materiál vystaven. Vliv a důležitost těchto faktorů by měly být zjišťovány během základních charakterizačních zkoušek, aby mohly být vyluhovací vlastnosti materiálu lépe pochopeny. V ČSN EN 12920+A1 jsou uvedeny kroky požadované k provedení těchto zkoušek. Obecně se pro určení modelu chování a jeho validaci vyžaduje provedení několika zkoušek.

V ověřovací zkoušce popsané v ČSN EN 12457-1 (až 4) jsou konečné podmínky zkoušky do značné míry dány samotným materiálem. Klíčové faktory v této zkoušce jsou stručně popsány níže.

2. Faktory ovlivňující vyluhování

2.1 Vliv doby kontaktu

Ověřovací zkouška je založena na předpokladu, že za podmínek zkoušky je dosaženo úplné nebo téměř úplné rovnováhy. Doba kontaktu, požadovaná pro dosažení rovnováhy, závisí na velikosti částic. Během 24 h se předpokládá dosažení dostatečné rovnováhy pro většinu ukazatelů v různých druzích materiálu.

2.2 Vliv poměru kapalné fáze a pevné fáze (L/S)

Ve čtyřech částech ČSN EN 12457 jsou uvedeny odlišné poměry L/S (kapalné a pevné fáze) (10, 8 a 2), které obecně vedou k různým výsledkům. Příčinou jsou jednak různá množství vyluhovací kapaliny uvedené do kontaktu se stejným množstvím materiálu, jednak různé podmínky při vyluhování způsobené samotným materiálem (výsledek působení sloučenin obsažených v materiálu a rozpuštěných do výluhu). Je třeba poznamenat, že neexistuje žádný vztah, který by umožňoval z výsledků získaných pro určitý poměr L/S určit výsledky pro jiný poměr L/S .

Při nižším L/S jsou ve výluhu přítomny některé složky ve vyšší koncentraci, jako důsledek menšího dostupného množství vyluhovací kapaliny.

Zkouška při $L/S = 2$ není použitelná pro různé druhy materiálů, které mají vysoký obsah vody již před zkouškou (např. odvodněné kaly, filtrační koláče apod.) nebo po zkoušce (materiál zadržující příliš vysoký podíl vyluhovací kapaliny). Při $L/S = 10$ se tato omezení projeví pouze v několika případech.

2.3 Vliv hodnoty pH

Konečné podmínky této ověřovací zkoušky jsou dány samotným materiálem. To je obecně případ hodnoty pH. Citlivost vyluhování na relativně malé změny hodnoty pH může být významná a vede k proměnlivým výsledkům. Také přístup atmosférického CO_2 nebo zvýšených koncentrací CO_2 v laboratoři během uchovávání vzorku, manipulace se vzorkem, provádění vyluhovací zkoušky a analýz výluhu může ovlivnit výsledky zkoušky, protože může vést ke změnám hodnoty pH výluhu.

2.4 Vliv redukčních vlastností

Zkoušené materiály mohou mít redukční vlastnosti, které jsou zřejmé z nízkého oxidačně redukčního potenciálu výluhu. Pro správné hodnocení materiálu je třeba si tento aspekt uvědomovat, protože rozdílný přístup atmosférického kyslíku při manipulaci se vzorkem a jeho uchovávání mohou způsobit rozdílné výsledky.

2.5 Vliv zmenšování velikosti částic

Úprava vzorku v laboratoři, jako je například zmenšování velikosti částic, může změnit vlastnosti materiálu, a tím i jeho vyluhovací chování. Zmenšování velikosti částic může vést ke změně hodnoty pH výluhu, a tím i k rozdílné vyluhovatelnosti složek citlivých na hodnotu pH. Aby byl zachován fyzikální stav materiálu, určují normy ČSN EN 12457, že materiál nesmí být jemně mlet a omezuje se zmenšování velikosti částic.

2.6 Vliv vyluhování organických znečišťujících látek

Vyluhování organických znečišťujících látek z materiálu zůstává stále málo prozkoumanou oblastí. Vyluhovací zkoušky byly tradičně zaměřeny na vyluhování anorganických složek a byly použity pro vyluhování organických znečišťujících látek bez vyhodnocení vhodnosti těchto metod. Vyluhovatelnost organických znečišťujících látek je řízena podstatně odlišnými procesy než vyluhovatelnost anorganických znečišťujících látek. Navíc se organické znečišťující látky výrazně liší od anorganických látek sorpcí na různé materiály, s nimiž přicházejí do styku (např. vzorkovnice, filtry).

I v kategorii organických znečišťujících látek existují velké rozdíly mezi polárnějšími látkami, relativně rozpustnými ve vodě a nepolárními, hydrofobními organickými látkami. U druhé skupiny mohou být rozhodující mechanismy uvolňování (např. vazba na částice nebo vazba na rozpuštěný organický uhlík). Proto tato norma vymezuje rozsah použití s vyloučením organických znečišťujících látek.

2.7 Vliv způsobu míchání materiálu s vyluhovací kapalinou

V experimentálních studiích byly porovnávány různé způsoby a zařízení pro míchání. Ve výsledcích byly zjištěny značné rozdíly, způsobené různými charakteristikami zařízení pro dosažení téměř úplné rovnováhy během vyluhování. Nedostatečné míchání může vést k podhodnoceným výsledkům. Vhodným zařízením jsou třepačky, zajišťující plynulé převrácení vzorkovnic způsobem „hlava-pata“ a třepačky s rotujícími válci zajišťující otáčení ležících vzorkovnic (viz ČSN EN 12457-1 až 4). Příkladem nevhodného zařízení je horizontální třepačka.

2.8 Vliv teploty

Teplotou může být ovlivněna rozpustnost složek materiálu. Materiály s obsahem rozložitelných organických látek mohou být ovlivněny biologickými procesy, které jsou také teplotně závislé. Validační zkoušky prokázaly, že při teplotách v rozsahu 20 ± 5 °C jsou tyto jevy dostatečně omezeny.

3. Podíl nejistot analytického stanovení na celkové nejistotě vyluhovací zkoušky

Z validačních zkoušek provedených před přijetím norem ČSN EN 12457-1 až 4 lze odvodit, že příspěvek nejistoty analytických stanovení ve výluhu k celkové nejistotě vyluhovací zkoušky podle těchto norem je obvykle malý, pokud jsou použity dostatečně citlivé analytické metody a neměří se v blízkosti meze stanovitelnosti metody. Je třeba poznamenat, že pro heterogenní materiál může příspěvek nejistoty analytického stanovení dosahovat méně než 10 % celkové nejistoty a pro relativně homogenní materiál až 50 % celkové nejistoty vyluhovací zkoušky.

4. Vyhodnocení výsledků zkoušky

Výsledky ověřovacích zkoušek podle ČSN EN 12457-1 až 4 umožňují pouze přímé srovnání s limitními hodnotami formou vyhovuje/nevyhovuje.

TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 268 Alternativní materiály v zemním tělese pozemních komunikací

Schválilo:	Ministerstvo dopravy
Zpracovatel:	doc. RNDr. František Kresta, Ph.D. (SG Geotechnika a.s.)
Vydání:	první
Počet stran:	80
Tech. redakční rada:	Ing. Jiří Šmíd, Ph.D. (Ministerstvo dopravy) Ing. Dana Legut Ph.D. (Ředitelství silnic a dálnic s. p.) Mgr. Václav Mráz, Ph.D. (Ředitelství silnic a dálnic s. p.) Mgr. Zdeněk Čech (Ředitelství silnic a dálnic s. p.) Ing. Václav Dorazil, Ph.D. (DIAMO s.p.) Ing. Jaroslav Hauser, CSc. (Geostar s.r.o.) Ing. Vítězslav Herle doc. Ing. Martin Lidmila, Ph.D. (Refaglas s.r.o.) Ing. Radomír Rucki (DestroKladno s.r.o.) Ing. Roman Snop, Ph.D. (ČEZ Energetické produkty s.r.o.) doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (VUT v Brně) Ing. Jan Zajíček
Zástupce koordinátora:	Ing. Barbora Jiříčná (Ředitelství silnic a dálnic s. p.)