

TP 198

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

VYLEHČENÉ NÁSYPY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ



Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. MD-6587/2024-940/2 ze dne 21. 3. 2024 s **účinností od 1. 4. 2024** se současným zrušením TP 198 schválené Ministerstvem dopravy, Odborem infrastruktury pod č.j. 851/08-910-IPK/1 ze dne 26. 9. 2008 s účinností od 1. 10. 2008.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjpk.cz.

Obsah

1	ÚVOD	6
1.1	Předmět technických podmínek	6
1.2	Změny oproti předchozí verzi	6
1.3	Související právní předpisy.....	6
1.4	Související technické normy.....	7
1.5	Související technické předpisy Ministerstva dopravy	8
1.6	Související zahraniční předpisy	9
1.7	Použitá literatura	9
1.8	Termíny a definice.....	9
1.9	Značky	10
2	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY	12
2.1	Účel vylehčení násypů pozemních komunikací.....	12
2.2	Návrh vylehčeného násypu	12
2.3	Popis a kvalita stavebních materiálů.....	12
2.3.1	Zeminy	13
2.3.2	Lehké kamenivo – expandovaný jííl	13
2.3.3	Lehké kamenivo – pěnové sklo	15
2.3.4	Polystyrén	16
2.3.5	Balíky pneumatik	18
2.3.6	Drcené pneumatiky.....	19
2.3.7	Geosyntetika	20
3	TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ.....	20
3.1	Násyp vylehčený lehkým kamenivem z expandovaného jííl	20
3.1.1	Úprava podloží násypu	20
3.1.2	Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jííl s roznášecími vrstvami zeminy	20
3.1.3	Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jííl bez roznášecích vrstev zeminy	21
3.1.4	Aktivní zóna a zemní pláň	22
3.1.5	Přechodová oblast	22
3.2	Násyp vylehčený lehkým kamenivem z pěnového skla	22
3.2.1	Úprava podloží násypu	22
3.2.2	Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla s roznášecími vrstvami zeminy	22
3.2.3	Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla bez roznášecí vrstvy zeminy	23
3.2.4	Aktivní zóna a zemní pláň	24
3.2.5	Přechodová oblast	24
3.3	Násyp vylehčený polystyrénem EPS.....	24
3.3.1	Úprava podloží násypu	24
3.3.2	Výstavba vlastního tělesa násypu z bloků EPS.....	24

3.3.3	Aktivní zóna a zemní pláň	25
3.3.4	Přechodová oblast	25
3.4	Násyp vylehčený balíky pneumatik.....	25
3.4.1	Úprava podloží násypu	25
3.4.2	Výstavba vlastního tělesa násypu z balíků pneumatik.....	26
3.4.3	Aktivní zóna a zemní pláň	27
3.4.4	Přechodová oblast	27
3.5	Násyp vylehčený drcenými pneumatikami	27
3.5.1	Úprava podloží násypu	27
3.5.2	Výstavba vlastního tělesa násypu s použitím drcených pneumatik	28
3.5.3	Aktivní zóna a zemní pláň	28
3.5.4	Přechodová oblast	29
4	DODÁVKA A SKLADOVÁNÍ.....	29
4.1	Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu	29
4.2	Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla	29
4.3	Bloky polystyrénu EPS.....	29
4.4	Balíky pneumatik.....	29
4.5	Drcené pneumatiky.....	30
5	PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY.....	30
5.1	Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu	30
5.2	Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla	30
5.3	Bloky polystyrénu EPS.....	30
5.4	Balíky pneumatik.....	31
5.5	Drcené pneumatiky.....	31
6	KONTROLNÍ ZKOUŠKY	31
6.1	Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu	31
6.1.1	Odběr vzorků a terénní měření	31
6.1.2	Kontrolní zkoušky.....	32
6.2	Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla	33
6.2.1	Kontrolní zkoušky.....	33
6.3	Bloky polystyrénu EPS.....	33
6.4	Balíky pneumatik.....	33
6.5	Drcené pneumatiky.....	34
7	PŘÍPUSTNÉ ODCHYLKY	34
7.1	Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu	34
7.2	Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla	34
7.3	Bloky polystyrénu EPS.....	34
7.4	Balíky pneumatik.....	35
7.5	Drcené pneumatiky.....	35
8	KLIMATICKÁ OMEZENÍ	35
9	KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ.....	35

PŘÍLOHA 1	PŘEHLED ZDROJŮ MATERIÁLŮ PRO VÝROBU LEHKÉHO KAMENIVA.....	36
PŘÍLOHA 2	LEHKÉ KAMENIVO VYROBENÉ Z EXPANDOVANÉHO JÍLU	38
PŘÍLOHA 3	LEHKÉ KAMENIVO VYROBENÉ Z PĚNOVÉHO SKLA.....	42
PŘÍLOHA 4	BLOKY POLYSTYRÉNU EPS.....	48
PŘÍLOHA 5	PŘÍLOHA 5 BALÍKY PNEUMATIK	51
PŘÍLOHA 6	DRCENÉ PNEUMATIKY	53

1 Úvod

1.1 Předmět technických podmínek

Tyto technické podmínky (TP) platí pro vylehčení násypových těles na stavbách pozemních komunikací s použitím lehkých materiálů a stanovují podmínky pro návrh, výstavbu a kontrolu vylehčeného zemního tělesa.

Pro vylehčení zemního tělesa vedlejšími energetickými produkty se postupuje podle TP 93. K částečnému snížení objemové hmotnosti dochází i u zemin upravených nehašeným vápnem podle TP 94.

Obecné podmínky pro návrh a realizaci zemního tělesa s použitím lehkých 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 vylehčených násypů musí současně splňovat požadavky ČSN 73 6133, zejména pokud jde o stabilitu. Při návrhu zemního tělesa s použitím lehkých materiálů v přechodových oblastech mostů se musí respektovat požadavky ČSN 73 6244.

Návrh konkrétního materiálu do vylehčených násypů musí být uveden v realizační dokumentaci stavby (RDS). V předchozích stupních projektové dokumentace, především v PDPS, bude uveden rozsah vylehčení násypů a parametry všech materiálů ve vylehčeném násypu, na základě kterých projektant v tomto stupni vylehčení navrhl (obvykle objemová hmotnost / objemová tíha, objemová hmotnost po zhutnění, úhel vnitřního tření, soudržnost, modul deformace, Poissonovo číslo, případně další).

1.2 Změny oproti předchozí verzi

Oproti předchozí verzi TP 198 z roku 2008 byly provedeny následující změny:

- byl rozšířen sortiment lehkých stavebních materiálů, které se používají v zemních pracích;
- byly doplněny zdroje materiálů pro výrobu lehkého kameniva podle CEN/TS 17438;
- byly upřesněny požadavky na průkazní a kontrolní zkoušky materiálů;
- byly upřesněny technologické postupy prací podle dosavadních zkušeností ze staveb;
- byly reflektovány změny podle aktuálně platných norem a předpisů.

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. 100/2013 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

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 Text s významem pro EHP

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

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 6100-4	Názvosloví pozemních komunikací – Část 4: Stavba vozovek (k datu vydání v přípravě)
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 6244	Přechody mostů pozemních komunikací
ČSN EN 826	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Zkouška tlakem (Souběžně s touto normou platí ČSN EN ISO 29469 (72 7045) z dubna 2023, která tuto normu zcela nahradí od 30. 11. 2025)
ČSN EN 933-1	Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor
ČSN EN 933-4	Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index
ČSN EN 933-5	Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 5: Stanovení podílu drcených zrn v hrubém kamenivu a ve směsi kameniva
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 1097-6	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti
ČSN EN 1367-1	Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 1: Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování
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 10080	Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně
ČSN EN 13055	Pórovité kamenivo
ČSN EN 13055-1	Pórovité kamenivo – Část 1: Pórovité kamenivo do betonu, malty a injektážní malty

ČSN EN 13055-2	Pórovité kamenivo – Část 2: Pórovité kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové úpravy a pro nestmelené a stmelené aplikace
ČSN EN 13172	Tepelněizolační výrobky – Hodnocení shody
ČSN EN 13286-5	Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy — Část 5: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Vibrační stůl
ČSN EN 14243-1	Materiálové využití pneumatik na konci životnosti – Část 1: Obecné definice týkající se metod stanovení jejich rozměrů a nečistot
ČSN EN 14933	Tepelně izolační a lehké výplňové výrobky pro inženýrské stavby – Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) - Specifikace
ČSN EN 14934	Tepelně izolační a lehké výplňové výrobky pro inženýrské stavby – Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS) - Specifikace
ČSN EN 15732	Lehké výplňové a tepelněizolační výrobky pro použití v inženýrských stavbách – Výrobky z lehkého kameniva z expandovaného jílu (LWA)
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
ČSN P CEN/TS 17006	Zemní práce – Kontinuální kontrola hutnění (CCC)
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
ČSN EN ISO 29469	Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Zkouška tlakem
CEN/TS 17438	Source materials considered in the development of the Aggregate standards of CEN/TC 154

1.5 Související technické předpisy Ministerstva dopravy

TP 93	Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů
TP 94	Úprava zemin
TP 97	Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací
TKP 4	Zemní práce
TKP 30	Speciální zemní konstrukce

1.6 Související zahraniční předpisy

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

CRE 356 Use of polystyrene for embankment construction.

Cellplast som lättfyllning i vägbankar. Vägverket, 2004 ([Trafikverkets webbutik. Cellplast som lättfyllning i vägkonstruktioner \(ineko.se\)](#)).

Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad, Vägverket, 2007 ([2007_110_alternativa_material_i_vag_och_jarnvagsbyggnad.pdf \(ineko.se\)](#)).

1.7 Použitá literatura

BOTELLO, F., GUEDELLA, E., DOMINGO, A. & DEL AMO, E. Empleo de neumáticos fuera de uso (NFU) triturados como relleno de terraplén: aplicación en la obra “Duplicación de la carretera M-111 y Variante de Fuente el Saz”. *Rutas: Revista de la Asociación Técnica de Carreteras*, vol. 127, p. 42-47, 2008.

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.

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.

THOMPSETT D.J., WALKER A., RADLEY R.J., GRIEVESON B.M.: Design and construction of expanded polystyrene embankments: Practical design methods as used in the United Kingdom. *Construction and Building Materials*, Vol. 9, Issue 6, 1995, pp. 403-411.

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. Níže jsou uvedeny termíny důležité pro vylehčené násypy:

- **vylehčený násyp** – násypové těleso pozemní komunikace, které obsahuje lehké stavební materiály;
- **lehké kamenivo** – zrnitý materiál minerálního původu se zdánlivou hustotou pevných částic ne vyšší než $2000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ nebo sypanou objemovou hmotností ne vyšší než $1200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (CEN/TS 17438, čl. 3.1.2). Přehled zdrojových materiálů pro výrobu lehkého kameniva je uveden v příloze 1 (viz CEN/TS 17438, tab. 4);
- **expandovaný polystyrén** – tuhý plastový izolační materiál s buněčnou strukturou, vyrobený napěněním granulí zpěňovatelného polystyrenu nebo některého z jeho kopolymerů, který je v podstatě tvořen strukturou uzavřených buněk vyplněných vzduchem (ČSN EN 14933, čl. 3.1.1.1);
- **blok z pěnového polystyrenu** – tuhý izolační výrobek nebo materiál obecně pravoúhlého průřezu, jehož tloušťka není podstatně menší než šířka (ČSN EN 14933, čl. 3.1.1.2);

- **extrudovaný polystyrén** – tuhý buněčný plastový izolační materiál s opláštěním nebo bez něho, vyrobený napěněním a vytlačení polystyrenu nebo některého z jeho kopolymerů, který má strukturu uzavřených buněk (ČSN EN 14934, čl. 3.1.1.1);
- **balíky pneumatik (tyre bales)** – balíky vyrobené stlačením a zabezpečením pneumatik do předem určených rozměrů (viz PAS 108, čl. 2.16);
- **drcené pneumatiky (shredded tyres)** – nepravidelné úlomky vznikající mechanickým drcením pneumatik (viz prEN TR 16907-8, čl. 3.1 a ČSN EN 14243-1, čl. 3.2.3);
- **jílová geosyntetická izolace (GBR-C)** – geosyntetická jílová vložka (bentonitová rohož); geosyntetická izolace na bázi jílu, ve své podstatě geokompozit (TP 97, čl. 1.8.1). Jedná se o těsnicí bariéru vytvořenou ze slisovaného suchého nebo vlhkého bentonitu uloženého mezi dvě netkané geotextilie. Obvykle se používá na ochranu koruny polystyrénového tělesa proti průsakům organických látek při havárii cisterny na vozovce;
- **roznášecí (dělicí) vrstva** – vrstva zemin, kterou se překryje navezená vrstva lehkého kameniva a přes kterou se lehké kamenivo zhutňuje.

1.9 Značky

BA	škvára ze spalování uhlí (<i>bottom ash</i>),
C	podíl drcených zrn v hrubém kamenivu (viz ČSN EN 933-5),
c'	efektivní soudržnost (kPa),
CEDEX	<i>Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas</i> (španělské výzkumné centrum veřejných prací),
ČSN	česká norma,
D	míra zhutnění (%) (viz ČSN 72 1006),
E	modul deformace (MPa),
$E_{\text{def},2}$	modul přetvárnosti z druhé zatěžovací větve (viz ČSN 72 1006, příloha A),
$E_{\text{def},2}/E_{\text{def},1}$	poměr modulů přetvárnosti z první a druhé zatěžovací větve (viz ČSN 72 1006, příloha A),
EN	evropská norma,
EPS	expandovaný polystyrén (<i>expanded polystyrene</i>),
F	odolnost proti zmrazování a rozmrazování (viz ČSN EN 1367-1),
FA	popílek (<i>fly ash</i>),
FBA	ložový popel (<i>fluidized bottom ash</i>),
G1 GW	štěrk dobře zrněný (viz ČSN 73 6133),
G2 GP	štěrk špatně zrněný (viz ČSN 73 6133),
G3 G-F	štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (viz ČSN 73 6133),
G4 GM	štěrk hlinitý (viz ČSN 73 6133),
GBR-C	jílová geosyntetická izolace (<i>clay geosynthetic barrier</i>),

h	výška vrstvy (m),
ISO	mezinárodní norma organizace ISO,
KZP	kontrolní a zkušební plán,
LA	odolnost proti drcení Los Angeles (viz ČSN EN 1097-2),
LWA	lehké kamenivo (<i>lightweight aggregate</i>),
MZK	mechanicky zpevněné kamenivo (viz ČSN 73 6126-1),
PAS	<i>Publicly Available Specification</i> (veřejně přístupný předpis ve Velké Británii),
PDPS	projektová dokumentace pro provádění stavby,
PFA	popílek ze spalování rozmělněného uhlí (<i>pulverized fly ash</i>),
PS	standardní Proctorova zkouška,
q	dopravní zatížení (viz ČSN 73 6133),
RDS	realizační dokumentace stavby,
S1 SW	písek dobře zrněný (viz ČSN 73 6133),
S3 S-F	písek s příměsí jemnozrnné zeminy (viz ČSN 73 6133),
S4 SM	písek hlinitý (viz ČSN 73 6133),
SI	tvarový index (<i>shape index</i>) (viz ČSN EN 933-4),
ŠD	štěrkodrt' (viz ČSN 73 6126-1),
TePř	technologický předpis,
TKP	Technické kvalitativní podmínky staveb,
TP	Technické podmínky,
TR	Technická zpráva (<i>Technical report</i>),
TS	Technická specifikace (<i>Technical specification</i>),
UV	ultrafialový (<i>ultraviolet</i>),
XPS	extrudovaný polystyrén (<i>extruded polystyrene</i>),
ZTKP	zvláštní technické kvalitativní podmínky,
γ_{sd}	součinitel spolehlivosti (viz ČSN EN 1997-1),
ε	přetvoření (%),
σ	normálové napětí (kPa),
ϕ'	efektivní úhel vnitřního tření (°).

2 Všeobecné požadavky

2.1 Účel vylehčení násypů pozemních komunikací

Vylehčením násypového tělesa pozemní komunikace se dosáhne nižšího napětí na podloží, a tím i výrazně nižšího sedání. Vylehčení zemního tělesa může být alternativou k jiným opatřením prováděným v podloží násypu pro omezení sedání nebo urychlení konsolidace (geodrény, šterkové pilíře, výměna zemin, hloubkové zlepšení zemin apod.). Lehký materiál má stálou kvalitu (jedná se o výrobek) a lze s ním pracovat i v zimních podmínkách. Rychlost výstavby je nepoměrně vyšší než při provádění hlubinných opatření v podloží násypu.

Lehký materiál lze použít rovněž pro snížení zemního tlaku na konstrukci (např. v přechodové oblasti mostů).

2.2 Návrh vylehčeného násypu

Při návrhu vylehčeného násypu se postupuje podle zásad ČSN EN 1997-1. Vylehčený násyp patří do 2. nebo 3. geotechnické kategorie ve smyslu ČSN EN 1997-1, čl. 2.1, odst. (21).

Návrh vylehčeného násypu se posuzuje výpočtem podle podmínek uvedených v ČSN EN 1997-1, čl. 2.4. Při posuzování stability vylehčeného násypu na měkkém podloží (nejobvyklejší případ) se doporučuje použít Návrhový přístup 3 pro $F=1$. Při postupu podle Návrhového přístupu 2 vychází stabilita svahu nejvyšší, a proto je nutné velmi pečlivě zvážit vstupní smykové vlastnosti.

Vylehčený násyp je nutné ověřit na porušení vztlakem v místech, kde je toto porušení reálné. Přitom se postupuje v souladu s ČSN EN 1997-1, čl. 2.4.7.4 a čl. 10.2.

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti se počítají deformace (sedání) vylehčeného násypu vhodnými výpočetními postupy (analytické, semi-empirické, numerické). Charakteristické vlastnosti vybraných lehkých materiálů jsou uvedeny v čl. 2.3.2 až 2.3.6.

Při plánované výsadbě dřevin na vylehčený násyp je nutné posoudit stabilitu povrchových vrstev zemin násypu a vegetačních úprav, aby nedocházelo k tzv. květináčovému efektu.

2.3 Popis a kvalita stavebních materiálů

Všechny lehké materiály používané pro vylehčené násypy musí být deklarovány jako výrobky.

Před zahájením prací musí zhotovitel předložit objednateli doklady o posouzení shody ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů a Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů nebo Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh:

- a) Prohlášení o shodě vydané výrobcem / dovozcem / zplnomocněným zástupcem v případě stavebních výrobků, na které se vztahuje Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
- b) Certifikát výrobku podle §5 nebo jiný dokument podle §6, §7 nebo §8 Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.

- c) Prohlášení o vlastnostech vydané výrobcem / zplnomocněným zástupcem v případě stavebních výrobků označovaných CE, na které je vydána harmonizovaná norma nebo evropské technické 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.
- d) Osvědčení o shodě řízení výroby podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh.

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.

Žádné materiály zabudované do vylehčeného násypu nesmí být klasifikovány jako odpad podle zákona č. 541/2020 Sb. (Zákon odpadech).

2.3.1 Zeminy

Vylehčené násypy pozemních komunikací mají vnější svahy vybudované z běžných zemin (hrubozrnných, jemnozrnných, případně upravených pojivy), aby lehké materiály nebyly exponovány na povrchu z důvodu eroze (lehké kamenivo) nebo působení UV záření, tepla a vandalismu (polystyrén, balíky pneumatik). Rovněž roznášecí vrstvy mezi vrstvami lehkého kameniva nebo mezi balíky pneumatik jsou ze zeminy.

Pro zakládání zemní hrázky (u lehkého kameniva, drcených pneumatik) a pro vnější obsyp polystyrénových bloků nebo balíků pneumatik a pro výplň mezer mezi balíky pneumatik je nejvhodnější písek s příměsí jemnozrnné zeminy až písek hlinitý (S3 S-F, S4 SM) nebo štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy až štěrk hlinitý (G3 G-F, G4 GM). Lze použít i dobře zrněné písky a štěrky (S1 SW, G1 GW). Pokud se použije málo propustné jemnozrnné zeminy a zeminy upravené pojivy pro zakládání zemní hrázky (u lehkého kameniva a drcených pneumatik), je nutné pod nimi vytvořit plošný drén z propustné zeminy (písek, štěrk) nebo pod hrázky položit drenážní kompozit.

Vedle zemin lze použít i recyklované materiály nebo umělé kamenivo odpovídající požadovaným vlastnostem.

Do aktivní zóny se lehké materiály nepoužívají. Koruna násypu z lehkého materiálu se ukončí nejpozději na úrovni parapláně. Pro konstrukci aktivní zóny se použije zemina vhodná dle ČSN 73 6133, tab. 1, případně zemina stabilizovaná (viz ČSN EN 16907-4, čl. 3.20). Aktivní zóna se běžně provádí v mocnosti 0,5 m a je vhodné ji budovat ve dvou vrstvách. První vrstva o mocnosti do 0,25 m, která bude tvořit přechod mezi vrstvou z lehkého materiálu a aktivní zónou, se zhutní lehčími zhutňovacími prostředky (musí se upřesnit zhutňovací zkouškou dle ČSN 72 1006). Další vrstva o mocnosti 0,25 m se může již hutnit běžnými hutnicími prostředky. Lehké materiály nesmí být použité v aktivní zóně.

Vlastnosti zemin se posuzují postupy uvedenými v ČSN 73 6133 a TKP 4.

2.3.2 Lehké kamenivo – expandovaný jíl

Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu představuje hrubozrnný materiál převážně kulovitého tvaru s pórovitou strukturou, který vzniká vypálením přírodního jílu při teplotě cca 1150 °C.

Kamenivo vyrobené z expandovaného jílu je keramický materiál a je odolný proti chemickému a biologickému napadení (ČSN EN 15732, čl. 4.2.4.6). Kamenivo vyrobené z expandovaného jílu dle ČSN EN 15732 je klasifikováno bez zkoušení jako nehořlavý výrobek třídy hořlavosti A1 podle rozhodnutí Komise 96/603/ES, ve znění rozhodnutí 2000/605/ES (ČSN EN 15732, čl. 4.2.3.).

Do vylehčeného násypu se používá lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu frakce 4/8 nebo 8/16. Příměs jemné frakce pod menší frakci (podsítné) nesmí překročit 15 % hmotnosti a příměs hrubších zrn nad větší frakci (nadsítné) nesmí překročit 10 % hmotnosti (viz ČSN EN 15732, čl. 4.2.2.3 a čl. 4.2.2.4).

Sypná objemová hmotnost (suchá) lehkého kameniva vyrobeného z expandovaného jílu je obvykle nižší než $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ v závislosti na použité frakci kameniva (viz tabulka 1). Maximální objemová hmotnost po ztuhnutí v zemním tělese se mění v závislosti na vlhkosti, množství jemné frakce a prachové příměsi a obvykle nepřesahuje $700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Materiál je na stavbu dodáván v předepsaném zrnitostním složení. Během dopravy by nemělo dojít ke změně zrnitosti, ať již z důvodu znečištění nebo roztřídění (segregace).

Charakteristické pevnostní a deformační hodnoty lehkého kameniva z expandovaného jílu, které se vyrábí na území České republiky, jsou uvedeny v tabulce 1. Uvedené hodnoty smykové pevnosti a deformačních modulů platí pro ztuhlé lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu.

Tabulka 1: Charakteristické vlastnosti lehkého kameniva z expandovaného jílu pro vylehčování násypů

Frakce	Maximální sypná objemová hmotnost (suchá) ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Efektivní úhel vnitřního tření ϕ (°)	Efektivní soudržnost c' (kPa)	Modul deformace při normálovém napětí $\sigma=50\text{--}120 \text{ kPa}$ E (MPa)
Frakce 4/8	400	40	2	10–30
Frakce 8/16	315	38	1	10–20

Průkazní zkoušky lehkého keramického kameniva vyrobeného z expandovaného jílu se provádějí v rozsahu dle ČSN EN 15732. Přehled požadavků na lehké keramické kamenivo vyrobené z expandovaného jílu, včetně zkušebních postupů (norem), pro použití ve vylehčeném násypu je uveden v tabulce 2.

V zahraničí (např. v Dánsku) se používá i drcené lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu. V České republice se pro aplikace na stavbách pozemních komunikací drcené lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu v současnosti nedodává.

Tabulka 2: Požadavky na lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu pro vylehčování násypů

Vlastnost	Zkušební postup	Požadavek
Frakce	ČSN EN 933-1	dle deklarace d/D
Zrnitost	ČSN 73 6133, příloha A	G1 GW, G2 GP, G3 G-F
Podsítné	ČSN EN 933-1	max. 15 %
Nadsítné	ČSN EN 933-1	max. 10 %
Sypná objemová hmotnost (pro zrnitost nad 4 mm)	ČSN EN 1097-6, příloha C	Nesmí být vyšší než deklarované hodnoty v tabulce 1 nebo uvedené v certifikátu výrobku pro uvedené zrnitosti
Minimální ulehlost	ČSN EN 13055-2, 2006 příloha A	$-15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ než deklarované hodnoty v tabulce 1
Maximální ulehlost	ČSN EN 13055-2, 2006 příloha A	$+15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ než deklarované hodnoty v tabulce 1
Nasákavost po 120 minutách (pro zrnitost nad 4 mm)	ČSN EN 1097-6, příloha C	Max. 10 % ¹⁾
Smyková pevnost	ČSN EN 15732, příloha A	Deklarovaná hodnota
Stlačitelnost	ČSN EN 13055-2, příloha A	Deklarovaná hodnota
Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	ČSN EN 13055-2, příloha B	F ₄
¹⁾ Průběh nasákavosti u lehkého kameniva z expandovaného jílu <i>Lehké kamenivo z expandovaného jílu není hygroskopické a nepřijímá vlhkost ze vzduchu. Přirozená ustálená vlhkost je cca 0,2 % objemu. Pokud je lehké kamenivo z expandovaného jílu umístěno do konstrukce suché a je chráněno proti přímému přístupu vody, zůstává suché. Samotná zrna lehkého kameniva z expandovaného jílu ani výrobky z něj nemají kapilární strukturu a voda v nich tudíž nevzlíná.</i>		

2.3.3 Lehké kamenivo – pěnové sklo

Pěnové sklo je umělé kamenivo, které splňuje požadavky na lehké pórovité kamenivo. Obvykle je základní vstupní surovinou recyklované sklo, které se zpracovává speciálním technologickým postupem, kde výsledkem je šedá skleněná porézní hmota, vizuálně podobná drcenému kamenivu frakce 32/63. Lehké kamenivo z pěnového skla má vnitřní póry uzavřeny, a tím je dosaženo velmi malé nasákavosti.

Lehké kamenivo z pěnového skla lze znovu recyklovat, a tím materiál splňuje podmínky cirkulární ekonomiky. Lehké kamenivo z pěnového skla je materiál v čase stálý, nepodléhající biologické degradaci. Materiál je zdravotně nezávadný a nehořlavý (třída hořlavosti A1).

Prokazování shody výroby pěnového skla se řídí evropskou harmonizovanou normou ČSN EN 13055-1 a ČSN EN 13055-2 (v současné době již neplatí) za současného respektování ČSN EN 13055, která je platná, avšak není harmonizovaná.

Sypná objemová hmotnost (suchá) lehkého kameniva vyrobeného z pěnového skla je nižší než $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Maximální objemová hmotnost po zhutnění v zemním tělese se mění v závislosti na vlhkosti, technologii hutnění, množství jemné frakce a prachových příměsí a obvykle nepřesahuje $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Materiál je dodáván na stavbu v předepsaném zrnitostním složení ve velkoobjemových nákladních vozech nebo v big-bag vacích o objemu 1 m³ a 3 m³. Za základní zrnitostní složení pro vylehčené násypy je doporučena frakce 0/63. Další technologické frakce mohou být například 0/4; 4/16; 16/32. Během dopravy nesmí dojít k jeho vypadávání při přepravě, znečištění nebo segregaci. Lehké kamenivo z pěnového skla, které se okamžitě po přivezení na stavbu nezabuduje, se musí skladovat v prozatímní deponii na zpevněné ploše tak, aby nemohlo dojít k jeho znečištění, odplavení nebo segregaci.

Požadované vlastnosti lehkého kameniva z pěnového skla jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Požadavky na lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla pro vylehčování násypů

Vlastnost	Zkušební postup	Požadavek
Frakce	ČSN EN 933-1	0/63
Zrnitost	ČSN 73 6133, příloha A	GP až G-F
Tvarový index	ČSN EN 933-4	SI_{20}
Procentní podíl drcených zrn	ČSN EN 933-5	$C_{90/3}$
Odolnost proti drcení metoda Los Angeles	ČSN EN 1097-2	LA_{70}
Minimální ulehlost	ČSN 72 1018 ¹⁾	$150 \pm 15 \text{ \% kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Maximální ulehlost	ČSN 72 1018 ¹⁾	max. $300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Úhel vnitřního tření (ϕ')	Viz poznámka ²⁾	$\geq 36^\circ$
Nasákavost	ČSN EN 1097-6	max. 10 %
Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	ČSN EN 13055-1, Příloha C	F_4
¹⁾ Vzhledem ke specifickým vlastnostem lehkého kameniva z pěnového skla je v příloze 3 podrobněji popsán a sjednocen postup laboratorní zkoušky pro stanovení relativní ulehlosti.		
²⁾ Úhel vnitřního tření se stanoví volným sypáním z výšky 0,3 až 0,5 m a změřením úhlu sklonu výsledného kužele o výšce 1 až 2 m. Doporučuje se zdokumentovat fotograficky. Výsledky zkoušky musí být předloženy nejpozději při provádění zhutňovací zkoušky.		

2.3.4 Polystyrén

Polystyrén je ekologicky nezávadný syntetický materiál, nevyluhují se z něj vodou žádné škodlivé látky, vykazuje velmi dobrou odolnost proti působení huminových kyselin, zásad, etanolu a přírodním olejům. Působí však na něj minerální oleje a organická rozpouštědla. Polystyrén je odolný vůči houbám, plísním a jiným mikroorganismům. Více než čtyřicetileté zkušenosti ukazují, že drobní savci (hraboši, myši apod.) jej nenapadají a nevytváření v něm skrýše. Minimální životnost expandovaného polystyrénu (EPS) uvádějí výrobci 80 let.

Pro výstavbu násypů pozemních komunikací se používá expandovaný polystyrén (EPS). Extrudovaný polystyrén (XPS) se používá pro speciální, velmi namáhané konstrukce, kde má i funkci ochrany proti promrzání (např. podloží vozovek nebo pražcového podloží na trvale zmrzlé půdě). Do násypů se z důvodu vyšší ceny nepoužívá.

Expandovaný polystyrén (EPS) pro stavbu násypů se vyrábí ve velkých blocích, které lze na krátkou vzdálenost přenést. Bloky mají mít hmotnost do 60 kg, aby je mohli dva muži ručně přenášet a ukládat. Obvyklé rozměry bloků jsou:

- délka: 2 až 5 m;

- šířka: 1 až 2 m;
- výška: 0,5 až 0,6 m.

Orientační vlastnosti bloků polystyrénu (EPS) používaného pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací jsou v tabulce 4.

Tabulka 4: Vlastnosti bloků polystyrénu (EPS) používaného pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací

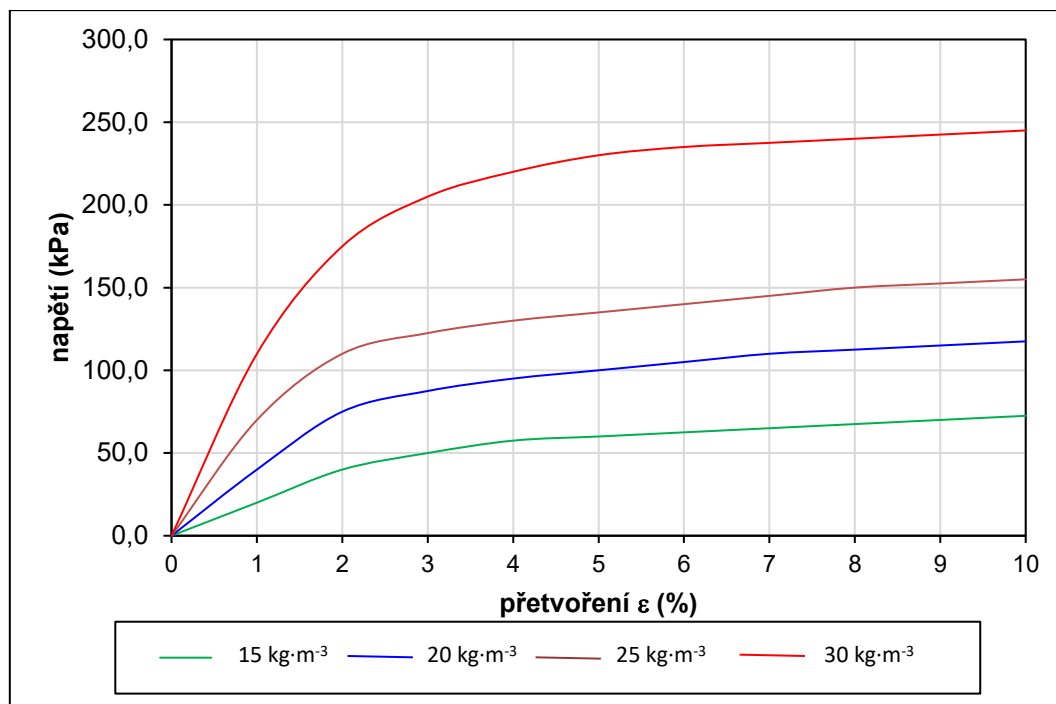
Expandovaný polystyrén (EPS)	Vagverket (švédský předpis – silnice)	Thompsett et al. (1995)
Objemová hmotnost ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	15-20-25-30	15-20-25-30-35
Pevnost (kPa) při $\varepsilon=10\%$		70 až 190
Pevnost (kPa) při $\varepsilon=5\%$	55-100-175-185	
Pevnost (kPa) při $\varepsilon=2\%$	45-75-140-150	
Rozměrová tolerance (ČSN EN 14933)		
Délka	$\pm 0,3$ až $\pm 1,0\%$ nebo ± 3 až ± 10 mm podle kategorie	
Šířka	$\pm 0,3$ až $\pm 0,5\%$ nebo ± 3 až ± 5 mm podle kategorie	
Tloušťka	$\pm 0,2$ až $\pm 0,5\%$ nebo ± 2 až ± 5 mm podle kategorie	

Přípustné zatížení expandovaného polystyrénu (EPS) v násypu pozemní komunikace v závislosti na jeho objemové hmotnosti a způsobu zatížení je v tabulce 5. Přípustné zatížení expandovaného polystyrénu (EPS) je omezeno svislým stlačením 2% výšky. Do této hodnoty se expandovaný polystyrén přetváří pružně. Po překročení 2% deformace dochází u expandovaného polystyrénu k porušování EPS perel, ze kterých jsou bloky slisovány.

Tabulka 5: Přípustné zatížení bloků polystyrénu (EPS) používaného pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací

Objemová hmotnost EPS ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Stálé zatížení (Vagverket) (kPa)	Stálé zatížení (Thompsett et al. 1995) (při $\varepsilon=1\%$)	Stálé a proměnné (dopravní) zatížení (Vagverket) (kPa)	Stálé zatížení (ojedinělé vozidlo) (Vagverket) (kPa)
15	12	21	30	38
20	20	45	45	57
30	35	100	75	95
⁴⁾ V České republice se proměnné (dopravní) zatížení uvažuje jako rovnoměrné zatížení povrchu vozovky $q = 10$ kPa. Pro posuzování stability násypu se v souladu s ČSN EN 1997-1 upravuje nepříznivě působící proměnné zatížení součinitelem spolehlivosti $\gamma_{sd} = 1,3$.				

Závislost napětí na přetvoření pro EPS s různou objemovou hmotností je uvedena na obrázku 1.



Obrázek 1 – Závislost napětí na přetvoření pro EPS s různou objemovou hmotností (upraveno dle Thompsetta et al. 1995)

Bloky polystyrénu EPS do vylehčených násypů se posuzují dle ČSN EN 14933, shoda výrobků z EPS se posuzuje dle ČSN EN 13172.

2.3.5 Balíky pneumatik

Balíky pneumatik se vyrábějí slisováním starých pneumatik. Balíky jsou ve výrobě svázány drátem do požadovaného tvaru. Balíky pneumatik se používají déle než 25 let především na stavbách ve Velké Británii a USA a nebyly zaznamenány žádné výluhy nebezpečných látek. Balíky jsou zdravotně nezávadné. Je zakázáno používat pneumatiky sekundárně znečištěné.

Pro zajištění pneumatik v balíku se používá galvanizovaný ocelový drát minimálního průměru 3,8 mm s tahovou pevností 1500 až 1700 MPa. Objemová hmotnost balíku pneumatik by neměla být nižší než 420 kg·m⁻³ (PAS 108, příloha B). Rozměry balíku pneumatik jsou uvedeny v tabulce 6 (viz PAS 108, tabulka C1).

Tabulka 6: Rozměry balíků pneumatik používaných pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací

Vlastnost	Hodnota
Délka (m)	1,33 m (+ 0,08 m / - 0,06 m)
Šířka (m)	1,55 m (± 0,07 m)
Hloubka (m)	0,83 m (± 0,04 m)
Objem	1,70 m ³ (+ 0,24 m ³ / - 0,15 m ³)
Hmotnost	810 kg (± 35 kg)

Geotechnické vlastnosti balíků pneumatik jsou uvedeny v tabulce 7 (viz PAS 108, tabulka C.2).

Tabulka 7: Geotechnické vlastnosti balíků pneumatik používaných pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací

Vlastnost	Hodnota	Komentář
Nominální objemová hmotnost	$470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ($\pm 50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Objemová hmotnost kuboidu obsahujícího balík pneumatik (vypočtená z rozměrů a hmotnosti balíku).
Skutečná objemová hmotnost	$500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ($\pm 70 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Objemová hmotnost balíku stanovená na základě ponoření do vody.
Pórovitost	62 % (± 5 %)	
Smyková pevnost, úhel vnitřního tření, ϕ'	35° až 36°	Zkoušky se provádějí na suchém balíku. Soudržnost je malá a může se v návrhu zanedbat.
Tuhost (vyjádřená jako Youngův modul pružnosti), M	800 MPa až 1000 MPa	Hodnoty rostou s rostoucím stupně uzavření balíku. Hodnoty byly odvozeny z předběžných interpretací v USA, kdy se uvažovaly dva až tři balíky bez výplně mezer.
Celkový creep	do 1,1 %	Dlouhodobý creep se nepředpokládá vyšší než 1,5 %
Propustnost ve vertikálním směru	$0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
Propustnost v horizontálním směru	$0,02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	

Podrobný popis zkoušek v tabulce 7 je uveden v PAS 108, příloze C.

2.3.6 Drcené pneumatiky

Drcené pneumatiky jsou tvořeny plochými nepravidelnými kousky (*shreds*) pneumatik o velikosti 20–400 mm v závislosti na procesu mechanického drcení podle ČSN EN 14243-1. Doporučuje se pro další použití, aby úlomků do 300 mm bylo min. 90 %. Mohou obsahovat malé množství kovových zbytků, max. 5 % hm. Dosavadní zkušenosti ukazují, že drcené pneumatiky jsou ekologicky nezávadné. Pro výrobu drcených pneumatik je zakázáno používat pneumatiky sekundárně znečištěné. Drcené pneumatiky do vylehčených násypů se experimentálně používají ve Velké Británii a ve Španělsku.

Doporučené vlastnosti drcených pneumatik jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Vlastnosti drcených pneumatik používaných pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací

Vlastnost	Doporučená hodnota	Komentář
Objemová hmotnost	$420\text{--}990 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	objemová hmotnost roste s vyšším podílem menších úlomků
Nasákavost	3–7 %	
Objemová hmotnost po zhutnění	$630\text{--}910 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	
Úhel vnitřního tření ϕ'	0–20 kPa	zkouška se provádí ve velké krabici (1 × 1 m)
Soudržnost c'	20–46°	zkouška se provádí ve velké krabici (1 × 1 m)
Youngův modul	150–1800 kPa	
Koeficient propustnosti	$5\cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
Obsah kovových úlomků	max. do 5 % hm.	

2.3.7 Geosyntetika

Lehký materiál (lehké kamenivo, polystyrén, balíky pneumatik, drcené pneumatiky) se odděluje od zeminy v podloží násypu i v nadloží od zeminy aktivní zóny nebo zeminy v násypu separační netkanou geotextilií. Netkaná geotextilie se může případně použít i pro oddělení zeminy na svazích jádra násypu z lehkého materiálu. Účelem použití netkané separační geotextilie je zabránit pronikání zrn z podloží, nadloží a svahů zemního tělesa do lehkého materiálu a v omezení vplavování jemnozrné frakce zeminy mezi zrna lehkého kameniva, do spár mezi bloky polystyrénu nebo do vrstvy drcených pneumatik.

V nadloží násypů z bloků expandovaného polystyrénu (EPS) se obvykle pokládá geosyntetická bentonitová rohož, která má zabránit poškození bloků z EPS organickými rozpouštědly a minerálními oleji v případě havárie cisterny s těmito materiály na vozovce nad polystyrénovým násypem. Alternativně se místo geosyntetického jílového těsnění používá na místě betonovaná železobetonová deska.

Lehké kamenivo lze vyztužovat výztužnými geosyntetiky. Návrh vyztužení musí být součástí projektové dokumentace (PDPS).

Požadavky na geosyntetické materiály jsou uvedeny v TP 97.

3 Technologické postupy prací

Lehký materiál (lehké kamenivo, polystyrén, balíky pneumatik, drcené pneumatiky) se použije v místech určených projektovou dokumentací.

3.1 Násyp vylehčený lehkým kamenivem z expandovaného jílu

3.1.1 Úprava podloží násypu

Před zahájením navážení lehkého kameniva z expandovaného jílu se podloží odhumusuje, urovná do předepsaného příčného sklonu (obvykle 3 %), přehutní a zhutnění se zkontroluje příslušnými zkouškami dle ČSN 73 6133. Pokud se vylehčený násyp buduje ve velmi nepříznivých podmínkách na extrémně stlačitelném podloží (rašelina, bahno), ponechává se podloží travní drn a na něj se pokládá vhodné geosyntetikum se separační, filtrační a výztužnou funkcí. Požadavky na geosyntetikum musí být určeny v projektové dokumentaci.

Před položením geosyntetika a následnou výstavbou násypu se v případě 3. geotechnické kategorie vždy vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací podloží. V případě 2. geotechnické kategorie je pro vybudování monitorovacího systému určující projektová dokumentace. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být součástí projektové dokumentace geotechnického monitoringu nejpozději ve stupni PDPS.

3.1.2 Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu s roznášecími vrstvami zeminy

Podloží násypu z lehkého kameniva z expandovaného jílu se urovná do příčného sklonu (cca 3 %) a zhutní. Na zhutněné podloží násypu se na obou okrajích (patách) násypu naveze a zhutní zemní

hrázka o výšce max. 1,0 m. Rozměry zemní hrázky stanoví projektová dokumentace a upřesní se na základě provedené zhutňovací zkoušky a použité techniky na stavbě. Do hrázky lze použít zeminu popsanou v čl. 2.3.1. Vnější líc hrázky bude zřízen ve skonu určeném v projektové dokumentaci pro příslušnou výškovou úroveň násypu. Sklon vnitřního svahu se upraví v závislosti na použité zemině. Obvykle se použije sklon 1:1. Šířka obvodové hrázky činí min. 0,8 m ve směru kolmém na povrch svahu.

Na podloží násypu mezi zemními hrázkami se položí separační geotextilie a na ni se nasype vrstva lehkého kameniva z expandovaného jílu o mocnosti 0,4 až 0,8 m v závislosti na požadavcích projektové dokumentace.

Mocnost pokládané vrstvy z lehkého kameniva vyrobeného z expandovaného jílu musí být potvrzena zhutňovací zkouškou.

Pokud bude na obvodové hrázky použitý štěrk s otevřenou zrnitostí, položí se separační geotextilie i na vnitřní svahy hrázek. Volně navezené (nahrnuté) lehké kamenivo z expandovaného jílu se urovná dozerem. Alternativně lze lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu do méně přístupných míst ukládat pneumatickým způsobem, případně je možná dodávka ve vacích big-bag o objemu 1 m³. Bezprostředně na urovnanou vrstvu lehkého kameniva z expandovaného jílu se naveze 0,15 až 0,25 m mocná vrstva zeminy. Nejvhodnější je písek hlinitý (S4 SM) nebo štěrk s příměsí jemnozrnné frakce (G3 G-F) (viz čl. 2.3.1). Rovněž lze použít jemnozrnné zeminy upravené pojivy.

Po navezení a urovnání roznášecí (dělicí) vrstvy zemin na vrstvu lehkého kameniva z expandovaného jílu se začne hutnit hutnicími prostředky nejprve bez vibrace a po cca 2 pojezdech (4 přejezdech) hutnicího prostředku lze použít vibrace. Technologie hutnění musí být upřesněna zhutňovací zkouškou, která se provede na roznášecí vrstvě zeminy. Při hutnění by nemělo docházet k drcení zrn lehkého kameniva z expandovaného jílu. Pokud by docházelo k drcení zrn, použijí se lehké zhutňovací prostředky (vibrační desky, lehké válce) nebo se sníží amplituda vibrací.

Další zvyšovací obvodové hrázky se nasypou částečně na stávající hrázky a částečně na zhutněný povrch lehkého kameniva z expandovaného jílu, překrytý zhutněnou vrstvou zeminy. Pokud se obvodové hrázky nebudou zřizovat přímo na vrstvě lehkého kameniva z expandovaného jílu, není nutné pod ně vkládat separační geotextilii.

Technologie přepravy lehkého kameniva z expandovaného jílu, jeho ukládání a hutnění musí být popsána v technologickém předpisu (TePř).

Schéma uspořádání násypu vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu s roznášecími vrstvami zemin je na obrázku P2.1, detail uspořádání vrstvy na kontaktu s povrchem násypu na obrázku P2.2 v příloze 2.

3.1.3 Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu bez roznášecích vrstev zeminy

Výstavba násypu z lehkého kameniva z expandovaného jílu pouze kulovitěho tvaru je možná u nízkých násypů (do 2 m výšky), u kterých se hutnění provádí po vrstvách obvykle nepřesahujících 0,5 m, pomocí buldozeru a lehkými vibračními deskami. Příprava podloží, obvodových hrázek a ukončení koruny násypu je stejná jako u násypů budovaného s roznášecími vrstvami zeminy.

Drcené lehké kamenivo z expandovaného jílu, které má širší frakci, je stabilnější než lehké kamenivo sférického tvaru. Z tohoto materiálu je možné stavět násypy libovolné výšky bez roznášecích vrstev

zeminy (viz obrázek P2.3 v příloze 2). V České republice se však drcené lehké kamenivo z expandovaného jílu pro potřeby výstavby vylehčených násypů nedodává.

3.1.4 Aktivní zóna a zemní pláš

Po dosypání násypového tělesa do úrovně parapláně, tj. 0,5 m pod zemní pláš, se překryje povrch lehkého kameniva z expandovaného jílu separační geotextilií a přesype se vrstvou zemin vhodné pro aktivní zónu o mocnosti 0,25 m, která se zhutní lehkými hutnicími prostředky. Použití těžkých vibračních válců musí být prokázáno zhutňovací zkouškou. Druhá vrstva aktivní zóny o mocnosti 0,25 m se zhutní běžnými hutnicími prostředky. Zemní pláš musí splňovat požadavky projektové dokumentace a ČSN 73 6133 (míra zhutnění, modul přetvárnosti).

3.1.5 Přejíhová oblast

Pro výstavbu přejíhové oblasti z lehkého kameniva z expandovaného jílu platí stejné zásady, jaké jsou uvedeny v čl. 3.1.2. Vzhledem k vysoké propustnosti lehkého kameniva je možné vypustit plošný svislý drén u opěry, který se obvykle buduje z písku nebo štěrku. Lehké kamenivo z expandovaného jílu lze nasypat přímo ke konstrukci opěry. Ochranná geotextilie na konstrukci se zachová. Roznášecí (dělicí) vrstva zeminy mezi vrstvami lehkého kameniva z expandovaného jílu se ukončí 0,5 až 1,0 m od opěry, aby se zachovala průběžná odvodňovací funkce lehkého kameniva u opěry.

Schéma uspořádání přejíhové oblasti mostu vylehčené lehkým kamenivem z expandovaného jílu je na obrázku P2.4 v příloze 2.

3.2 Násyp vylehčený lehkým kamenivem z pěnového skla

3.2.1 Úprava podloží násypu

Před zahájením navázání lehkého kameniva z pěnového skla se podloží odhumusuje, urovná do předepsaného příčného sklonu (obvykle 3 %), přehutní a zhutnění se zkontroluje příslušnými zkouškami dle ČSN 73 6133. Pokud se vylehčený násyp buduje ve velmi nepříznivých podmínkách na extrémně stlačitelném podloží (rašelina, bahno) ponechává se podložní travní drn a na něj se pokládá vhodné geosyntetikum se separační, filtrační a výztužnou funkcí. Požadavky na geosyntetikum musí být určeny v projektové dokumentaci.

Před položením geosyntetika a následnou výstavbou násypu se v případě 3. geotechnické kategorie vždy vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací podloží. V případě 2. geotechnické kategorie je pro vybudování monitorovacího systému určující projektová dokumentace. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být součástí projektové dokumentace geotechnického monitoringu nejpozději ve stupni PDPS.

3.2.2 Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla s roznášecími vrstvami zeminy

Postup hutnění vrstvy z lehkého kameniva z pěnového skla označovaný v praxi jako „hutnění přes vrstvu“ je z pohledu křivky zrnitosti šetrnější a lze dosáhnout nižších objemových hmotností zhutněné vrstvy z lehkého pórovitého kameniva z pěnového skla.

Na podloží násypu se na obou okrajích (patách) násypu naveze a zhutní zemní hrázka o výšce max. 1,0 m. Pro tyto účely se jako nejvhodnější doporučuje použít písek s příměsí jemnozrnné zeminy, písek hlinitý (S-F, SM), štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy nebo štěrk hlinitý (G-F, GM). Lze použít i dobře zrněný písek nebo štěrk (SW, GW) podle ČSN 73 6133. Použití špatně zrněných štěrků (GP) do obvodových hrázek se nepřipouští. Pro vybudování vnějších hrázek lze rovněž použít jemnozrnnou zeminu upravenou pojivem (viz ČSN EN 16907-4 a ČSN 73 6133, čl. 4.3). Vnější líc zemní hrázky bude mít sklon svahu daný dokumentací pro příslušnou výškovou úroveň násypu. Sklon vnitřního svahu se upraví v závislosti na použité zemině, obvykle bude 1:1. Šířka obvodové hrázky bude činit min. 0,8 m ve směru kolmém na povrch svahu.

Na podloží násypu (mezi zemními hrázkami) se položí vhodný druh geotextilie a na ni se nasypou vrstvy lehkého kameniva z pěnového skla o mocnosti obvykle 0,3 až 0,5 m v závislosti na požadavcích projektové dokumentace. Po urovnání se vrstva lehkého kameniva z pěnového skla zhutní jedním pojezdem hutnicího prostředku bez vibrace (1 pojezd = přejezd tam a zpět). Pro hutnění vrstvy lehkého pórovitého kameniva z pěnového skla lze využít hladké zemní válce. Pro hutnění je zakázáno používání ježkových válců libovolné konstrukce.

Pokud bude na obvodové hrázky použitý štěrk o otevřené zrnitosti, položí se separační geotextilie i na vnitřní svahy hrázek. Volně navezené (nahrnuté) lehké kamenivo z pěnového skla se urovná dozerem nebo ručně. Alternativně je možné lehké kamenivo z pěnového skla ukládat do méně přístupných míst v big-bag vacích o objemu 1–3 m³. Bezprostředně na urovnanou vrstvu lehkého kameniva z pěnového skla se naveze vrstva zeminy o mocnosti 0,15 až 0,25 m.

Po navezení a urovnání roznášecí (dělicí) vrstvy zeminy na vrstvě z lehkého kameniva z pěnového skla začne její zhutňování válci, a to nejprve pojezdy bez vibrace a po cca 2 pojezdech (bude upřesněno zhutňovací zkouškou) již s vibrací. Při hutnění dochází k žádoucímu drcení zrn navezené frakce 32/63 na deklarovanou frakci lehkého kameniva z pěnového skla 0/63. Materiál po zhutnění vykazuje plynulejší křivku zrnitosti.

Další výšková úroveň obvodové hrázky bude nasypána částečně na stávající hrázky a částečně na zhutněný povrch z lehkého kameniva z pěnového skla překrytý zhutněnou vrstvou zeminy. Pokud se obvodové hrázky nebudou budovat přímo na vrstvě lehkého kameniva z pěnového skla, není třeba pod ně vkládat separační geotextilii.

Technologie přepravy lehkého kameniva z pěnového skla, jeho ukládání a hutnění musí být popsána v technologickém předpisu (TePř).

Schéma uspořádání násypu vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla je na obrázku P3.1, detail uspořádání vrstvy na kontaktu s povrchem násypu na obrázku P3.2 v příloze 3.

3.2.3 Výstavba vlastního tělesa vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla bez roznášecí vrstvy zeminy

Při použití stabilnějších „širších frakcí“ (0/63) lehkého kameniva z pěnového skla je možné stavět násypy bez roznášecích vrstev zeminy libovolné výšky (obrázek P3.3 v příloze 3), kde se hutnění provádí po vrstvách v rozmezí od 0,3 až 0,5 m pomocí nejvhodnější hutnicí techniky – středně těžkými vibračními válci o maximální hmotnosti 9 t nebo středně těžkými vibračními deskami o hmotnosti 350–450 kg. Použití konkrétní hutnicí techniky musí být ověřeno zhutňovací zkouškou. Příprava

podloží, obvodových hrázek a ukončení koruny násypu je stejná, jako u násypů z lehkého kameniva z pěnového skla zřizovaného s roznášecími vrstvami zeminy.

3.2.4 Aktivní zóna a zemní pláš

Po dosypání násypového tělesa do úrovně parapláně, tj. 0,5 m pod zemní pláš, se povrch lehkého kameniva z pěnového skla překryje separační geotextilií a přesype se vrstvou zemin vhodné pro aktivní zónu o mocnosti 0,25 m, která se zhutní lehkými hutnicími prostředky. Použití těžkých vibračních válců musí být prokázáno zhutňovací zkouškou. Druhá vrstva aktivní zóny o mocnosti 0,25 m se zhutní běžnými hutnicími prostředky. Zemní pláš musí splňovat požadavky projektové dokumentace a ČSN 73 6133 (míra zhutnění, modul přetvárnosti).

3.2.5 Přejíchodová oblast

Pro výstavbu přejíchodové oblasti z lehkého kameniva z pěnového skla platí stejné zásady jako pro násyp, jak je uvedeno v čl. 3.2.2. Vzhledem k vysoké propustnosti lehkého kameniva z pěnového skla je možné vypustit plošný svislý drén u opěry, který se obvykle buduje z písku nebo štěrku. Lehké kamenivo z pěnového skla lze nasypat přímo ke konstrukci opěry. Ochranná geotextilie se nemusí na konstrukci aplikovat. Roznášecí (dělicí) vrstva zeminy mezi vrstvami lehkého kameniva z pěnového skla se ukončí 0,5 až 1,0 m od opěry, aby se zachovala průběžná odvodňovací funkce lehkého kameniva z pěnového skla u opěry.

Schéma uspořádání přejíchodové oblasti mostu vylehčené lehkým kamenivem z pěnového skla je na obrázku P3.4 v příloze 3.

3.3 Násyp vylehčený polystyrénem EPS

3.3.1 Úprava podloží násypu

Podloží pod násypem z EPS bloků se odhumusuje a upraví do roviny. Povrch, na který se mají ukládat bloky EPS, musí být vodorovný. Na urovnané podloží se rozprostře vrstva písku, štěrku nebo štěrkodrti o maximální velikosti zrna 16 mm. Požadovaná rovinatost podkladní vrstvy je max. 10 mm na 3 m.

V případě extrémně měkkých a silně stlačitelných zemin v podloží se travní drn z povrchu neodstraňuje a terén se vyrovná vrstvou písku.

Před zahájením výstavby násypu vylehčeného polystyrénem se vždy vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací podloží. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být součástí projektové dokumentace geotechnického monitoringu nejpozději ve stupni PDPS.

3.3.2 Výstavba vlastního tělesa násypu z bloků EPS

Bloky polystyrénu EPS se ukládají po vrstvách. Bloky v nadložní vrstvě musí mít přesah min. 0,3 m tak, aby nevznikly průběžné spáry (systém jako u stavby zdi z cihel). Ve vodorovném směru musí mít minimální přesah jednotlivých bloků EPS 0,6 m. Směr pokládky bloků se střídá. Pokud se ve spodní vrstvě pokládaly bloky s delší stranou rovnoběžně s osou násypu, v následující vrstvě se bloky kladou kolmo na osu násypu. Uspořádání vrstev je patrné z obrázků P3.3 a P3.4 v příloze 3. Šířka svislých spár

nemá být větší než 5 mm. Maximální šířka se připouští 10 mm. Bloky lze řezat a rozměrově upravovat před jejich instalací.

Pro zabránění posunu EPS bloků mezi jednotlivými vrstvami se mezi bloky vkládají ocelové hmoždinky. Jejich počet závisí na velikosti bloků a klimatických podmínkách při výstavbě. Počet hmoždinek musí být specifikován v TePř.

Krajní řady EPS bloků se mezi sebou přikotví ocelovými tyčemi z běžné betonářské oceli (dle ČSN EN 10080), aby se zabránilo posunutí bloků větrem. Tyče jsou průměru min. 6 mm a takové délky, aby propojily dvě nad sebou ležící vrstvy bloků EPS. Délka ocelových tyčí musí být specifikována v TePř. V podélném směru se kotevní tyče instalují ve 2 m rozestupech.

Po vytvoření jádra násypu z EPS bloků se na svahy od spodu postupně nasype a zhutní vrstva zeminy (viz čl. 2.3.1) o minimální tloušťce 0,5 m (nad hranou bloku měřeno kolmo k povrchu svahu). Boční přísyp se zhutňuje malými hutnicemi prostředky (vibrační desky, malé válce do hmotnosti 6 t), aby nedošlo k přetížení a poškození (rozlámání) EPS bloků. Svah násypu vylehčeného bloky EPS má obvykle sklon 1:1,5 až 1:2.

V průběhu výstavby je zakázáno pojíždět po blocích polystyrénu v násypu, případně skladovat na nich jakýkoliv materiál.

3.3.3 Aktivní zóna a zemní pláň

Koruna násypu z EPS bloků se ukončí na úrovni parapláně (0,5 m pod zemní plání). Na parapláně se položí geosyntetické jílové těsnění (bentonitová matrace) nebo se na místě vybetonuje armovaná deska o tloušťce min. 0,10 m. Účelem těchto opatření je ochrana EPS bloků před chemickým poškozením při havárii cisterny s organickými rozpouštědly na vozovce.

Na vytvořenou ochrannou vrstvu se naveze a zhutní vhodná zemina aktivní zóny. Zemní pláň musí splňovat požadavky dle projektové dokumentace a ČSN 73 6133 (míra zhutnění, modul přetvárnosti).

3.3.4 Přejížděvací oblast

Přejížděvací oblast se buduje stejným způsobem jako vlastní násypové těleso. EPS bloky se osazují přímo do kontaktu s mostní opěrou a křídlovou zdí. Není třeba vytvářet plošný svislý drén. Odvodnění tělesa násypu v přejížděvací oblasti je dostatečně zajištěno spárami mezi bloky EPS.

3.4 Násyp vylehčený balíky pneumatik

Balíky pneumatik lze použít do nových konstrukcí i pro opravy existujících násypů (např. pro opravy svahových deformací). Návrhy násypových těles musí v PDPS posoudit jak vnitřní, tak celkovou stabilitu konstrukce. Rovněž musí obsahovat posouzení sedání pod násypem. Doporučuje se vyztužit bázi násypu. Nezbytnou součástí návrhu musí být i odvodnění podloží, které lze realizovat pomocí vertikálních drénů nebo využitím nejspodnější vrstvy balíků pneumatik, často umístěné pod terénem jako drenážní vrstva nebo jiným způsobem.

3.4.1 Úprava podloží násypu

Podloží pod násypem z balíků pneumatik se odhumusuje a upraví do roviny. Povrch, na který se budou ukládat balíky pneumatik, musí být vodorovný.

V případě extrémně měkkých a silně stlačitelných zemin v podloží se travní drn z povrchu neodstraňuje a terén se vyrovná vrstvou písku.

V případě výstavby násypu s první vrstvou z balíků pneumatik pod terénem, musí být zřízeno po stranách konstrukce pod úrovní terénu odvodnění (obrázek P5.2 v příloze 5).

Před zahájením výstavby násypu vylehčeného balíky pneumatik se vždy vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací podloží. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být součástí projektové dokumentace geotechnického monitoringu nejpozději ve stupni PDPS.

3.4.2 Výstavba vlastního tělesa násypu z balíků pneumatik

Balíky pneumatik se ukládají po vrstvách. Protože balíky pneumatik mají největší tuhost ve vertikálním směru (směrem do hloubky), musí být ukládány tak, aby tento směr byl rovnoběžný s maximálním zatížením. V praxi to znamená, že balíky se ukládají na plocho (hloubkový směr je vertikální).

Balíky by se měly ukládat tak, aby směr stlačení (ve směru délky), který odpovídá rovněž směru drátů, jimiž jsou balíky zajištěny, byl rovnoběžný se směrem maximálního uzavření (*confinement*) konstrukce.

Poškození drátu kolem balíků pneumatik se při řádném ukládání nepředpokládá. Pokud dojde k poškození drátů v budoucnu, po zabudování, vlivem koroze, pneumatiky zůstanou v konstrukci.

Nedoporučuje se na stavbě řezat nebo jinak poškozovat dráty, které zajišťují balíky pneumatik, protože může dojít k negativnímu ovlivnění důležitých vlastností balíků (propustnost, tření). Pokud dojde k poškození drátů, měly by se vzniklé mezery vyplnit suchým pískem nebo podobným materiálem.

Balíky pneumatik se ukládají po vrstvách. Balíky v nadložní vrstvě musí mít přesah minimálně polovinu délky balíku (min. 0,6 m) (systém jako u stavby zdi z cihel). Ve vodorovném směru musí být minimální přesah jednotlivých balíků pneumatik rovněž 0,6 m. Směr pokládky balíků se střídá. Pokud se ve spodní vrstvě pokládaly balíky s delší stranou rovnoběžně s osou násypu, v následující vrstvě se balíky kladou kolmo na osu násypu. Uspořádání vrstev balíků pneumatik je patrné z obrázku P5.3 v příloze 5.

Konstrukci z balíků pneumatik lze budovat s nebo bez výplně mezi balíky, v závislosti na aplikaci a požadovaných parametrech dle projektové dokumentace.

Konstrukce bez výplně mezi balíky zvyšuje propustnost vrstev z balíků pneumatik a snižuje zatížení působící na podloží. V případě balíků bez výplně je nutné celou konstrukci z balíků pneumatik "obalit" separační geotextilií, aby se zabránilo pronikání okolních zemin do této konstrukce.

Výplň mezi balíky má následující výhody:

- Zvyšuje se tření mezi balíky tím, že se minimalizuje vliv mezer mezi balíky, které mají původ v zakřivení balíků v rozích.
- Zvyšuje se vnitřní stabilita konstrukce.
- Snižuje se nerovnoměrné sedání mezi sousedními balíky.
- Minimalizuje se potenciál vymývání okolních zemin do konstrukce.
- Snižuje se dlouhodobý creep konstrukce.

Materiál, používaný k výplni mezer mezi balíky, musí být propustný a musí být tvořen zrnitým materiálem. Doporučuje se písek s příměsí jemnozrné zeminy, písek dobře zrněný, štěrk s příměsí jemnozrné zeminy a štěrk dobře zrněný (S3 S-F, S1 SW, G3 G-F, G1 GW). Doporučuje se, aby výplňový materiál měl optimální vlhkost dle zkoušky Proctor Standard. Proto je nutné do konstrukce většinou přidávat vodu. Prokládat výplňový materiál mezi každou vrstvu balíků pneumatik se nedoporučuje (hrozí zde riziko vzniku preferenčních smykových ploch).

Doporučuje se po každé třetí nebo čtvrté vrstvě zřídit roznášecí vrstvu ze zeminy v mocnosti 200–400 mm.

Svahy konstrukce z balíků pneumatik se překryjí vhodnou zeminou v tl. min. 0,5 m. Boční přísyp se zhutňuje malými hutnicími prostředky (vibrační desky, lehké válce do hmotnosti 6 t). Svah násypu vylehčeného balíky pneumatik má obvykle sklon 1:2. V případě návrhu strmějších svahů je nutné násyp vhodným způsobem vyztužit geosyntetiky nebo ocelovými sítěmi.

3.4.3 Aktivní zóna a zemní plášť

Koruna násypu z balíků pneumatik se ukončí 0,5 m pod bází aktivní zóny. Zde se zřídí ochranná vrstva z vhodné zeminy v tl. 0,5 m (viz čl. 2.3.1), která zamezí expozici pneumatik UV záření a zamezí pronikání vody do konstrukce. Lze použít rovněž zeminy upravené pojivy.

Na vytvořenou ochrannou vrstvu se naveze a zhutní vhodná zemina aktivní zóny. Zemní plášť musí splňovat požadavky dle projektové dokumentace a ČSN 73 6133 (míra zhutnění, modul přetvárnosti).

Celková mocnost ochranné vrstvy a aktivní zóny nad násypem z balíků pneumatik musí být minimálně 1,0 m.

3.4.4 Přejímová oblast

Přejímová oblast se buduje stejným způsobem jako vlastní násypové těleso. Balíky pneumatik se osazují přímo do kontaktu s mostní opěrou a křídlovou zdí. Není třeba vytvářet plošný svislý dren. Odvodnění tělesa násypu v přejímové oblasti je dostatečně zajištěno spárami mezi balíky pneumatik. Podmínkou je však odvodnění u paty konstrukce.

3.5 Násyp vylehčený drcenými pneumatikami

Drcené pneumatiky se používají zatím jen experimentálně v jádru vylehčených násypů.

3.5.1 Úprava podloží násypu

Před zahájením výstavby násypu s využitím drcených pneumatik se podloží odhumusuje, urovná do předepsaného příčného sklonu (obvykle 3 %), přehutní a zhutnění se zkontroluje příslušnými zkouškami dle ČSN 73 6133. Pokud se vylehčený násyp buduje ve velmi nepříznivých podmínkách na extrémně stlačitelném podloží (rašelina, bahno), ponechává se podložní travní drn a na něj se pokládá vhodné geosyntetikum se separační, filtrační a výztužnou funkcí. Požadavky na geosyntetikum musí být určeny v projektové dokumentaci.

Vrstva z drcených pneumatik se nepokládá bezprostředně na podloží násypu. Mezi podložím násypu a vrstvou z drcených pneumatik se zřídí alespoň jedna vrstva násypu ze zemin určených pro výstavbu tl. min. 0,5 m.

Před zahájením výstavby násypu vylehčeného drcenými pneumatikami se vždy vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací podloží. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být součástí projektové dokumentace geotechnického monitoringu nejpozději ve stupni PDPS.

3.5.2 Výstavba vlastního tělesa násypu s použitím drcených pneumatik

Drcené pneumatiky se používají pouze do jádra násypu a ukládají se za obvodové hrázky. Obvodové hrázky slouží jako opora vrstvy z drcených pneumatik a zabraňují vodorovné deformaci těchto vrstev. Na zhutněné podloží násypu se na obou okrajích (patách) násypu naveze a zhutní zemní hrázka o výšce max. 1,0 m. Rozměry zemní hrázky stanoví projektová dokumentace a upřesní se na základě provedené zhutňovací zkoušky a použité techniky na stavbě. Do hrázky lze použít zeminu popsanou v čl. 2.3.1. Vnější líc hrázky bude zřízen ve skonu určeném v projektové dokumentaci pro příslušnou výškovou úroveň násypu. Sklon vnitřního svahu se upraví v závislosti na použité zemině. Obvykle se použije sklon 1:1. Šířka obvodové hrázky činí min. 0,8 m ve směru kolmém na povrch svahu.

Na podloží násypu mezi zemními hrázkami a na vnitřní povrch hrázky se položí separační geotextilie. Potom se mezi hrázky rozprostřou drcené pneumatiky v tloušťce max. 0,35 m a zhutní. Hutnění vrstvy drcených pneumatik se doporučuje následovně:

- doporučují se vibrační hladké válce s maximální hmotností do 10 t;
- maximální rychlost při hutnění 1,5–2,0 km/h;
- doporučuje se využít maximální frekvence vibrací, kterou umožňuje hutnicí technika;
- obvykle je nutné 6 až 9 pojezdů (tam a zpět).

Technologie hutnění a způsob kontroly zhutněné vrstvy musí vycházet ze zhutňovací zkoušky dle ČSN 72 1006.

Celková mocnost vrstev ze drcených pneumatik za hrázkami je max. 3 m. Potom se musí opět položit separační geotextilie a zřídit roznášecí vrstva z běžného násypového materiálu v tl. min. 0,5 m a zhutnit. Potom se mohou zřizovat další vrstvy z drcených pneumatik stejným způsobem s maximální mocností 3 m.

Do násypu lze použít i směs drcených pneumatik se zeminami, která se připraví mimo staveniště a potom se zabuduje do násypu. Mísení probíhá na stavbě s využitím riprů za dozery a výsledná směs nedosahuje takové homogenity jako v laboratorních podmínkách. Zabudování směsi zemin a drcených pneumatik do násypu probíhá stejným způsobem jako u drcených pneumatik bez příměsí zemin. Upozorňujeme, že používání směsi zemin a drcených pneumatik je teprve ve fázi experimentálního ověřování.

3.5.3 Aktivní zóna a zemní plášť

Koruna násypu z drcených pneumatik se ukončí 0,5 m pod bází aktivní zóny. Zde se zřídí ochranná vrstva z vhodné zeminy v tl. 0,5 m.

Na vytvořenou ochrannou vrstvu se naveze a zhutní vhodná zemina aktivní zóny v tl. 0,5 m. Zemní plášť musí splňovat požadavky dle projektové dokumentace a ČSN 73 6133 (míra zhutnění, modul přetvárnosti).

Celková mocnost všech vrstev nad jádrem násypu z drcených pneumatik musí být minimálně 1,0 m.

3.5.4 Přejížděcí oblast

Drcené pneumatiky se do přejížděcích oblastí nedoporučují.

4 Dodávka a skladování

4.1 Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu

Při dopravě lehkého kameniva z expandovaného jílu na stavbu nákladními vozidly se provedou taková opatření, aby nedocházelo k padání lehkého kameniva při přepravě a k jeho odnosu větrem (např. zakrytí korby) a segregaci během transportu. Na nákladním vozidle lze přepravovat pouze jednu frakci lehkého kameniva z expandovaného jílu.

Lehké kamenivo z expandovaného jílu se může dodávat i ve velkoobjemových vacích (big-bag).

Lehké kamenivo z expandovaného jílu, které se okamžitě po přivezení na stavbu nezabuduje, se musí skladovat na zpevněné ploše tak, aby nemohlo dojít k jeho znečištění, odplavení, segregaci apod.

4.2 Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla

Při dopravě lehkého kameniva z pěnového skla na stavbu nákladními vozidly se provedou taková opatření, aby nedocházelo k padání lehkého kameniva při přepravě a k jeho odnosu větrem (např. zakrytí korby) a segregaci během transportu. Na nákladním vozidle lze přepravovat pouze jednu frakci lehkého kameniva z pěnového skla.

Lehké kamenivo z pěnového skla se může dodávat i ve velkoobjemových vacích (big-bag).

Lehké kamenivo z pěnového skla, které se okamžitě po přivezení na stavbu nezabuduje, se musí skladovat na zpevněné ploše tak, aby nemohlo dojít k jeho znečištění, odplavení, segregaci apod.

4.3 Bloky polystyrénu EPS

Bloky polystyrénu se dopravují na stavbu ve velkoobjemových nákladních vozidlech. Při přepravě nesmí dojít k rozbíjení bloků, ulomení rohů nebo k jinému poškození. Nakládka a vykládka bloků EPS se musí provádět opatrně s ohledem na jejich křehký charakter.

Pokud se na stavbě EPS bloky okamžitě nezabudují, je nutné je uskladnit do suchého zastřešeného skladu se zpevněnou rovinnou plochou. Bloky z EPS je nutné chránit před otevřeným ohněm a před odcizením.

4.4 Balíky pneumatik

Balíky pneumatik se dopravují na stavbu ve velkoobjemových nákladních vozidlech. Při přepravě nesmí dojít k poškození drátů zajišťujících jednotlivé balíky. Při nakládce a vykládce balíků pneumatik se nesmí balíky upevňovat pro manipulaci za zajišťující dráty. Pro nakládku a vykládku balíků pneumatik a pro manipulaci s nimi se doporučují speciální drapákové nakladače (*brick grab*) nebo vysokozdvíže vozíky.

Pokud se na stavbě balíky pneumatik okamžitě nezabudují, je nutné je uskladnit do suchého zastřešeného skladu se zpevněnou rovinnou plochou. Doporučuje se balíky pneumatik uložit na palety. Balíky pneumatik je nutné chránit před UV zářením a otevřeným ohněm.

4.5 Drcené pneumatiky

Při dopravě drcených pneumatik na stavbu nákladními vozidly se provedou taková opatření, aby nedocházelo k jejich padání při přepravě (např. zakrytím korby).

Pokud se na stavbě drcené pneumatiky okamžitě nezabudují, je nutné je uskladnit do suchého zastřešeného skladu se zpevněnou rovinnou plochou. Drcené pneumatiky je nutné chránit před UV zářením a otevřeným ohněm.

5 Průkazní zkoušky

5.1 Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu

Lehké kamenivo z expandovaného jílu musí být dodáno s prohlášením o vlastnostech a protokoly zkoušek typu (průkazních zkoušek).

Zkoušky typu lehkého kameniva vyrobeného z expandovaného jílu se provádějí v rozsahu dle ČSN EN 15732. Přehled požadavků na lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu, včetně zkušebních postupů (norem), pro použití ve vylehčeném násypu, je uveden v tabulce 2 (čl. 2.3.2.). Protokoly průkazních zkoušek nesmí být starší než 6 měsíců.

Nezbytnou součástí průkazních zkoušek je zhutňovací zkouška na roznášecí vrstvě dle ČSN 72 1006, přílohy H (v praxi na stavbě před zahájením dodávek).

Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

5.2 Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla

Lehké kamenivo z pěnového skla musí být dodáno s prohlášením o vlastnostech a protokoly zkoušek typu (průkazních zkoušek).

Zkoušky typu lehkého kameniva vyrobeného z pěnového skla se provádějí v rozsahu dle ČSN EN 13055. Přehled požadavků na lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla, včetně zkušebních postupů (norem), pro použití ve vylehčeném násypu, je uveden v tabulce 3 (čl. 2.3.3.). Protokoly průkazních zkoušek nesmí být starší než 6 měsíců.

Nezbytnou součástí průkazních zkoušek je zhutňovací zkouška na roznášecí vrstvě dle ČSN 72 1006, přílohy H.

Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

5.3 Bloky polystyrénu EPS

Bloky EPS musí být dodány s prohlášením o vlastnostech a protokoly průkazních zkoušek ve smyslu čl. 2.3.4. Rozměry dodaných bloků musí splňovat toleranční meze dle tabulky 4 (čl. 2.3.4). Průkazní zkoušky musí zahrnovat výsledky zkoušek pevnosti v prostém tlaku na krychlích 200 × 200 mm. Zkoušky

se provádí v souladu s ČSN EN 826 a ČSN EN 14933. Protokoly průkazních zkoušek nesmí být starší než 6 měsíců.

Nezbytnou součástí průkazních zkoušek je zhutňovací zkouška na materiálu obsypu dle ČSN 72 1006, přílohy H.

Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

5.4 Balíky pneumatik

Balíky pneumatik musí být dodány s prohlášením o vlastnostech a protokoly průkazních zkoušek ve smyslu čl. 2.3.5. Přehled požadavků na balíky pneumatik, včetně zkušebních postupů (norem), pro použití ve vylehčeném násypu, je uveden v tabulce 7 (čl. 2.3.5.). Zkoušky se provádí v souladu s PAS 108. Protokoly průkazních zkoušek nesmí být starší než 6 měsíců.

Nezbytnou součástí průkazních zkoušek je zhutňovací zkouška na roznášecí vrstvě dle ČSN 72 1006, přílohy H.

Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

5.5 Drcené pneumatiky

Drcené pneumatiky musí být dodány s prohlášením o vlastnostech a protokoly průkazních zkoušek ve smyslu čl. 2.3.6. Přehled požadavků na drcené pneumatiky pro použití ve vylehčeném násypu je uveden v tabulce 8 (čl. 2.3.6.). Zkoušky se provádí v souladu se španělskými postupy CEDEX. Protokoly průkazních zkoušek nesmí být starší než 6 měsíců.

Nezbytnou součástí průkazních zkoušek je zhutňovací zkouška na roznášecí vrstvě dle ČSN 72 1006, přílohy H.

Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

6 Kontrolní zkoušky

6.1 Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu

6.1.1 Odběr vzorků a terénní měření

Kontrola zhutnění vrstvy lehkého kameniva z expandovaného jílu se provádí nepřímo přes roznášecí (dělicí) zemní vrstvu geodetickou metodou (ČSN 72 1006, příloha G). Zhutňovací zkouškou se stanoví typ hutnicího prostředku a počet pojezdů. Kritérium kvality zhutnění je stanoveno jako u kamenité sypaniny, tj. na 0,5 % stlačení souvrství zeminy a lehkého kameniva z expandovaného jílu po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku (u vrstvy lehkého kameniva z expandovaného jílu o mocnosti 0,8 m a 0,2 m zeminy nesmí stlačení po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku být vyšší než 5 mm). Proveďte se minimálně 1 geodetické měření na každé zhutněné vrstvě zeminy (min. 10 bodů) překrývající lehké kameniva z expandovaného jílu. Současně se na každé zemní vrstvě (min. jedno měření) ověří míra zhutnění, která musí splňovat hodnotu $\min D = 95 \% PS$ (Proctor Standard). Pokud je kritérium stlačení souvrství splněno, ale míra zhutnění není dosažena, dohutňuje se pouze

roznášecí vrstva zemin lehkým hutnicím prostředkem (vibrační deskou), aby při dodatečných pojezdech těžkého válce nedocházelo k drcení zrn lehkého kameniva z expandovaného jílu.

Zhutnění obvodových svahů (hrázek) se kontroluje běžným způsobem přímou metodou, stanovením objemové hmotnosti in-situ a porovnáním s výsledky zkoušky Proctor Standard. Na každých min. 50 m obvodové hrázky se provede minimálně jedno měření míry zhutnění.

6.1.2 Kontrolní zkoušky

Křivka zrnitosti naváženého lehkého kameniva z expandovaného jílu se zkontroluje po navezení každých 500 m³. Vzorek se odebírá z volně navezené (nasypané) vrstvy před zakrytím zemní vrstvou. Křivka zrnitosti lehkého kameniva z expandovaného jílu z vrstvy se od průkazní křivky zrnitosti nesmí odchýlit o více než $\pm 10 \%$.

Při nasypání vrstvy se kontroluje sypná hmotnost, která musí být uvnitř mezí předepsaných dokumentací. Provádí se 1 zkouška na 500 m³.

Sednutí vrstvy zeminy a lehkého kameniva z expandovaného jílu nesmí přesáhnout 0,5 % tloušťky obou vrstev po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku. Každé geodetické měření bude provedeno min. na 10 bodech. Z 10 měřených bodů je povoleno vyšší sedání než 0,5 % u dvou naměřených hodnot s tím, že průměr 0,5 % bude splněn. Způsob aplikace dodatečných pojezdů (typ hutnicího prostředku a jeho účinek) se upřesní zhutňovací zkouškou.

Kontrola zhutnění vrstvy zeminy (roznášecí vrstva, obvodové hrázky, přísypy) se provádí buď odběrem vzorků do válce, nebo měřením objemoměrem (membránovým, normovým pískem apod.) (viz ČSN 72 1006). Při používání homogenního materiálu pro roznášecí vrstvu se provede nejméně jedna zkouška zhutnitelnosti na 500 m³. Běžně se požaduje $D = \text{min. } 95 \% \text{ PS}$.

Aktivní zóna se kontroluje podle požadavků ČSN 73 6133 a/nebo ZTKP.

Ověření mocnosti jednotlivých vrstev lehkého kameniva z expandovaného jílu a zeminy se doporučuje provést dynamickou penetrační zkouškou z úrovně zemní pláně. Kritéria vyhodnocení dynamických penetračních zkoušek a jejich četnost musí být stanovena v projektové dokumentaci.

Přehled kontrolních zkoušek pro výstavbu vylehčeného násypu z lehkého kameniva z expandovaného jílu je uveden v tabulce 9.

Tabulka 9: Kontrolní zkoušky vylehčeného násypu z lehkého kameniva z expandovaného jílu

Vlastnost	Zkušební postup	Požadavek	Četnost
Křivka zrnitosti	ČSN EN 933-1	$\pm 10 \%$	1 \times 500 m ³
Sypná hmotnost	ČSN EN 1097-6, příloha C	v rámci mezí uvedených v dokumentaci	1 \times 500 m ³
Míra zhutnění souvrství z lehkého kameniva a roznášecí vrstvy zeminy o celkové výšce h	ČSN 72 1006	0,5 % h	1 \times 1000 m ³
Objemová hmotnost zeminy (roznášecí vrstva, obvodové hrázky, přísypy)	ČSN 72 1010	95 % PS	1 \times 50 m hrázky, nebo 1 \times 500 m ³

6.2 Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla

6.2.1 Kontrolní zkoušky

Kontrolní zkoušky podloží násypu musí splňovat požadavky ČSN 73 6133.

Kontrolní zkoušky materiálů (lehké kamenivo z pěnového skla) ověřují shodu s výsledky zkoušek typu dle požadavků čl. 2.3.3 a tabulky 4. Četnost kontrolních zkoušek se stanoví v kontrolním a zkušebním plánu dle konkrétních podmínek dané stavby.

Kontrolní zkoušky vrstev vylehčeného násypu z lehkého kameniva z pěnového skla jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Kontrolní zkoušky vrstev vylehčeného násypu z lehkého kameniva z pěnového skla

Vlastnost	Zkušební postup	Požadavek	Minimální četnost
Vlhkost lehkého kameniva z pěnového skla	ČSN EN 1097-5	max. 5 %	500 m ³
Objemová hmotnost vylehčující vrstvy	ČSN 72 1010	max. 300 kg·m ⁻³	500 m ³
Míra zhutnění zeminy roznášecí vrstvy ¹⁾	ČSN 72 1006	95 % PS	1000 m ³
Relativní ulehlost vylehčující vrstvy I_D min.	ČSN 72 1018	0,7	500 m ³
Relativní ulehlost zeminy roznášecí vrstvy I_D min. ¹⁾	ČSN 72 1018	0,7	500 m ³
Průměrná tloušťka vylehčující vrstvy a roznášecí vrstvy zeminy	kopaná sonda	min. 0,9 h	dle KZP

¹⁾ Dle charakteru materiálu se zvolí buď míra zhutnění nebo relativní ulehlost.

6.3 Bloky polystyrénu EPS

Pevnost EPS bloků se kontroluje na vzorcích odebraných náhodně vybraných bloků. Na 1000 m³ EPS bloků v násypu se odebere 5 vzorků. Z každého vzorku se vyříznou 3 zkušební tělesa ve tvaru krychle o délce hrany 200 mm. Zkouška pevnosti v tlaku se provádí rychlostí 1% přetvoření za minutu (ČSN EN 826).

Kontrolní zkoušky zeminy obsypu EPS bloků se provádí ve stejné frekvenci a stejnou metodikou jako u násypu vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu.

Zkoušky aktivní zóny a zemní pláň se provádí podle ČSN 73 6133 a/nebo ZTKP.

6.4 Balíky pneumatik

Kontrolní zkoušky balíků pneumatik zahrnují kontrolu parametrů deklarovaných dle tabulky 7 v čl. 2.3.5. Na stavbě se při každé dodávce kontroluje neporušenost drátů zajišťujících balíky (vizuálně). Způsob prokazování kontroly musí být stanoven v technologickém předpisu (TePř).

Kontrolní zkoušky zeminy obsypu balíků pneumatik se provádí ve stejné frekvenci a stejnou metodikou jako u násypu vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu.

Zkoušky aktivní zóny a zemní pláň se provádí podle ČSN 73 6133 a/nebo ZTKP.

6.5 Drcené pneumatiky

Kontrola zhutnění vrstvy z drcených pneumatik se provádí nepřímo přes roznášecí (dělicí) zemní vrstvu geodetickou metodou (ČSN 72 1006, příloha G). Zhutňovací zkouškou se stanoví typ hutnicího prostředku a počet pojezdů. Kritérium kvality zhutnění je stanoveno jako u kamenité sypaniny, tj. na 0,5% stlačení souvrství zeminy a drcených pneumatik po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku (u vrstvy drcených pneumatik o mocnosti 0,8 m a 0,2 m zeminy nesmí stlačení po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku být vyšší než 5 mm). Proveďte se minimálně 1 geodetické měření na každé zhutněné vrstvě zeminy (min. 10 bodů) překrývající drcené pneumatiky. Současně se na každé zemní vrstvě (min. jedno měření) ověří míra zhutnění, která musí splňovat hodnotu $D = \min. 95 \% PS$ (Proctor Standard).

Zhutnění obvodových svahů (hrázek) se kontroluje běžným způsobem přímou metodou, stanovením objemové hmotnosti in-situ a porovnáním s výsledky zkoušky Proctor Standard. Na každých min. 50 m obvodové hrázky se provede minimálně jedno měření míry zhutnění.

7 Přípustné odchylky

7.1 Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu

U křivky zrnitosti lehkého kameniva z expandovaného jílu se připouští tolerance dle čl. 2.3.2, tj. podsítné do 10 % a nadsítné do 15 % od teoretické křivky zrnitosti. Překročení uvedených mezí je možné u max. 10 % kontrolovaných vzorků. Objemová hmotnost musí být uvnitř předepsaných mezí.

U geodetického měření je u 10 měřených bodů povoleno vyšší sedání než 0,5 % u jednoho měřeného bodu s tím, že průměr 0,5 % bude splněn.

Míra zhutnění zeminy roznášecích vrstev a obsypu svahu nesmí v žádném místě klesnout pod 95 % PS. Pokud se naměří nižší hodnoty míry zhutnění, je nutné taková místa dohutnit.

7.2 Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla

Objemová hmotnost musí být uvnitř předepsaných mezí.

U geodetického měření je u 10 měřených bodů povoleno vyšší sedání než 0,5 % u jednoho měřeného bodu s tím, že průměr 0,5 % bude splněn.

Zhutnění zeminy roznášecích vrstev a obsypu svahu nesmí v žádném místě klesnout pod 95 % PS. Pokud se naměří nižší hodnoty míry zhutnění, je nutné taková místa dohutnit.

7.3 Bloky polystyrénu EPS

Pro bloky polystyrénu EPS platí, následující tolerance v délce, šířce tloušťce uvedené v tabulce 11.

Tabulka 11: Příпустné tolerance v rozměrech bloků EPS

Rozměry délka/šířka	Tolerance délka/šířka	Tloušťka	Tolerance tloušťky
< 1200 mm	± 3 mm	≤ 600 mm	± 3 mm
1200–2400 mm	± 5 mm		
2400–3000 mm	± 7 mm		
> 3000 mm	± 10 mm		

Maximální přípustný rozdíl v povrchové rovnosti je 2 mm/m.

Svislé spáry mezi bloky EPS nesmí být větší než 10 mm.

Upravené podloží může mít nerovnosti nepřesahující 10 mm na délku 3 m.

7.4 Balíky pneumatik

Tolerance rozměrů balíků pneumatik je uvedena v tabulce 6 v čl. 2.3.5.

Svislé spáry mezi balíky pneumatik nesmí být větší než 10 mm.

7.5 Drcené pneumatiky

Tolerance pro drcené pneumatiky nejsou definovány.

8 Klimatická omezení

Vylehčené násypy lze stavět i při mírných dešťových srážkách a při teplotách pod bodem mrazu. Nedoporučuje se stavět při silných dešťových srážkách, sněžení a mrznoucím dešti.

9 Kontrolní měření, měření posunů a přetvoření

Vzhledem k tomu, že vylehčené násypy se používají pro stavbu na velmi stlačitelných zeminách, musí se výpočtem porovnat sedání násypu vybudovaného z běžné zeminy a násypu vylehčeného. Správnost předpovědi je vhodné ověřit kontrolním sledováním. Nezbytné je sledování sedání v celém příčném profilu pod násypem, doplněné o měření rozptylování pórového tlaku vody v zeminách v podloží. V případě nestabilních poměrů a pravděpodobnosti vzniku vodorovných deformací se doporučuje měřit horizontální pohyby uvnitř masivu inklinometry.

U násypů z polystyrénových bloků je požadováno sledovat stlačení spodních bloků pro ověření, zda nejsou překročena kritéria svislého přetvoření.

Ve zvláštních případech, kde projektové výpočty uvažovaly se sníženým zemním tlakem, se doporučuje ověření skutečných tlaků (na opěrnou konstrukci apod.).

Projekt monitoringu musí být zpracován v PDPS.

Příloha 1 Přehled zdrojů materiálů pro výrobu lehkého kameniva

Přehled zdrojů materiálů pro výrobu lehkého kameniva (viz tab. 4 CEN/TS 17438)

Skupina	Zdrojový materiál	Podskup.	Materiál pro výrobu lehkého kameniva (LWA)	Pozitivní příklady zamýšleného použití ^d	Specifické požadavky v normách	Dodatečné požadavky stanovené pro zařazení
LA	Přírodní lehké kamenivo (LWA)	LA1	Pemza (<i>pumice</i>)	U1, U2, U4	Ano	Ne
		LA2	Vulkanická struska (<i>scoria</i>)	U1, U2, U3, U4	Ano	Ne
		LA3	Tuf (<i>tuff</i>)	U1, U4	Ano	Ne
LB	Vyrobené lehké kamenivo (LWA) z přírodních zdrojů	LB1	Expandovaný jíl (<i>expanded clay</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
		LB2	Expandovaná břidlice (sedimentárního původu) (<i>expanded shale</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
		LB3	Expandovaná břidlice (metamorfního původu) (<i>expanded slate</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
		LB4	Expandovaný perlit (<i>expanded perlite</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
		LB5	Exfoliovaný vermikulit (<i>exfoliated vermiculite</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
LC	Vyrobené lehké kamenivo (LWA) z vedlejších produktů průmyslových procesů nebo z recyklátů	LC1	Spékaný popílek (<i>sintered fly ash</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ne
		LC2	Popílek pojený za studena (<i>cold bonded fly ash</i>)	U1, U2, U4	Ne	Ne
		LC3	Zpěněná vysokopecní struska (<i>foamed blast furnace slag</i>) ^a	U1, U2, U4	Ne	Ne
		LC4	Expandovaná peletizovaná vysokopecní struska (<i>expanded pelletized blast furnace slag</i>) ^a	U1, U2, U4	Ne	Ne
		LC5	Expandované sklo (<i>expanded glass</i>)	U1, U2, U3, U4	Ne	Ano
		LC6	Pěnové sklo (<i>foamed glass</i>)	U1, U4	Ne	Ano
LD	Lehké kamenivo (LWA) jako vedlejší produkt průmyslových procesů	LD1	Elektrárenská struska (<i>furnace clinker</i>) ^{b,c}	U1, U2, U4	Ano	Ne
		LD2	Škvára ((furnace) bottom ash (BA, FBA)) ^c	U1, U2, U3, U4	Ano	Ne
		LD3	Popílek (<i>fly ash</i> (FA, PFA)) ^c	U1, U2, U3, U4	Ano	Ne

^a Z výroby železa a oceli.

^b Popel z kotlů spalujících uhlí, které není rozmělněno (pulverizováno), známé jako roštové kotle nebo kotle se stálým přísunem paliva na mechanický rošt.

^c Z výroby elektřiny ze spalování uhlí.

^d Zamýšlené použití/aplikace, jak jsou definovány v tabulce 3 CEN/TS 17438.

Zamýšlené použití:

U1 – beton

U2 – malty a injektážní směsi

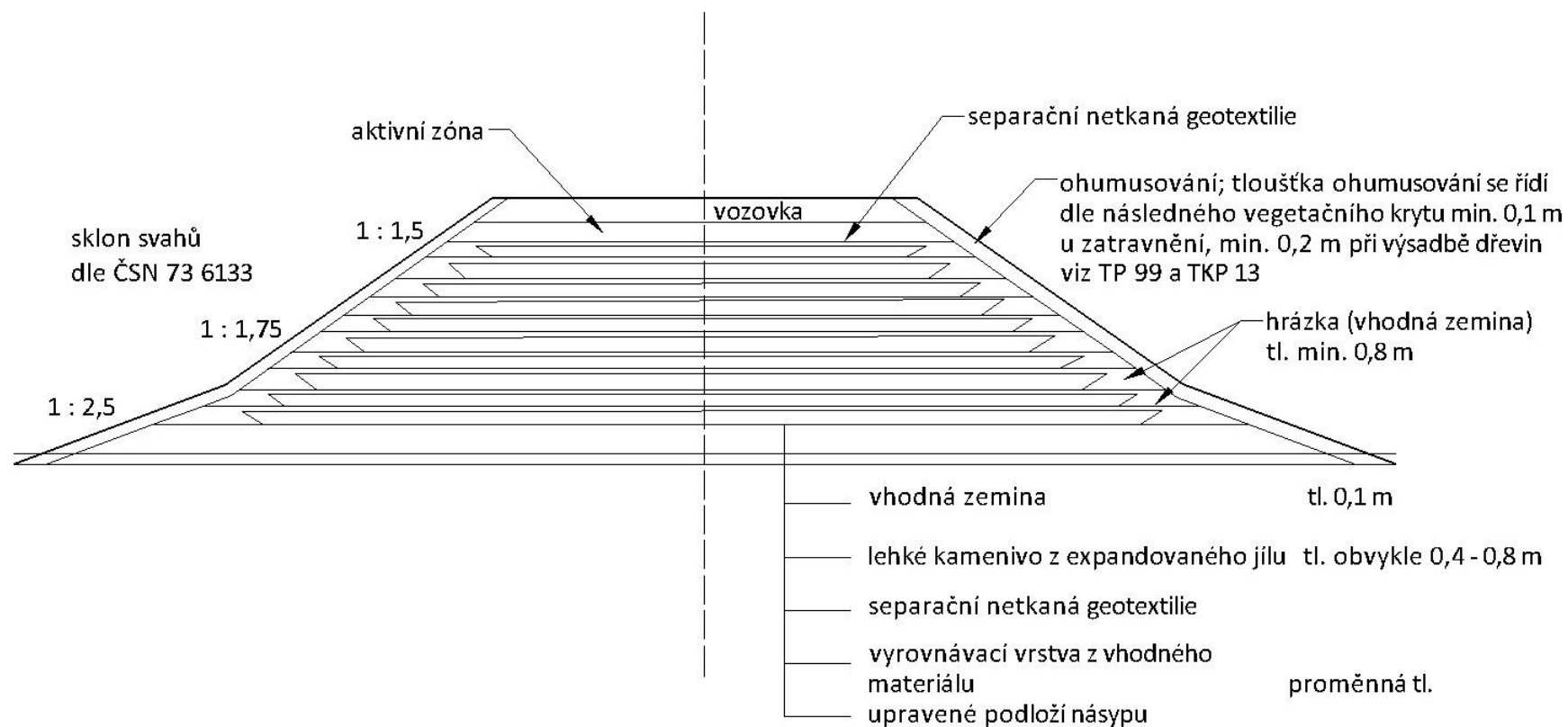
U3 – asfaltové směsi a povrchové úpravy

U4 – nestmelené a hydraulicky stmelené směsi (jiné než beton, malta nebo injektážní směs)

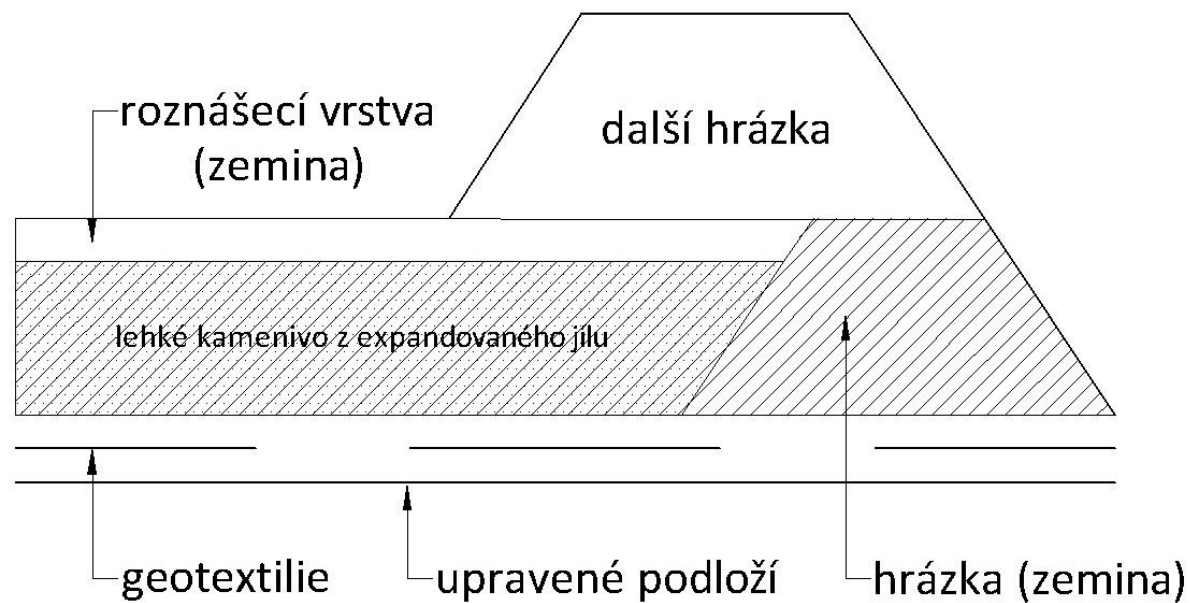
V TP 198 jsou popsány postupy výstavby a kontroly vylehčených násypů s využitím lehkého kameniva vyrobeného z expandovaného jílu a pěnového skla. Použití lehkého kameniva vyrobeného z jiného materiálu (viz tabulka 1 v příloze 1) pro vylehčení násypu je možné, za předpokladu splnění následujících požadavků:

- předložení příslušných dokladů k výrobku (lehké kamenivo);
- provedení zkoušek prokazujících environmentální nezávadnost;
- provedení zkoušek prokazujících smykovou pevnost a deformační vlastnosti tohoto materiálu;
- provedení zkoušek prokazujících dlouhodobou stálost lehkého kameniva, zejména z hlediska objemové stálosti;
- prokázání reálnosti výstavby vylehčeného násypu (např. na základě výsledků zkoušek a monitoringu zkušebního násypu);
- zpracování technologického předpisu, jak postupovat při výstavbě vylehčeného násypu;
- zpracování plánu kontrolních zkoušek a požadovaných parametrů.

Příloha 2 Lehké kamenivo vyrobené z expandovaného jílu



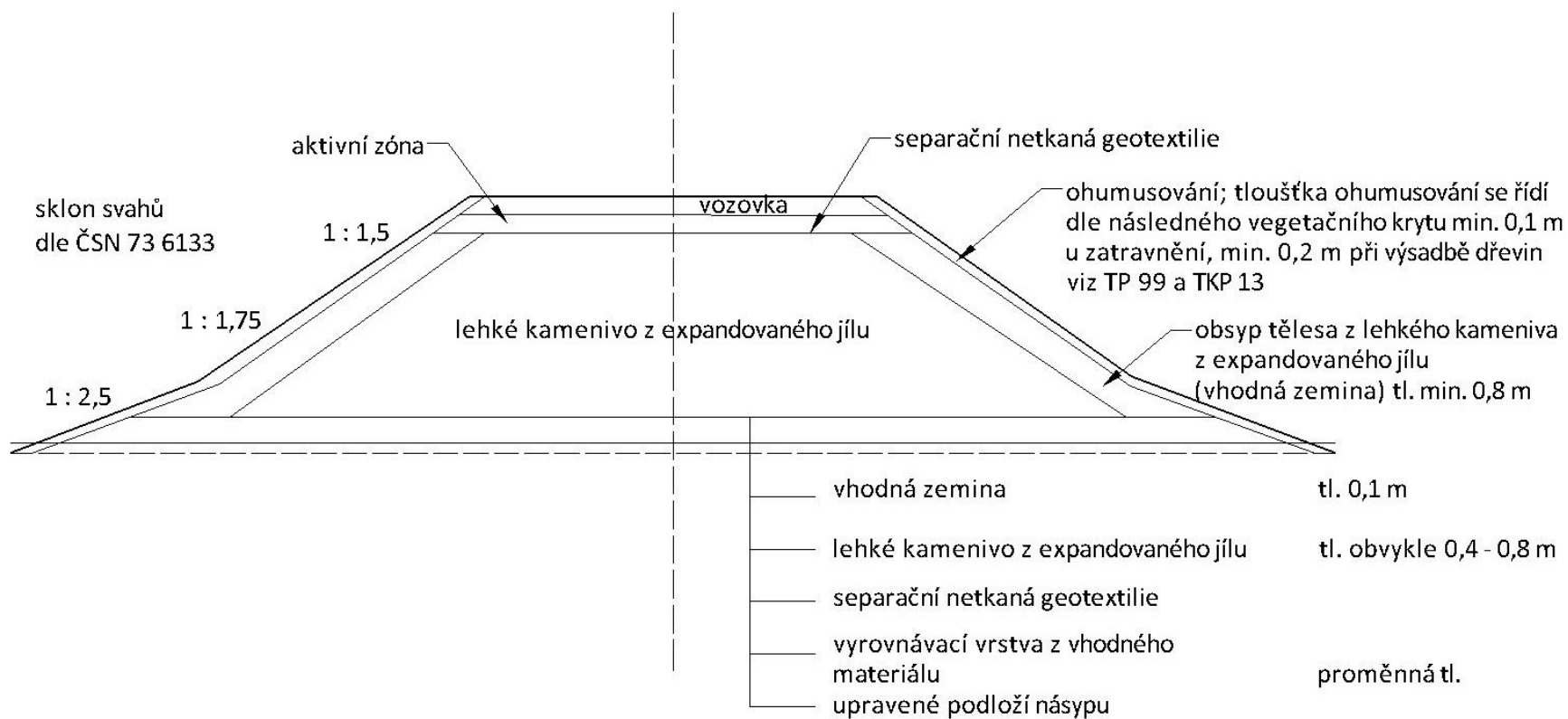
Obr. P2.1 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu. Kombinace vrstev lehkého kameniva z expandovaného jílu a zeminy



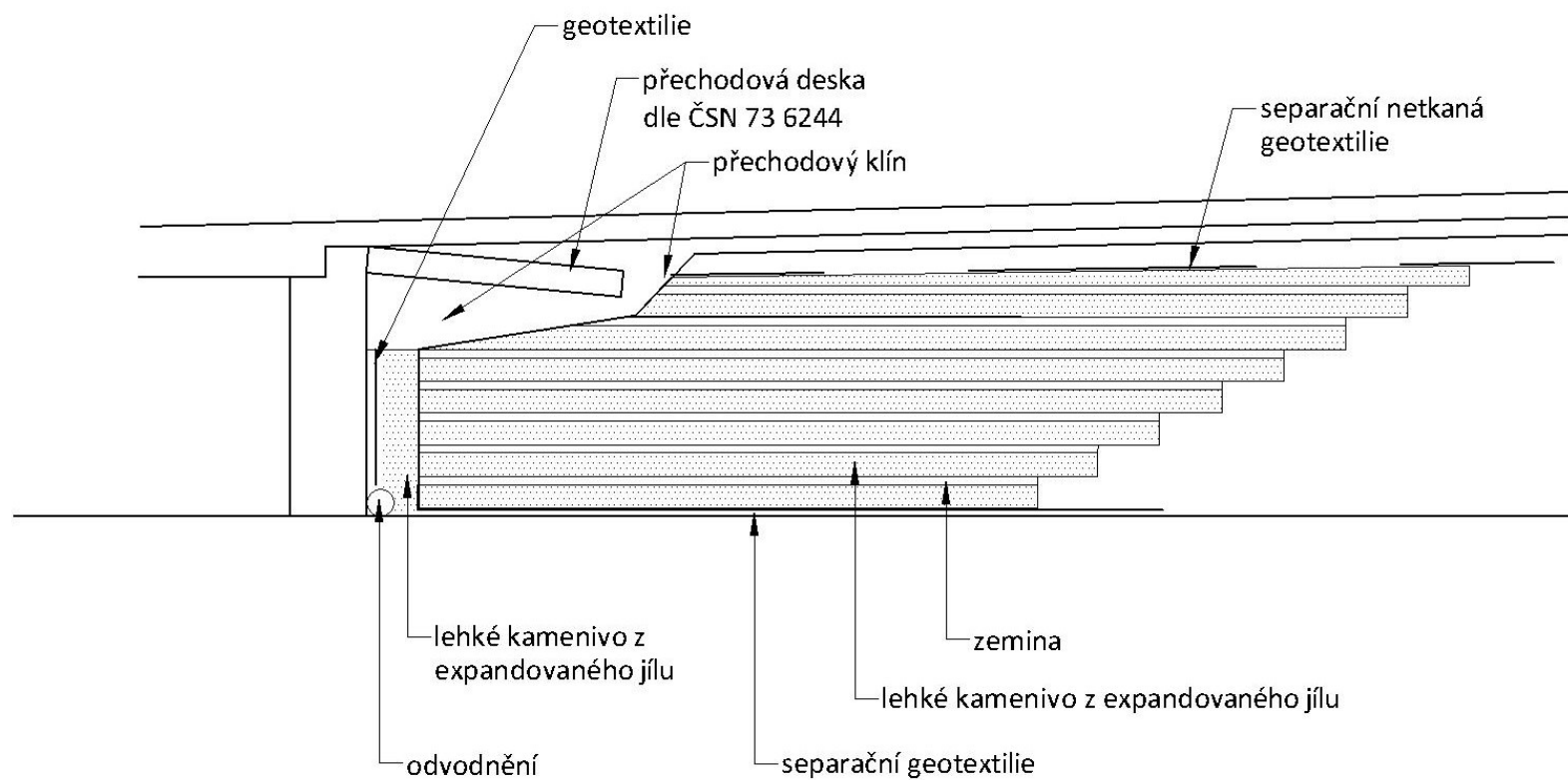
detail

Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniku jemných částic zeminy do lehkého kameniva. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zeminami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle čl. 4.1.4 ČSN 73 6133, není separační geotextilie nutná.

Obr. P2.2 Detail uspořádání vrstvy lehkého kameniva z expandovaného jílu a zeminy při zahájení výstavby vylehčeného zemního tělesa



Obr. P2.3 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného lehkým kamenivem z expandovaného jílu. Homogenní jádro násypu z lehkého kameniva z expandovaného jílu bez roznášecích vrstev zeminy



Obr. P2.4 Příklad podélného řezu vylehčené přechodové oblasti mostu pomocí lehkého kameniva z expandovaného jílu

Příloha 3 Lehké kamenivo vyrobené z pěnového skla

Stanovení relativní ulehlosti lehkého kameniva z pěnového skla frakce 0/63

Vzhledem ke specifickým vlastnostem materiálu lehkého kameniva z pěnového skla frakce 0/63 tato příloha podrobněji specifikuje a sjednocuje provádění laboratorní zkoušky stanovení relativní ulehlosti.

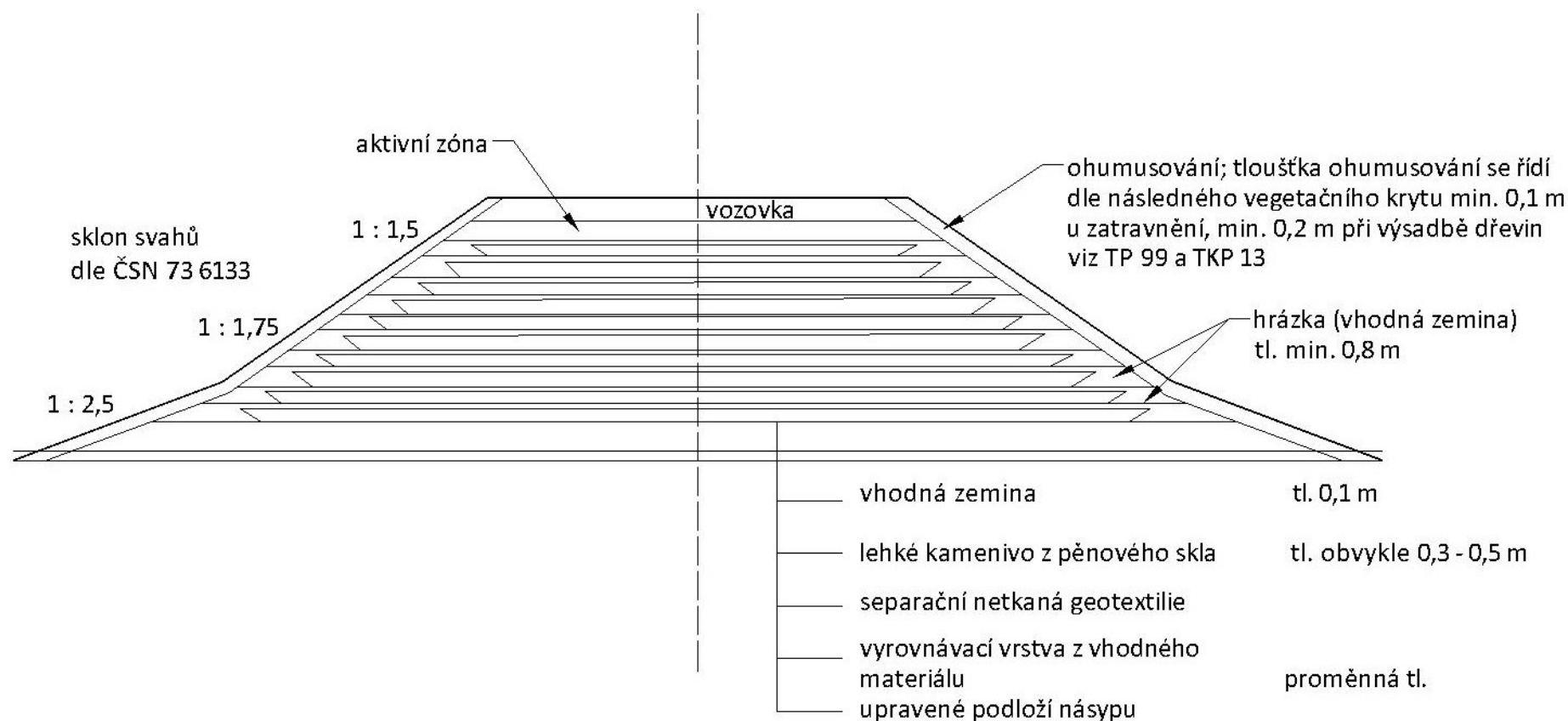
Postup laboratorní zkoušky se provádí dle ČSN 72 1018 s tím, že:

- 1) Objem odměrné nádoby musí být minimálně 14 litrů nebo větší. Lze použít zařízení uvedené v ČSN EN 13286-5.
- 2) V případě použití jiných zkušebních nádob než 20,0 litru (viz ČSN 72 1018) nebo 14,1 litru (viz ČSN EN 13286-5), musí být dodržen poměr 0,8 až 1,0 výšky ku šířce nádoby.
- 3) Zkušební vzorek se již nijak zrnitostně neupravuje.
- 4) Zkušební vzorek se do odměrné nádoby ukládá ručně po vrstvách. Orientační počet vrstev je 3 až 5. Každá vrstva se lehce ručně urovná.
- 5) Stanovení minimální a maximální ulehlosti se provádí pouze za sucha případně ve stavu přirozené vlhkosti.
- 6) Vzorek se podrobí vibracím po dobu 4 minut.
- 7) Zatížení povrchu vzorku musí odpovídat hodnotě $0,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. V případě použití laboratorního přístroje dle ČSN EN 13286-5 se pod zátěžku o hmotnosti $86,2 \pm 0,5 \text{ kg}$ vloží ocelová deska o takové hmotnosti, aby byl dosažen požadavek normy ČSN 72 1018.
- 8) Po skončení zkoušky ulehlosti se na zkušebním vzorku provede stanovení zrnitosti.

Protokol o zkoušce musí obsahovat:

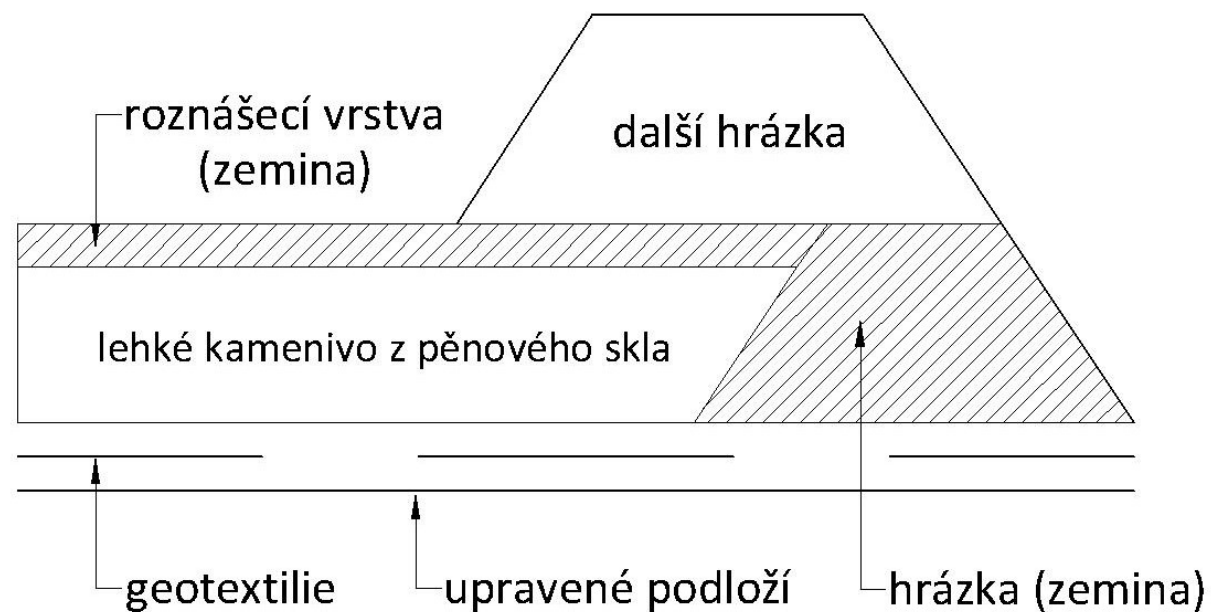
- Identifikace vzorku.
- Identifikace laboratoře.
- Datum zkoušky.
- Objem a rozměry odměrné nádoby.
- Hmotnost a rozměry zátěžky.
- Technické parametry vibračního stolu (frekvence, amplituda).
- Délku doby vibrování v minutách.
- Vlhkost vzorku.
- Počet vrstev vzorku při plnění nádoby.
- Výsledky stanovení zrnitosti po zkoušce ulehlosti.
- Naměřené hodnoty a výpočty.

Vzhledem k požadavku na velikost odměrné nádoby nemusí být tato zkouška prováděna v režimu akreditované zkoušky, ale všechny použité přístroje a měřidla musí mít provedenu kalibraci.



Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniků jemných částic zeminy do lehkého kameniva z pěnového skla. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zemínami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy v podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle 4.1.4. ČSN 73 6133, není separační geotextilie nutná.

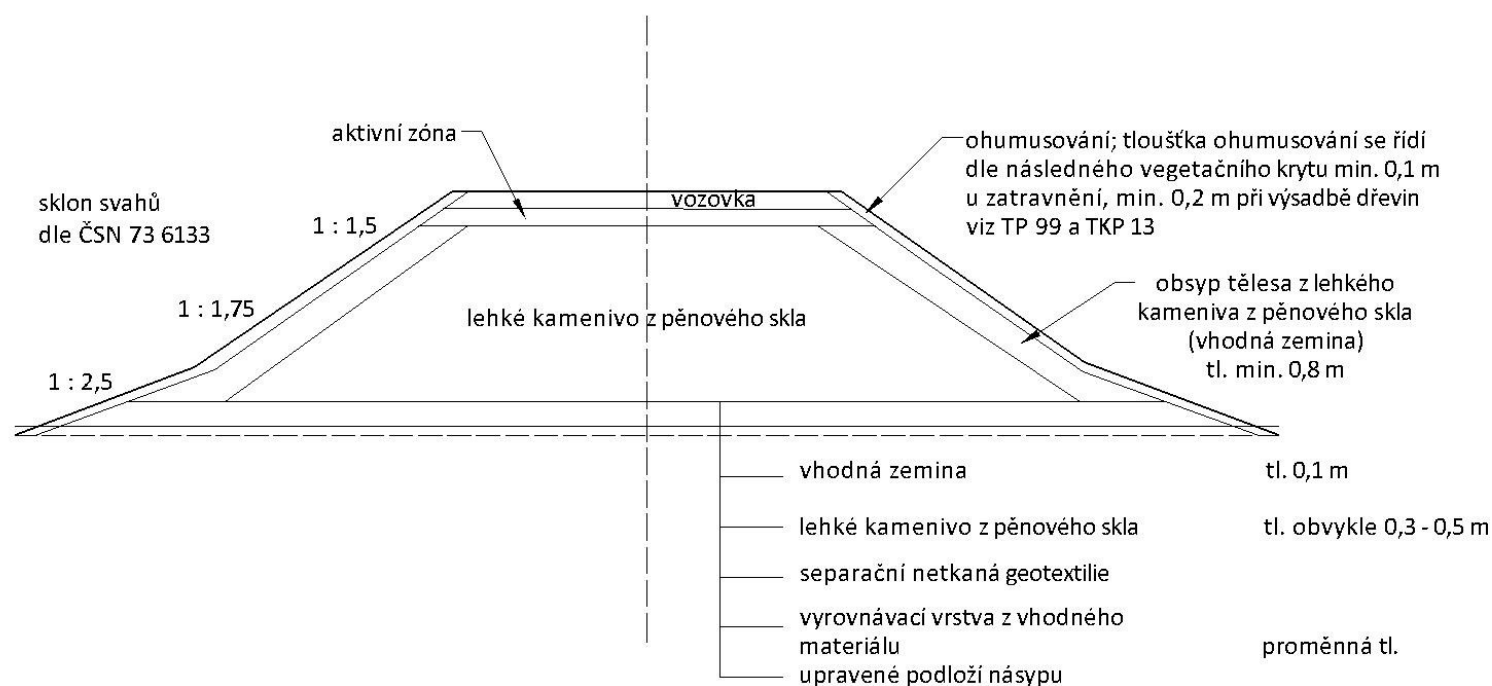
Obr. P3.1 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla. Kombinace vrstev lehkého kameniva z pěnového skla a zeminy



detail

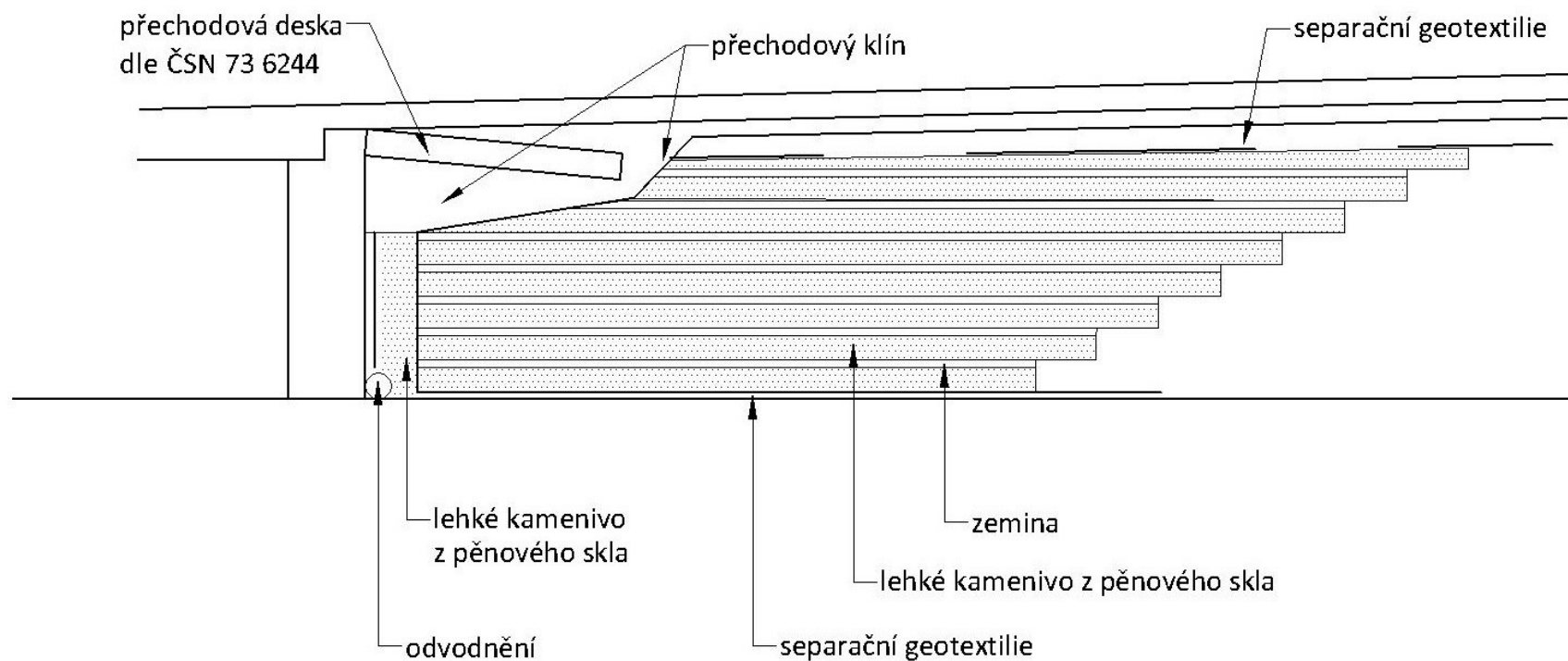
Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniku jemných částic zeminy do lehkého kameniva z pěnového skla. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zemínami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle 4.1.4. ČSN 73 6133, není separační geotextilie nutná.

Obr. P3.2 Detail uspořádání vrstvy lehkého kameniva z pěnového skla a zeminy při zahájení výstavby vylehčeného zemního tělesa



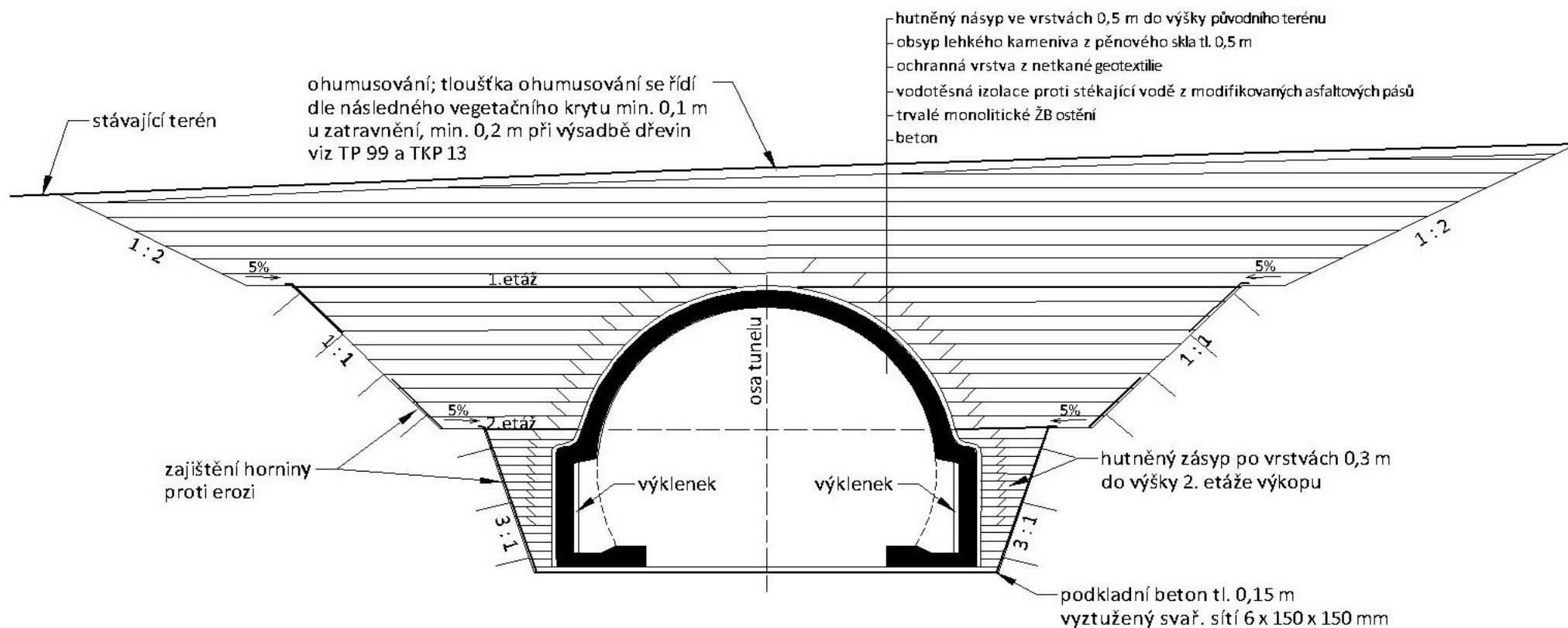
Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniku jemných částic zeminy do lehkého kameniva z pěnového skla. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zemínami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle 4.1.4. ČSN 73 6133, není separační geotextilie nutná.

Obr. P3.3 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného lehkým kamenivem z pěnového skla. Homogenní jádro násypu z lehkého kameniva z pěnového skla bez roznášecích vrstev zeminy



Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniku jemných částic zeminy do lehkého kameniva z pěnového skla. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zeminami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle 4.1.4. ČSN 73 6133, není separační geotextilie nutná.

Obr. P3.4 Příklad podélného řezu vylehčené přechodové oblasti mostu pomocí lehkého kameniva z pěnového skla

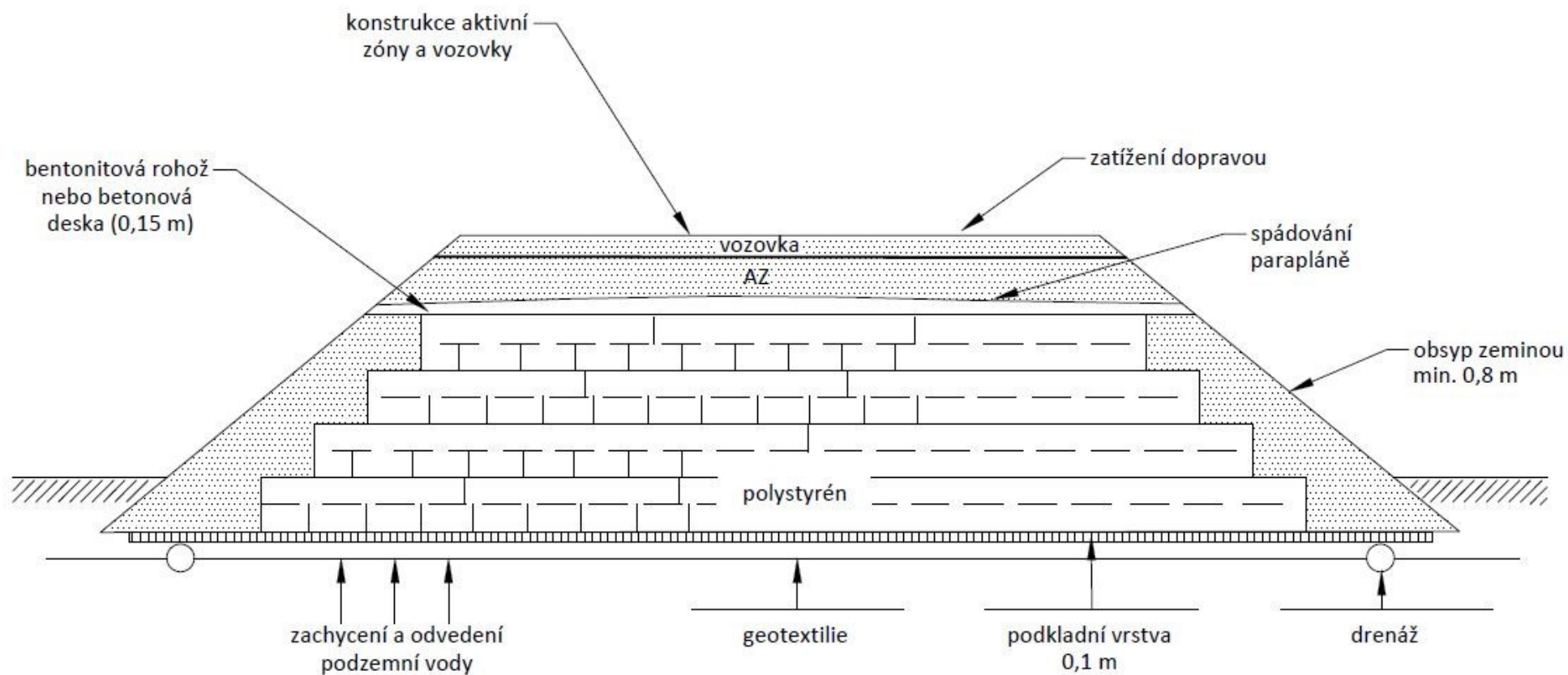


Poznámky

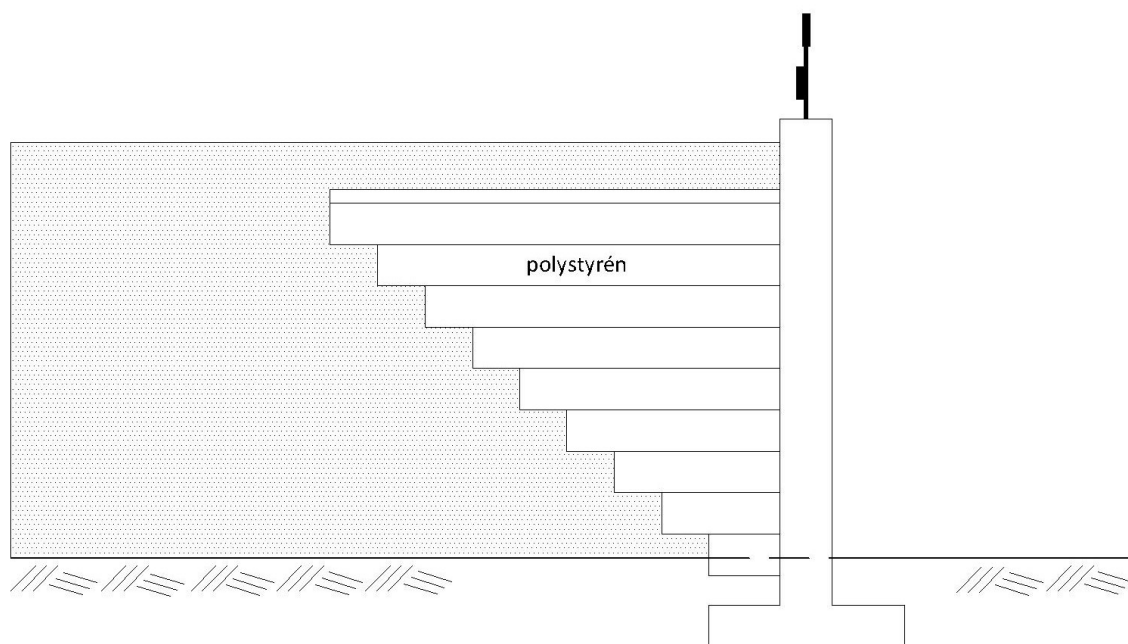
- 1) zásyp z lehkého kameniva z pěnového skla
- 2) zásyp musí být proveden symetricky
- 3) tloušťka vrstvy po 300 mm
- 4) ochranná vrstva tunelu obsypána vylehčeným zásypem z lehkého kameniva z pěnového skla s prosypáním zeminy

Obr. P3.5 Příklad podélného řezu hloubeného tunelu s vylehčeným násypem z lehkého kameniva z pěnového skla. Kombinace vrstev lehkého kameniva z pěnového skla a zeminy

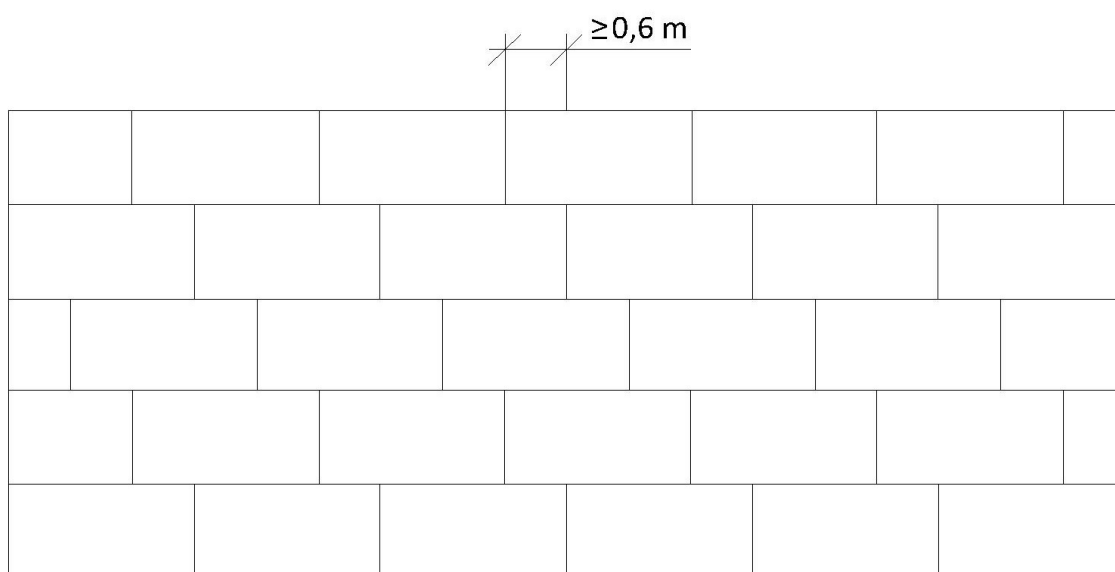
Příloha 4 Bloky polystyrénu EPS



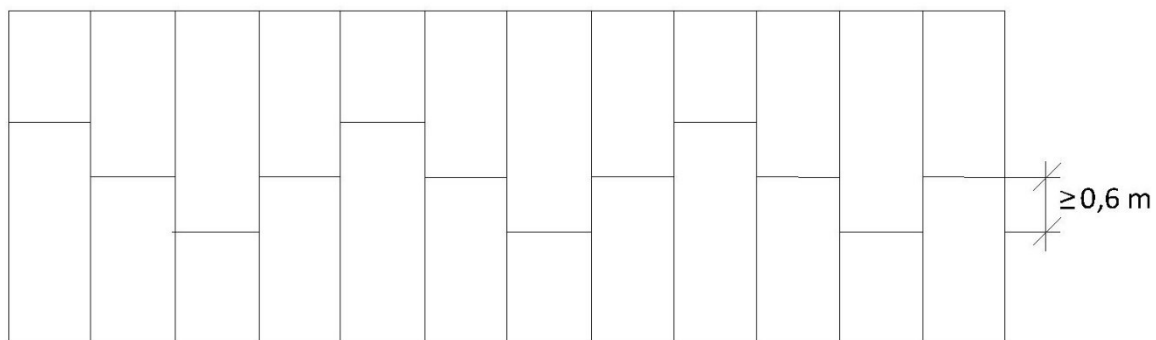
Obr. P4.1 Příklad příčného řezu násypem pozemní komunikace vylehčeného pomocí EPS



Obr. P4.2 Příklad redukce zemního tlaku na opěrnou konstrukci pomocí bloků EPS

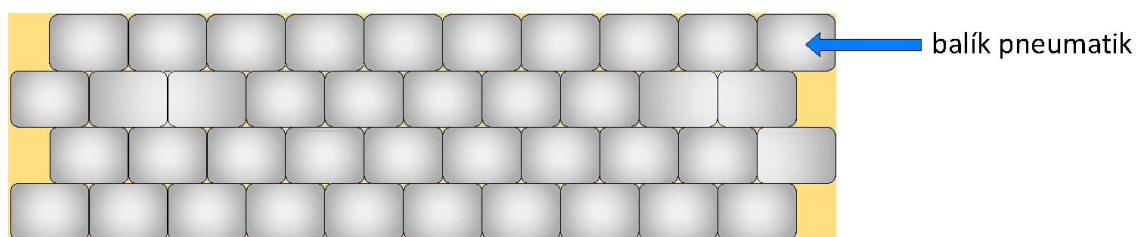


Obr. P4.3 Půdorys pokládky EPS bloků ve směru osy komunikace (1. vrstva)

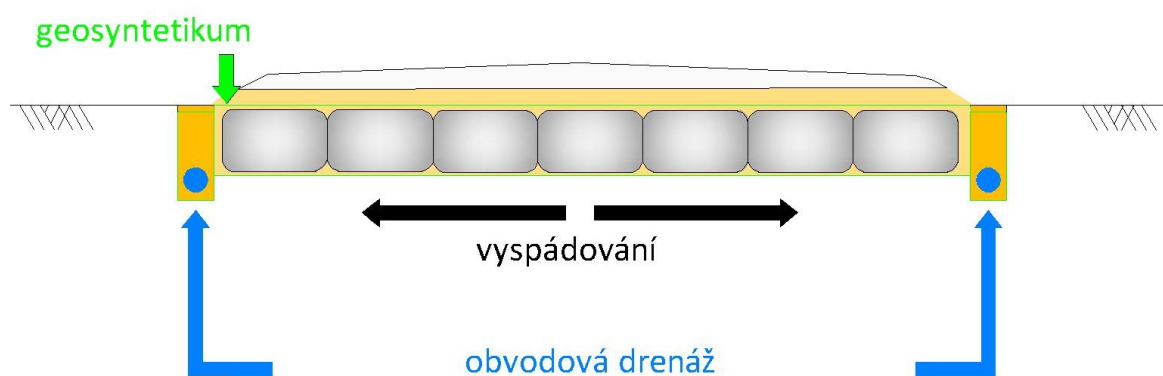


Obr. P4.4 Půdorys pokládky EPS bloků ve směru kolmém na osu komunikace (2. vrstva)

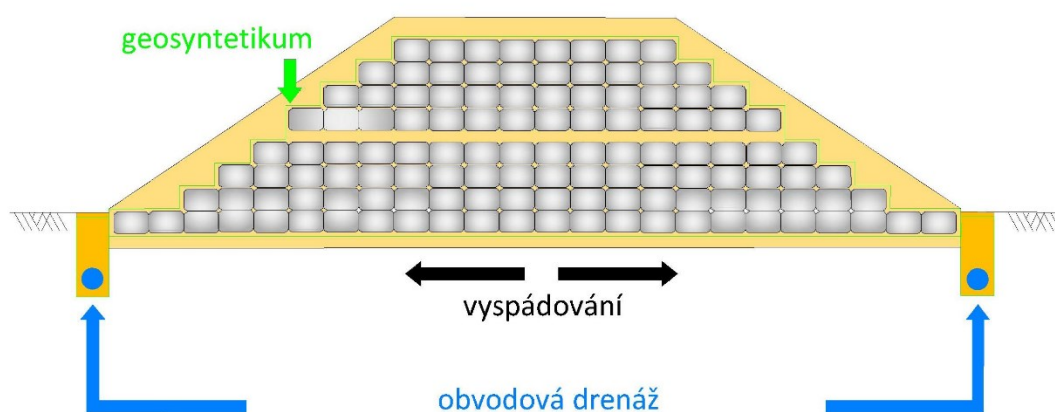
Příloha 5 Příloha 5 Balíky pneumatik



Obr. P5.1 Pokládka balíků pneumatik (pohled)

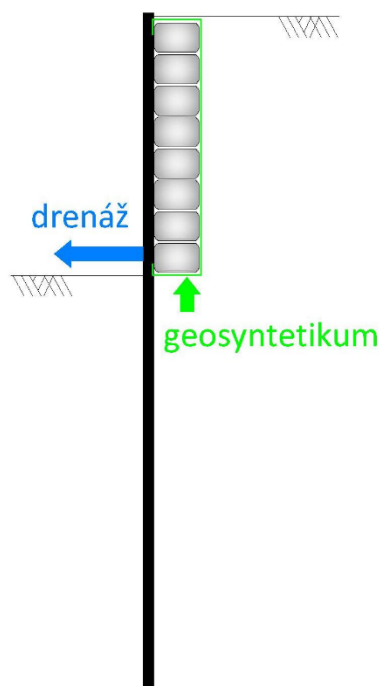


Obr. P5.2 Balíky pneumatik jako drenážní vrstva pod terénem

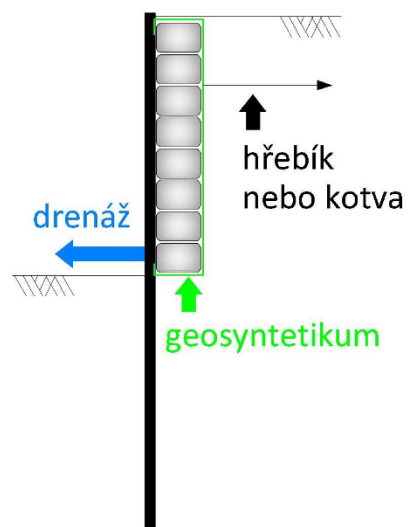


Obr. P5.3 Násyp budovaný z balíků pneumatik

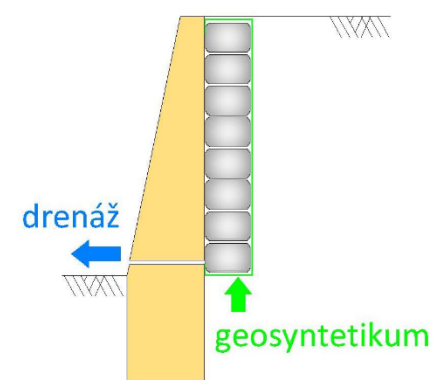
a) štětovnicová stěna



b) kotvená štětovnicová stěna

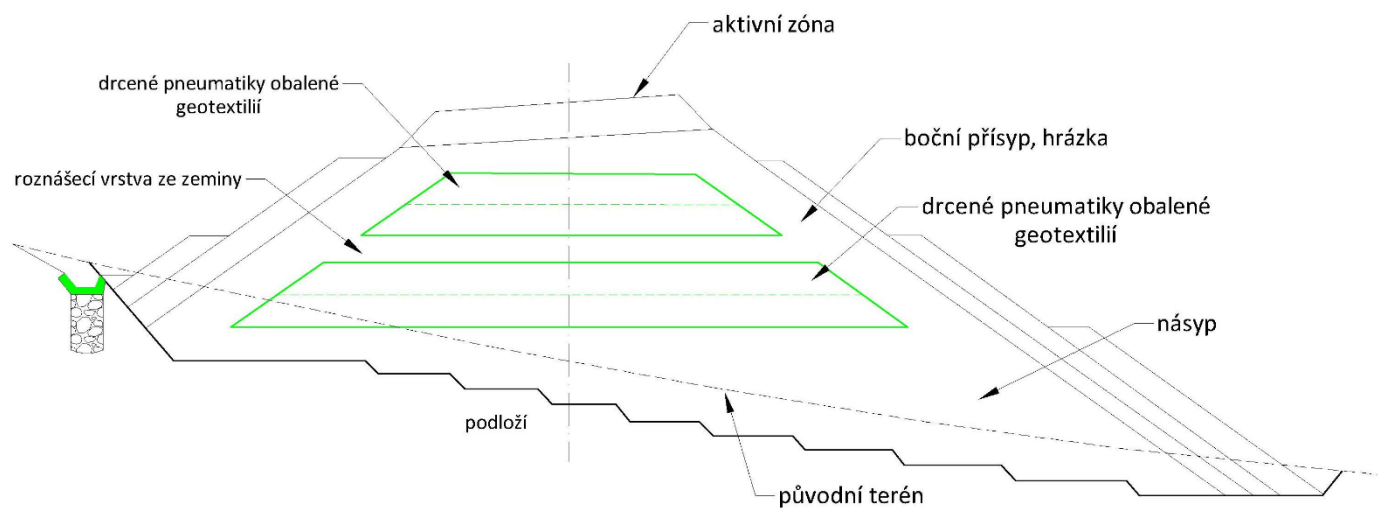


c) gravitační opěrná zeď



Obr. P5.4 Schématické řezy uspořádání balíků pneumatik za opěrnými konstrukcemi

Příloha 6 Drcené pneumatiky



Obr. P6.1 Schématický řez násypu s využitím drcených pneumatik (příklad ze stavby AP46 u Málagy ve Španělsku)

TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 198 Vylehčené násypy pozemních komunikací

Schválilo:	Ministerstvo dopravy
Zpracovatel:	doc. RNDr. František Kresta, Ph.D. (SG Geotechnika a.s.)
Vydání:	druhé
Počet stran:	53
Tech. redakční rada:	Ing. Jiří Šmíd, Ph.D. (Ministerstvo dopravy) Mgr. Zdeněk Čech (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Dana Legut Ph.D. (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Mgr. Václav Mráz, Ph.D. (Ředitelství silnic a dálnic ČR) Ing. Vítězslav Herle doc. Ing. Martin Lidmila, Ph.D. (Refaglas s.r.o.) RNDr. Jozef Osláč (Pragoprojekt, a.s.) Ing. Libor Pupík (Lias Vintířov, lehký stavební materiál k.s.) doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (VUT Brno) Ing. Jan Zajíček
Zástupce koordinátora:	Ing. Barbora Jiříčná (Ředitelství silnic a dálnic ČR)