

Ministerstvo dopravy
odbor infrastruktury

TP 198



**VYLEHČENÉ NÁSYPY POZEMNÍCH
KOMUNIKACÍ**

Technické Podmínky

Schváleno MD-OI čj. 851/08-910-IPK/1
ze dne 26. září 2008 s účinností od 1.října 2008

OBSAH:

1. PŘEDMĚT TECHNICKÝCH PODMÍNEK	3
2. TERMÍNY A DEFINICE	3
3. VŠEOBECNÉ POŽADAVKY	4
3.1 Účel vylehčení násypů pozemních komunikací	4
3.2 Návrh vylehčeného násypu	4
3.3 Popis a kvalita stavebních materiálů (LKK, polystyren)	4
3.3.1 Zeminy	5
3.3.2 Lehké keramické kamenivo	5
3.3.3 Polystyren	6
3.3.4 Prvky ze syntetických materiálů	8
4. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ	8
4.1 Násyp vylehčený LKK	8
4.1.1 Úprava podloží násypu	8
4.1.2 Výstavba vlastního tělesa násypu vylehčeného LKK s mezivrstvami zeminy	8
4.1.3 Výstavba vlastního tělesa násypu vylehčeného LKK bez mezivrstev zeminy	9
4.1.4 Aktivní zóna a zemní pláň	9
4.1.5 Přejímová oblast	10
4.2 Násyp vylehčený EPS	10
4.2.1 Úprava podloží násypu	10
4.2.2 Výstavba vlastního tělesa násypu z EPS	10
4.2.3 Aktivní zóna a zemní pláň	11
4.2.4 Přejímová oblast	11
5. DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY	11
5.1 Lehké keramické kamenivo	11
5.1.1 Dodávka a skladování	11
5.1.2 Průkazní zkoušky	11
5.2 Polystyren EPS	12
5.2.1 Dodávka a skladování	12
5.2.2 Průkazní zkoušky	12
6. ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY	12
6.1 Lehké keramické kamenivo	12
6.1.1 Odebírání vzorků a terénní měření	12
6.1.2 Kontrolní zkoušky a hodnoty	13
6.2 Polystyren EPS	13
7. PŘÍPUSTNÉ ODCHYLKY	13
7.1 LKK	13
7.2 EPS	14
8. KLIMATICKÁ OMEZENÍ	14
9. KONTROLNÍ MĚŘENÍ, MĚŘENÍ POSUNŮ A PŘETVOŘENÍ	14
10. SOUVISÍCÍ NORMY A PŘEDPISY	15
8.1 Souvisící normy	15
8.1 Souvisící předpisy	15
PŘÍLOHA 1	16
LEHKÉ KERAMICKÉ KAMENIVO	16
PŘÍLOHA 2	21

POLYSTYREN 21

1. PŘEDMĚT TECHNICKÝCH PODMÍNEK

Tyto technické podmínky (TP) platí pro vylehčení násypových těles na stavbách pozemních komunikací s použitím lehkého keramického kameniva (LKK) nebo polystyrenu (EPS). TP stanovují podmínky pro návrh, výstavbu a kontrolu vylehčeného zemního tělesa.

Pro vylehčení zemního tělesa elektrárenským popílkem a dalšími produkty spalování se postupuje v souladu s TP 93. K částečnému snížení objemové hmotnosti dochází i u zemin zlepšených páleným (nehašeným) vápnem podle TP 94.

Obecné podmínky pro návrh a realizaci zemního tělesa s použitím lehkých materiálů jsou v ČSN EN 1997-1. Návrh vylehčených zemních těles musí současně splňovat požadavky ČSN 73 6133, zejména pokud jde o stabilitu. Při návrhu zemního tělesa v přechodové oblasti mostů se postupuje v souladu s ČSN 73 6244.

Tyto TP respektují současný stav zpracování evropských norem prEN 15732 pro použití lehkého keramického kameniva, prEN 14933 pro expandovaný polystyren a prEN 14934 pro použití extrudovaného polystyrenu do inženýrských staveb.

2. TERMÍNY A DEFINICE

Základní termíny a definice používané při zemních pracích v pozemních komunikacích jsou uvedeny v ČSN 73 6100 a ČSN 73 6133. Zde jsou uvedeny pouze speciální názvy:

vylehčený násyp – násypové těleso pozemní komunikace, které obsahuje lehké stavební materiály (LKK, EPS, XPS)

lehké keramické kamenivo (LKK) – hrubozrnný materiál převážně kulovitého tvaru, který vzniká vypálením přírodního upraveného jílu při teplotě cca 1150 °C. Obvykle se vyrábí ve frakcích 1-4 mm, 4-8 mm a 8-16 mm. Jeho sypaná objemová hmotnost se v závislosti na použité frakci pohybuje od 300 do 500 kg/m³.

expandovaný polystyren (EPS) – extrémně lehký syntetický materiál, který vzniká zvětšením objemu polystyrénových perel při jejich zahřátí. Objemová hmotnost se nejčastěji pohybuje od 15 do 30 kg/m³. Podle prEN 14933 se pevnost pohybuje od 40 do 500 kPa při 10 % stlačení. Dodává se obvykle v blocích tvaru kvádrů o rozměrech např. (šířka x výška x délka) 1 m x 0,5 m x 4 m.

extrudovaný polystyren (XPS) – extrémně lehký materiál, který vzniká stříkáním roztavené základní hmoty, do které je přidán kvasicí přípravek. Má vyšší objemovou hmotnost (35 až 45 kg/m³) a pevnost než EPS ale i vyšší cenu. Podle prEN 14934 se pevnost pohybuje od 100 do 1000 kPa při 10 % stlačení. Na vylehčování násypů se v pozemních komunikacích používá jen výjimečně.

geosyntetické jílové těsnění – těsnicí bariéra vytvořená ze slisovaného suchého nebo vlhkého bentonitu uloženého mezi dvě netkané geotextilie. Obvykle se používá

na ochranu koruny polystyrénového tělesa proti průsakům organických rozpouštědel při havárii cisterny na vozovce.

roznášecí (dělící) vrstva – vrstva zeminy, kterou se překryje navezená vrstva LKK a přes kterou se LKK zhutňuje.

3. VŠEOBECNÉ POŽADAVKY

3.1 Účel vylehčení násypů pozemních komunikací

Vylehčením násypového tělesa pozemní komunikace se dosáhne nižšího napětí na podloží a tím výrazně nižšího sedání. Vylehčení zemního tělesa může být alternativou k jiným opatřením prováděným v podloží násypu pro omezení sedání nebo urychlení konsolidace (geodrény, štěrkové pilíře, výměna zeminy, 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.

3.2 Návrh vylehčeného násypu

Při návrhu vylehčeného násypu se postupuje podle zásad v ČSN EN 1997-1. Vylehčený násyp patří do 3. geotechnické kategorie ve smyslu článku 2.1 (21) uvedené normy.

Návrh vylehčeného násypu se posuzuje výpočtem podle podmínek uvedených v čl. 2.4 ČSN EN 1997-1. 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 čl. 2.4.7.4 a čl. 10.2 v ČSN EN 1997-1.

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti se počítají deformace (sedání) vylehčeného násypu vhodnými výpočetními postupy (analytické, semi-empirické, numerické). Charakteristické vlastnosti lehkých materiálů (LKK, EPS) používaných v ČR jsou v čl. 3.3.2 a 3.3.3 těchto TP.

3.3 Popis a kvalita stavebních materiálů (LKK, polystyren)

Před zahájením prací musí zhotovitel předložit objednateli následující doklady o posouzení shody ve smyslu zákona č. 22/97 Sb. ve znění pozdějších předpisů, nebo ověření vhodnosti ve smyslu metodického pokynu SJ-PK, čj. 20840/01-120 ve znění pozdějších změn (úplné znění – Věstník dopravy č. 18 z 27. 8. 2008) a to:

- a) „Prohlášení o shodě“ vydané výrobcem/dovozcem/zplnomocněným zástupcem, v případě stavebních výrobků, na které se vztahuje NV 163/02 Sb. ve znění NV 312/05 Sb. a ve znění pozdějších předpisů.

- b) „ES prohlášení o shodě“ 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 NV 190/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů.
- c) „Prohlášení shody“ vydané výrobcem/dovozcem nebo „Certifikát“ vydaný certifikačním orgánem. Oba tyto dokumenty vydané v souladu s platným metodickým pokynem SJ-PK část II/5 v případě ostatních výrobků.

Pokud je to v ZOP nebo ZTKP požadováno, pak k prohlášením/certifikátům musí být přiloženy příslušné protokoly o zkouškách s jejich výsledky a dále posouzení splnění požadovaných parametrů dle těchto TP a případných dalších a/nebo změněných (zejména zvýšených) požadavků ZTKP.

3.3.1 Zeminy

Vylehčené násypy pozemních komunikací mají vnější svahy vybudované z běžných zemín (hrubozrnných, jemnozrnných, případně upravených pojivy) aby lehké materiály nebyly exponovány na povrchu z důvodů eroze (LKK) nebo působení UV paprsků, tepla a vandalizmu (EPS). Rovněž mezivrstvy mezi vrstvami lehkého materiálu (LKK) jsou ze zeminy.

Pro základní zemní hrázky (u lehkého keramického kameniva) a pro vnější obsyp polystyrénových bloků je nevhodnější hlinitý písek se štěrkem (S3 S-F, S4 SM) nebo štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (G3 G-F, G4 GM). Lze použít i dobře zrněný písek nebo štěrk (S1 SW, G1 GW). Pokud se použijí málo propustné jemnozrnné zeminy a zeminy upravené pojivy pro základní zemní hrázky (u lehkého keramického kameniva), je nutné pod nimi vytvořit plošný drén z propustné zeminy (písek, štěrk) nebo pod hrázky položit drenážní kompozit.

Do aktivní zóny se lehké materiály nepoužívají. Koruna násypu z lehkého materiálu se ukončí na úrovni parapláně. Pro konstrukci aktivní zóny se použije zemina velmi vhodná dle ČSN 72 1002. Aktivní zóna se běžně provádí o mocnosti 0,5 m a je vhodné ji vybudovat ve 2 vrstvách. První vrstva o mocnosti do 0,25 m, která bude tvořit přechod mezi lehkým zemním tělesem a aktivní zónou se zhutní menšími hutnicími prostředky (nutno upřesnit zhutňovací zkouškou), další vrstva o mocnosti 0,25 m se obvykle zhutní běžnými hutnicími prostředky.

3.3.2 Lehké keramické kamenivo

Do vylehčeného násypu se použije lehké kamenivo frakce 4-8 mm, 8-16 mm, případně 1-16 mm. Příměs jemné frakce pod menší frakci nesmí překročit 10 % hmotnosti a příměs hrubších zrn nad větší frakci rovněž nesmí překročit 10 % hmotnosti.

Objemová hmotnost volně sypaného lehkého keramického kameniva v suchém stavu $\rho_{d,min}$ je menší než 300 kg/m³ (frakce 8-16 mm), 400 kg/m³ (frakce 4-8 mm a 1-16 mm) a 500 kg/m³ (frakce 1-4 mm). Maximální objemová hmotnost po zhutnění

v zemním tělese $\rho_{d,max}$ se mění v závislosti na vlhkosti, množství jemné frakce a prachové příměsi a obvykle nepřesahuje 700kg/m^3 .

Materiál je dodáván na stavbu v předepsaném zrnitostním složení ve velkoobjemových nákladních vozech. Během dopravy nesmí dojít ke změně zrnitosti ať z důvodu znečištění, nebo roztřídění (segregace).

Orientační charakteristické pevnostní a deformační hodnoty LKK běžně vyráběného v ČR po zhutnění jsou v tabulce 1. Uvedené hodnoty smykové pevnosti a modulů přetvárnosti platí pro zhutněné LKK.

Tabulka 1 Orientační vlastnosti LKK používaného pro vylehčování násypů

LKK	Suchá objemová hmotnost (sypaná) kg/m^3	Smyková pevnost		Modul přetvárnosti při $\sigma = 50 - 120 \text{ kPa}$ (MPa)
		Φ ($^\circ$)	c (kPa)	
Frakce 1 - 4 mm	500	45	2	10 - 40
Frakce 4 - 8 mm	400	40	2	10 - 30
Frakce 8 - 16 mm	300	38	1	10 - 20
Frakce 1 - 16 mm	400	40	2	10 - 30

Pozn.: Ve stádiu zkoušek je používání podrcené frakce 8-16 mm LKK. Drcením se získá ostrohranné LKK širší zrnitosti o vyšší smykové pevnosti, které se snadněji hutní a zemní těleso lze budovat bez mezivrstev.

Průkazní zkoušky LKK (smyková pevnost, nasákavost) se provedou podle prEN 15732.

3.3.3 Polystyren

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

Pro výstavbu násypů pozemních komunikací se používá expandovaný polystyren (EPS). Polystyren XPS se používá pro speciální velmi namáhané konstrukce, kde má i funkci ochrany proti promrzání (např. podloží vozovek nebo pražcového podloží), pro násypy se z důvodů vyšší ceny nepoužívá.

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 jsou:

délka 2 až 5 m,
šířka 1 až 2 m,
výška 0,5 až 0,6 m.

Orientační vlastnosti EPS a XPS používaného pro výstavbu vylehčených násypů pozemních komunikací jsou v tabulce 2.

Tabulka 2 Vlastnosti bloků polystyrenu používaných do vylehčených násypů

Expandovaný polystyren EPS	Francouzský předpis	Vägverket švédské silnice	Banverket švédské železnice
Polystyren	EPS, XPS	EPS, XPS	XPS
Objemová hmotnost (kg/m ³)	15 – 20 – 25 – 30	15 – 20 – 30	35 – 40 – 45
Pevnost (kPa) při $\varepsilon = 10 \%$	70–100–150– 200		
Pevnost (kPa) při $\varepsilon = 5 \%$		55 – 100 – 175	400 – 450 – 550
Pevnost (kPa) při $\varepsilon = 2 \%$		45 – 75 – 140	
Rozměrová tolerance dle prEN 14933			
Délka	±0,3 až ±1 % nebo ±3 až ±10 mm podle kategorie		
Šířka	±0,3 až ±0,5 % nebo ± 3 až ± 5 mm podle kategorie		
Tloušťka	±0,2 až ±0,5 % nebo ± 2 až ± 5 mm podle kategorie		

Přípustné zatížení EPS v násypu pozemní komunikace v závislosti na jeho objemové hmotnosti a způsobu zatížení je v tabulce 3. Přípustné zatížení EPS je omezeno max. svislým stlačením 2 % výšky. Do této hodnoty se EPS přetváří pružně. Po překročení 2 % deformace dochází u EPS k porušování EPS perel, ze kterých jsou bloky slisovány.

Tabulka 3 Přípustné zatížení EPS (Vägverket)

Objemová hmotnost EPS	Stálé zatížení	Stálé a proměnné (dopravní) zatížení	Stálé zatížení (pouze ojedinělé vozidlo)
kg/m ³	kPa	kPa	kPa
15	12	30	38
20	20	45	57
30	35	75	95

Pozn.: V ČR 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 nepříznivé působící proměnné zatížení součinitelem spolehlivosti $\gamma_{sd} = 1,3$

3.3.4 Prvky ze syntetických materiálů

Lehký násypový materiál (lehké keramické kamenivo, polystyren) se odděluje od zeminy v podloží násypu i v nadloží od zeminy aktivní zóny separační netkanou geotextilií. Netkaná geotextilie se může případně použít i na oddělení zeminy na svazích od jádra násypu z lehkého materiálu. Účel použití netkané textilie je v zabránění pronikání zrn z podloží, nadloží a svahů zemního tělesa do lehkého materiálu a v omezení vplavování jemnozrnné frakce zeminy mezi zrna LKK nebo do spár mezi bloky EPS.

V nadloží násypu z EPS bloků se obvykle pokládá geosyntetická bentonitová rohož, která má zabránit poškození bloků 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.

4. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ

Lehký násypový materiál (lehké keramické kamenivo, polystyren) se použije v místech určených projektovou dokumentací.

4.1 Násyp vylehčený LKK

4.1.1 Úprava podloží násypu

Před zahájením navážení LKK se podloží násypu odhumusuje, urovná do předepsaného sklonu (cca 3%), přehutní a zhutnění se překontroluje příslušnými zkouškami dle TKP. Pokud se vylehčený násyp buduje ve velmi nepříznivých a extrémně stlačitelných podmínkách (bahnité podloží, rašelina apod.) ponechává se v podloží travní drn a na něj se pokládá vhodné geosyntetikum se separační, filtrační a výztužnou funkcí.

Před položením separační geotextilie a následnou výstavbou násypu se vybuduje systém kontrolního sledování vylehčeného zemního tělesa pro měření sedání, případně měření pórových tlaků a vodorovných deformací v podloží. Podrobnosti o způsobu instalace monitorovacích prvků a jejich měření musí být zpracovány v projektové dokumentaci monitoringu.

4.1.2 Výstavba vlastního tělesa násypu vylehčeného LKK s mezivrstvami zeminy

Podloží násypu z lehkého keramického kameniva se urovná do příčného sklonu cca 3% a přehutní. Na upravené podloží násypu se na obou okrajích (patách) násypu naveze a zhutní zemní hrázka o výšce max. 1,0 m (bude stanoveno hutnicí zkouškou podle použité techniky na stavbě). Pro tyto účely bude použita zemina dle čl. 3.3.1. Vnější líc zemní hrázky bude mít sklon svahu daný dokumentací pro příslušnou výškovou úroveň násypu. Sklon vnitřního svahu bude upraven v závislosti na použité zemině a 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 separační geotextilie, a na ni se nasype vrstva LKK o mocnosti obvykle 0,4 až 0,8 m, v závislosti na požadovaném stupni vylehčení. Stupeň vylehčení v procentech vyjadřuje poměr celkové průměrné objemové hmotnosti (LKK a zeminy v roznášecích vrstvách) ku objemové hmotnosti zeminy. Tato hodnota se obvykle pohybuje v mezích 40 až 70 %. Mocnost pokládané vrstvy LKK bude určena zhutňovací zkouškou.

Pokud bude na obvodové hrázky použit štěrk o otevřené zrnitosti, přetáhne se separační geotextilie i přes vnitřní svahy hrázek. Volně navezené (nahrnuté) LKK se urovná lehkým dozerem. Alternativně je možné LKK ukládat do méně přístupných míst pneumatickým způsobem. Bezprostředně na urovnanou vrstvu LKK se naveze 0,15 až 0,25 m mocná vrstva zeminy. Nejvhodnější je hlinitý písek nebo štěrk s jemnozrnnou příměsí (viz par. 3.3.1). Rovněž lze použít jemnozrnnou zeminu zlepšenou vápnem.

Po navezení a urovnání roznášecí (dělicí) vrstvy zeminy na vrstvu LKK se začne hutnit nejprve válci bez vibrace a po cca 2 pojezdech (bude upřesněno zhutňovací zkouškou) s vibrací. Při hutnění nesmí docházet k drcení zrn LKK. To se ověřuje náhodně umístěnými sondami přes vrstvu zeminy na vrstvu LKK. Pokud by docházelo k drcení zrn, použijí se lehké zhutňovací prostředky (vibrační desky, lehké válce), nebo se sníží amplituda vibrace.

Další zvyšovací obvodové hrázky budou nasypány částečně na stávající hrázky a částečně na zhutněný povrch z LKK překrytý zhutněnou vrstvou zeminy. Pokud se obvodové hrázky nebudou budovat přímo na vrstvě LKK, není třeba pod ně vkládat separační geotextilii.

Schéma uspořádání násypu vylehčeného LKK je na obr. 1, detail uspořádání vrstvy na kontaktu s povrchem násypu je na obr. 2 v příloze 1.

4.1.3 Výstavba vlastního tělesa násypu vylehčeného LKK bez mezivrstev zeminy

Výstavba násypu z LKK pouze kulovitěho tvaru je možná u nízkých násypových konstrukcí (do 2 m výšky), u kterých se hutnění provádí po vrstvách obvykle nepřesahujících 0,5 m pomocí buldozeru a lehkými vibračními deskami. Příprava podloží, bočního ohrázování a ukončení koruny násypu je stejné jako u násypů z LKK stavěného s mezivrstvami zeminy.

V některých výrobnách LKK se začíná uplatňovat technologie drcení frakce 8–16 mm, čímž vznikne ostrohranné lehké kamenivo širší frakce, které je stabilnější než LKK sférického tvaru. U tohoto materiálu je možné stavět násypy libovolné výšky bez mezivrstev zeminy (obr. 3 v příloze 1).

4.1.4 Aktivní zóna a zemní pláň

Po dosypání násypového tělesa do úrovně parapláně, tj. 0,5m pod zemní pláň, překryje se povrch LKK separační geotextilií a přesype se vrstvou vhodné zeminy pro

aktivní zónu o mocnosti 0,25 m, která se zhutní lehkými prostředky. Použití těžkých vibračních válců musí být prokázáno hutnicí zkouškou. Druhá vrstva aktivní zóny o mocnosti 0,25 m se zhutní běžnými prostředky. Zemní plán musí splňovat požadavky dle projektové dokumentace a TKP 4 (zhutnění, modul přetvárnosti).

4.1.5 Přechodová oblast

Pro výstavbu přechodové oblasti z LKK platí stejné zásady jako pro násyp jak je uvedeno v čl. 4.1.2 těchto TP. Vzhledem k vysoké propustnosti lehkého keramického kameniva je možné vypustit plošný svislý drén u opěry, který se obvykle buduje z písku nebo štěrku. LKK lze nasypat přímo ke konstrukci opěry. Ochranná geotextilie na konstrukci se zachová. Roznášecí (dělicí) vrstva zeminy mezi vrstvami LKK se ukončí 0,5 až 1,0 m od opěry, aby se zachovala průběžná odvodňovací funkce LKK u opěry.

Schéma uspořádání přechodové oblasti mostu vylehčené LKK je na obr. 4 v příloze 1.

4.2 Násyp vylehčený EPS

4.2.1 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 drtě o max. 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.

4.2.2 Výstavba vlastního tělesa násypu z EPS

Bloky polystyrenu se pokládají ve vrstvách. Bloky v nadložní vrstvě musí mít přesah min. 0,3 m, aby nevznikly průběžné spáry (systém jako u stavby zdi z cihel). Ve vodorovném směru musí být 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 3 a 4 v příloze 2. Šířka svislých spár nemá být větší než 5 mm. Max. šířka se připouští 10 mm. Bloky je možné 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.

Krajní řady EPS bloků se mezi sebou přikotví ocelovými tyčemi z běžné betonářské oceli, aby se zabránilo posunutí bloků větrem. Tyče jsou průměru cca 6 mm a takové délky (cca 1 m), aby propojily dvě nad sebou ležící vrstvy bloků EPS. 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 o min. tloušťce 0,5 m (nad hranou bloku měřeno kolmo k povrchu svahu). Boční přísyp se zhutňuje malými hutnicími prostředky (vibrační desky, malé válce), aby nedošlo k přetížení a poškození (rozlámání) EPS bloků. Svah násypu vylehčeného bloky EPS má obvykle sklon 1:1,5 až 1:2.

4.2.3 Aktivní zóna a zemní pláň

Koruna násypu z EPS bloků se ukončí v úrovni parapláně (0,5 m pod plání). Na parapláň 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 TKP 4 (zhutnění, modul přetvárnosti).

4.2.4 Přejíhová oblast

Přejíhová 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 svíslý drén. Odvodnění tělesa násypu je dostatečně zajištěno spárami mezi bloky EPS.

5. DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY

5.1 Lehké keramické kamenivo

5.1.1 Dodávka a skladování

Při dopravě LKK na stavbu nákladními auty se provedou taková opatření, aby nedocházelo k padání keramického kameniva při přepravě a jeho odnosu větrem (např. zakrytí korby) a segregaci frakcí během transportu. Na nákladním autě lze přepravovat pouze jednu frakci LKK.

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

5.1.2 Průkazní zkoušky

LKK musí být dodáno s prohlášením o shodě a protokoly průkazních zkoušek dle prEN 15732 ve smyslu čl. 3.3, které nesmějí být starší než 6 měsíců. Průkazní zkoušky musí zahrnovat křivku zrnitosti, zkoušku maximální a minimální ulehlosti (hutnosti), nasákavost a smykovou pevnost.

Min. hutnost nesmí překročit hodnoty sypané hmotnosti v tab. 1 pro uvedené zrnitosti.
Max. hutnost nesmí překročit hodnotu sypané hmotnosti o 20 %.
Max. nasákavost po 120 min. nesmí překročit 10 %.

5.2 Polystyren EPS

5.2.1 Dodávka a skladování

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

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

5.2.2 Průkazní zkoušky

Bloky EPS musí být dodány s prohlášením o shodě a protokoly průkazních zkoušek ve smyslu čl. 3.3, které nesmějí být starší než 6 měsíců. Rozměry dodaných bloků musí splňovat toleranční meze dle čl. 7.2 Průkazní zkoušky musí zahrnovat pevnost v tlaku na krychlich 200 x 200 mm. Zkoušky se provádí v souladu s prEN 14933. Výsledky všech zkoušek musí splňovat požadavky projektové dokumentace.

6. ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY

6.1 Lehké keramické kamenivo

6.1.1 Odebírání vzorků a terénní měření

Kontrola zhutnění vrstvy LKK se provádí nepřímo přes roznášecí (dělicí) zemní vrstvu geodetickou metodou. Zhutňovací zkouškou se stanoví typ hutnicího prostředku a počet pojezdů. Kriterium kvality zhutnění je stanoveno jako u kamenité sypaniny tj. na 0,5 % stlačení souvrství zeminy a LKK po dvou dodatečných pojezdech hutnicího prostředku (u vrstvy LKK 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 LKK. Současně se na každé zemní vrstvě (min 1 měření) ověří stupeň zhutnění, který musí splňovat hodnotu min $D = 95$ % PS (Proctor standard). Pokud je kriterium stlačení souvrství splněno, ale stupeň zhutnění není dosažen, dohutňuje se pouze zemní vrstva lehkým hutnicím prostředkem (vibrační deskou), aby při dodatečných pojezdech těžkého válce nedocházelo k drcení zrn LKK.

Zhutnění obvodových svahů (hrázek) se kontroluje běžným způsobem dle PS. Na každých min 50 m obvodové hrázky se provede min. 1 měření stupně zhutnění.

6.1.2 Kontrolní zkoušky a hodnoty

Křivka zrnitosti naváženého LKK se zkontroluje po navezení každých 500 m³. Vzorek se odebírá z volně navezené (nasypané) vrstvy před zakrytím zemní vrstvou. Křivka zrnitosti LKK z vrstvy se od průkazní křivky zrnitosti nesmí odchytil o více než ± 10%.

Každých 500 m³ se zkontroluje i vlhkost LKK. Vlhkost při zabudování nemá být větší než 5 %.

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

Sednutí vrstvy zeminy a LKK 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 prostředku a jeho účinek) se upřesní hutnicí zkouškou.

Kontrola zhutnění vrstvy zeminy (roznášecí vrstva, obvodové hrázky, přísypy) se provádí buď odběrem vzorků do válce, nebo měřením objemoměrem (membránovým, normovým pískem apod.). Při používání homogenního materiálu pro roznášecí vrstvu se provede min 1 zkouška zhutnitelnosti na 1000 m³. Běžně se požaduje min D = 95 % PS.

Aktivní zóna se kontroluje podle požadavků TKP 4 a/nebo ZTKP.

Ověření mocnosti jednotlivých vrstev LKK a zeminy se doporučuje provést dynamickou penetrační zkouškou z úrovně zemní pláně.

6.2 Polystyren 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 (metodika SGI).

Kontrolní zkoušky zeminy obsypu EPS bloků se provádí ve stejné frekvenci a stejnou metodikou jako u násypu vylehčeného LKK.

Zkoušky aktivní zóny a zemní pláně se provádí podle TKP 4 a/nebo ZTKP.

7. PŘÍPUSTNÉ ODCHYLKY

7.1 LKK

U křivky zrnitosti LKK se připouští tolerance dle čl. 3.3.2, tj. ± 10% 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 dvou měřených bodů 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 zhutnění, je nutné taková místa dohutnit.

7.2 EPS

Pro bloky polystyrenu platí, následující tolerance v délce, šířce tloušťce uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4 Přípustné 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		

Max. 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.

8. KLIMATICKÁ OMEZENÍ

Vylehčené násypy jak z LKK, tak z EPS 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 doporučuje se měřit horizontální pohyby uvnitř masivu inklinometry.

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

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

10. SOUVISÍCÍ NORMY A PŘEDPISY

8.1 Souvisící normy

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 ISO 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1: Zásady provádění

ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací

8.1 Souvisící předpisy

TKP 4 Zemní práce 2005

TKP 30 Speciální zemní konstrukce 2002

prEN 15732 Light weight fill and thermal insulation products for civil engineering applications (CEA). Expanded clay lightweight aggregate products (LWA)

prEN 14933 Thermal insulation and light weight fill products for civil engineering applications – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification

prEN 14934 Thermal insulation and light weight fill products for civil engineering applications – Factory made products of extruded polystyrene foam (XPS) - Specification

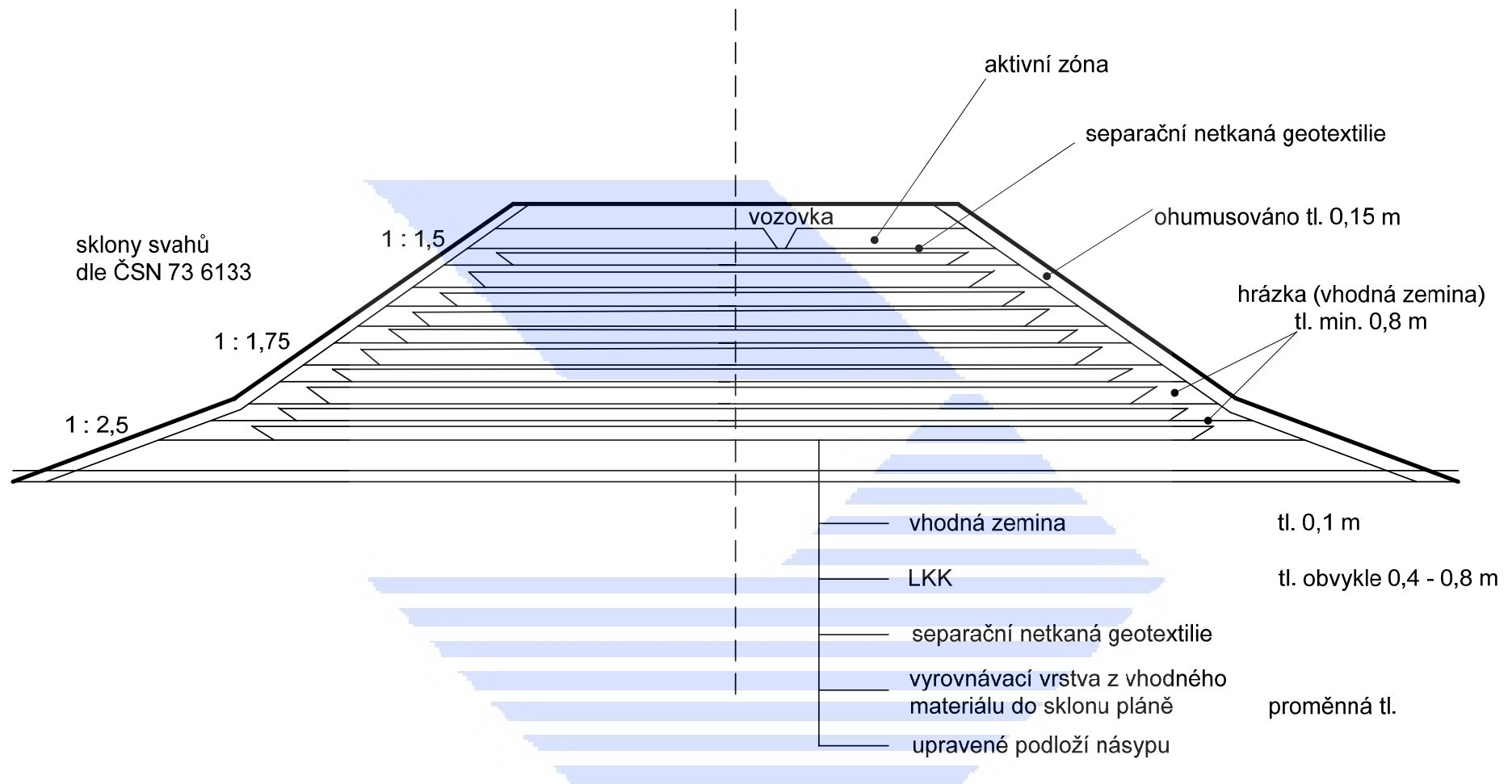
Specification

Cellplast som lättfyllning i vägbankar. Vägverket, 1990 (Švédský předpis pro použití EPS v násypech PK)

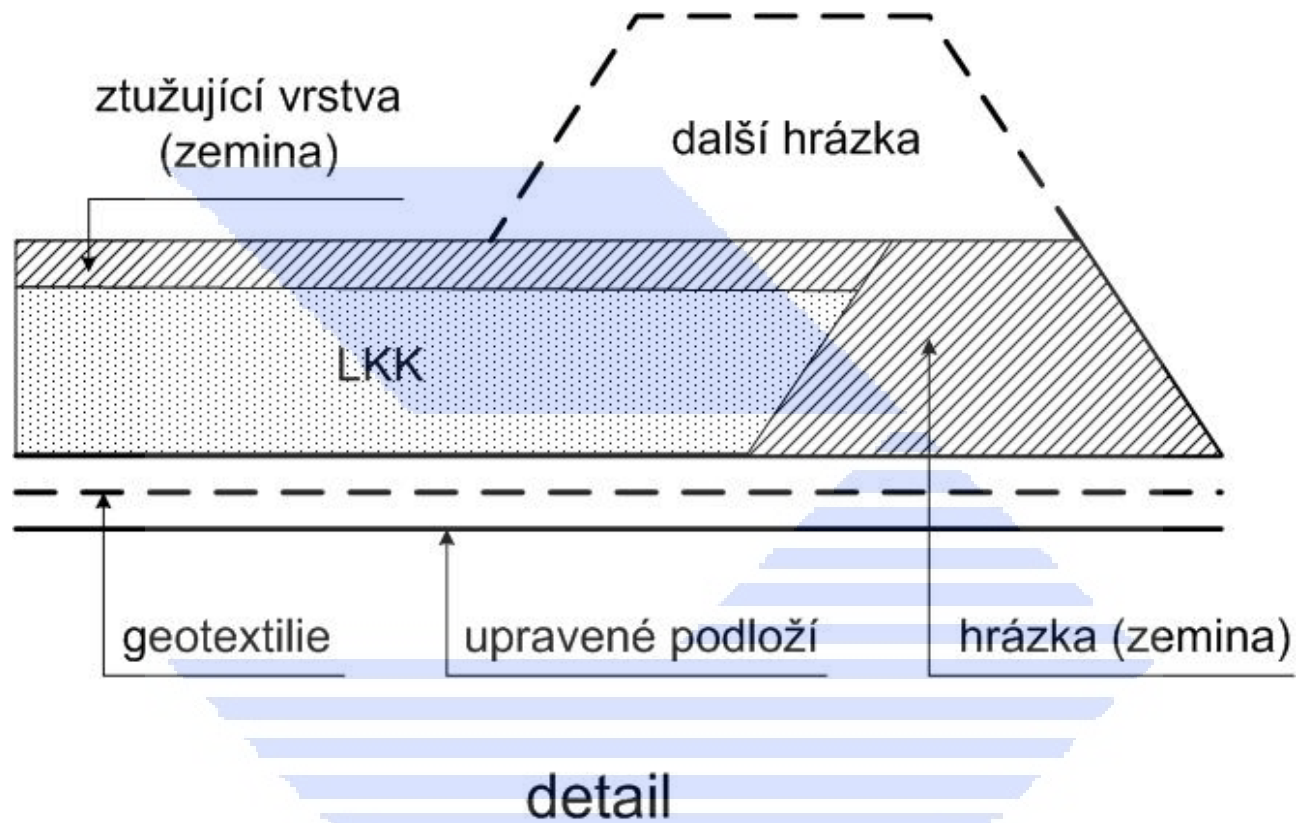
Lättfyllning i järnvagsbankar, Banverket, 2000 (Švédský předpis pro použití EPS v železničních násypech)



PŘÍLOHA 1
LEHKÉ KERAMICKÉ KAMENIVO

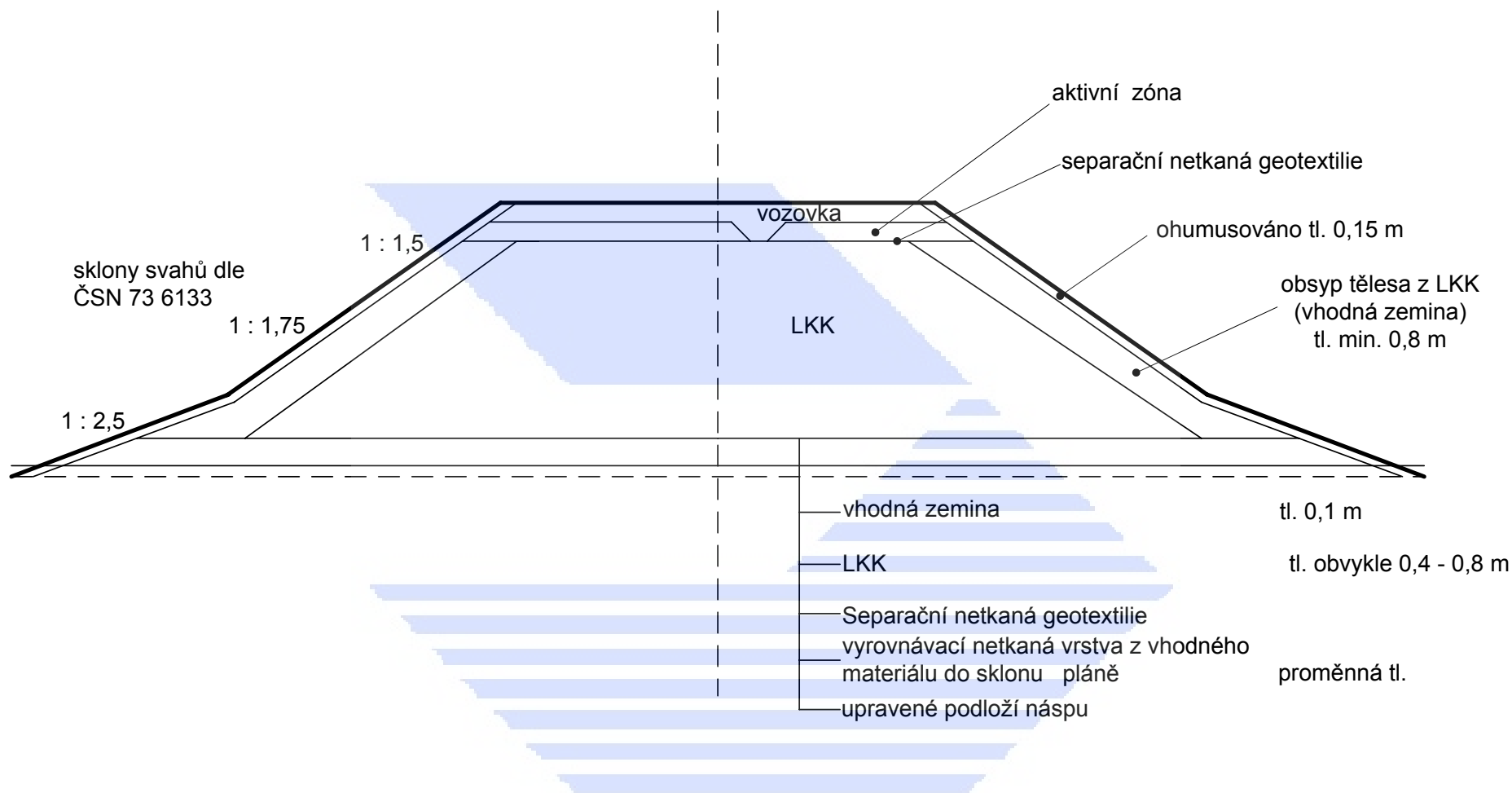


Obr. 1 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného LKK. Kombinace vrstev LKK a zeminy

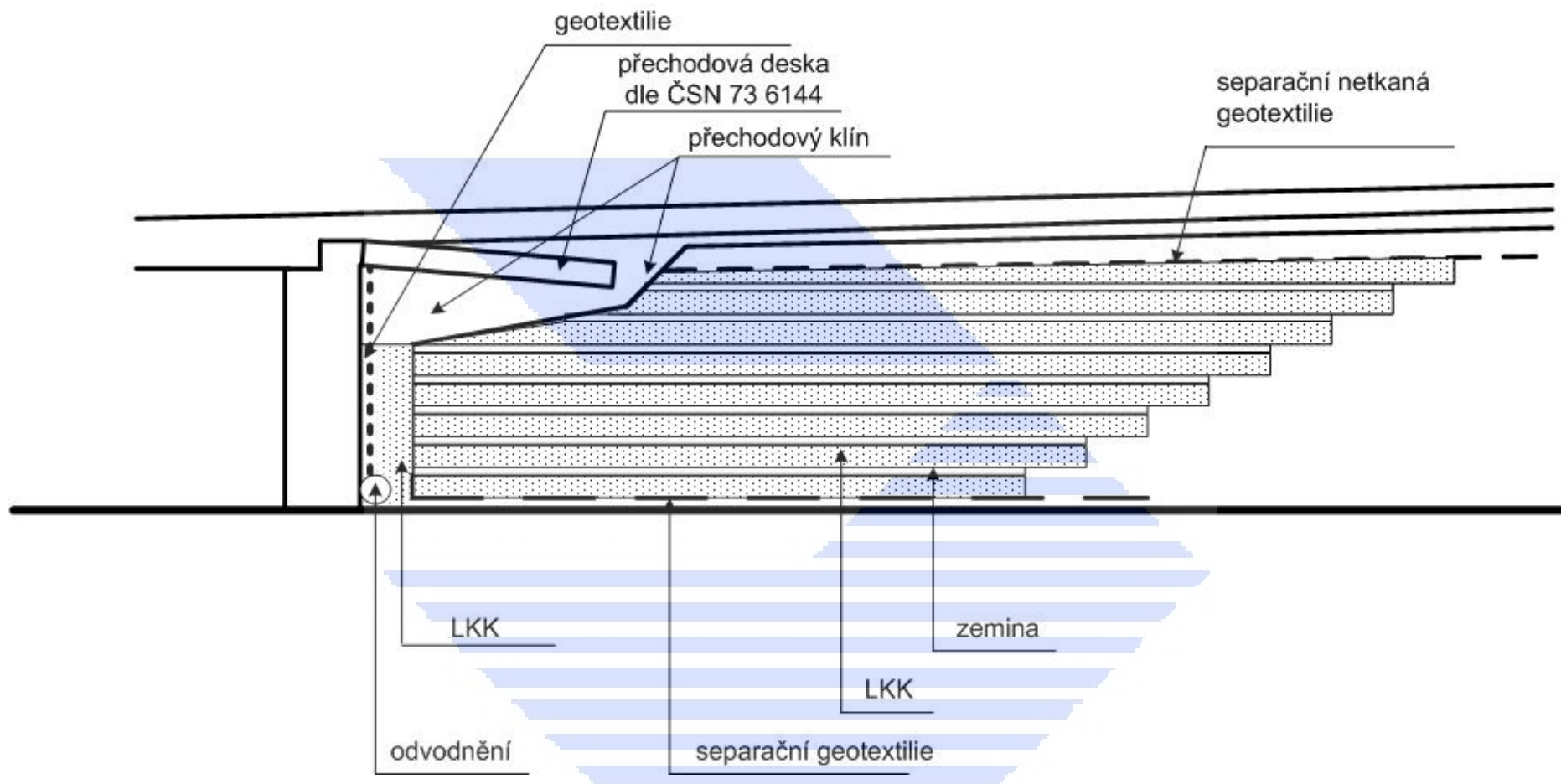


Poznámka: Na upravené podloží násypu se pokládá separační netkaná geotextilie pro omezení průniku jemných částic zeminy do LKK. Pokud je podloží násypu tvořeno jemnozrnnými zeminami pevné konzistence, nebo hrubozrnné zeminy v podloží mají takovou zrnitost, která splňuje kritérium omezení vzájemného pronikání dle 4.3.9 TKP 4, není separační geotextilie nutná.

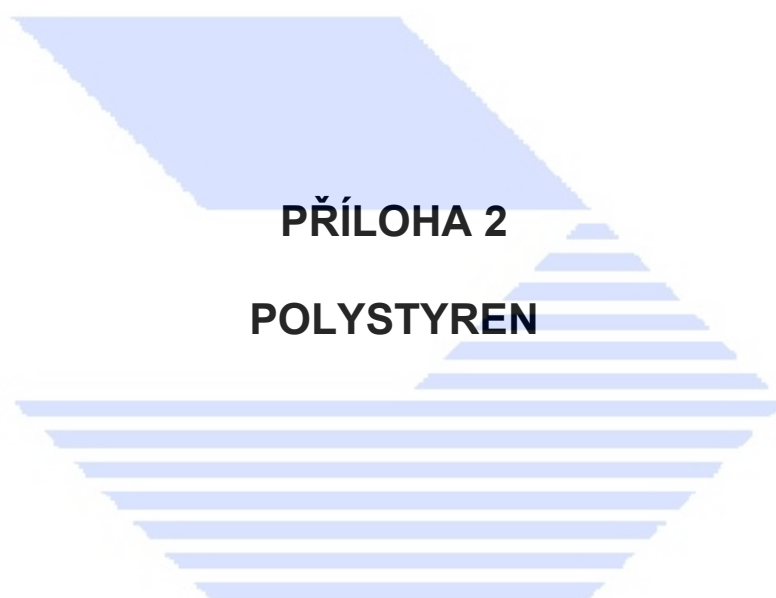
Obr. 2 Detail uspořádání vrstvy LKK a zeminy při zahájení výstavby vylehčeného zemního tělesa

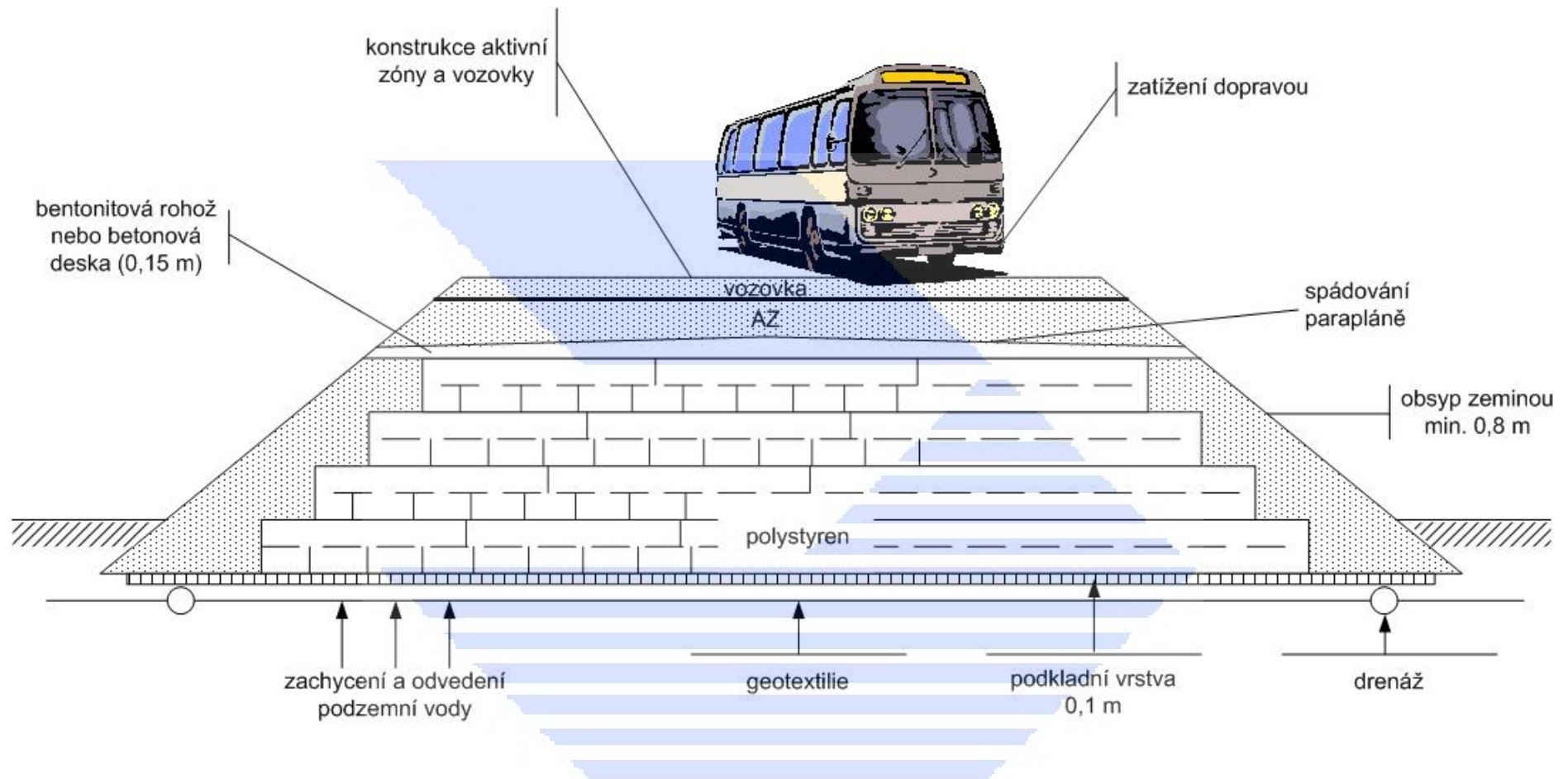


Obr. 3 Příčný řez tělesem násypu vylehčeného LKK. Homogenní vnitřek násypu z LKK bez mezivrstev zeminy

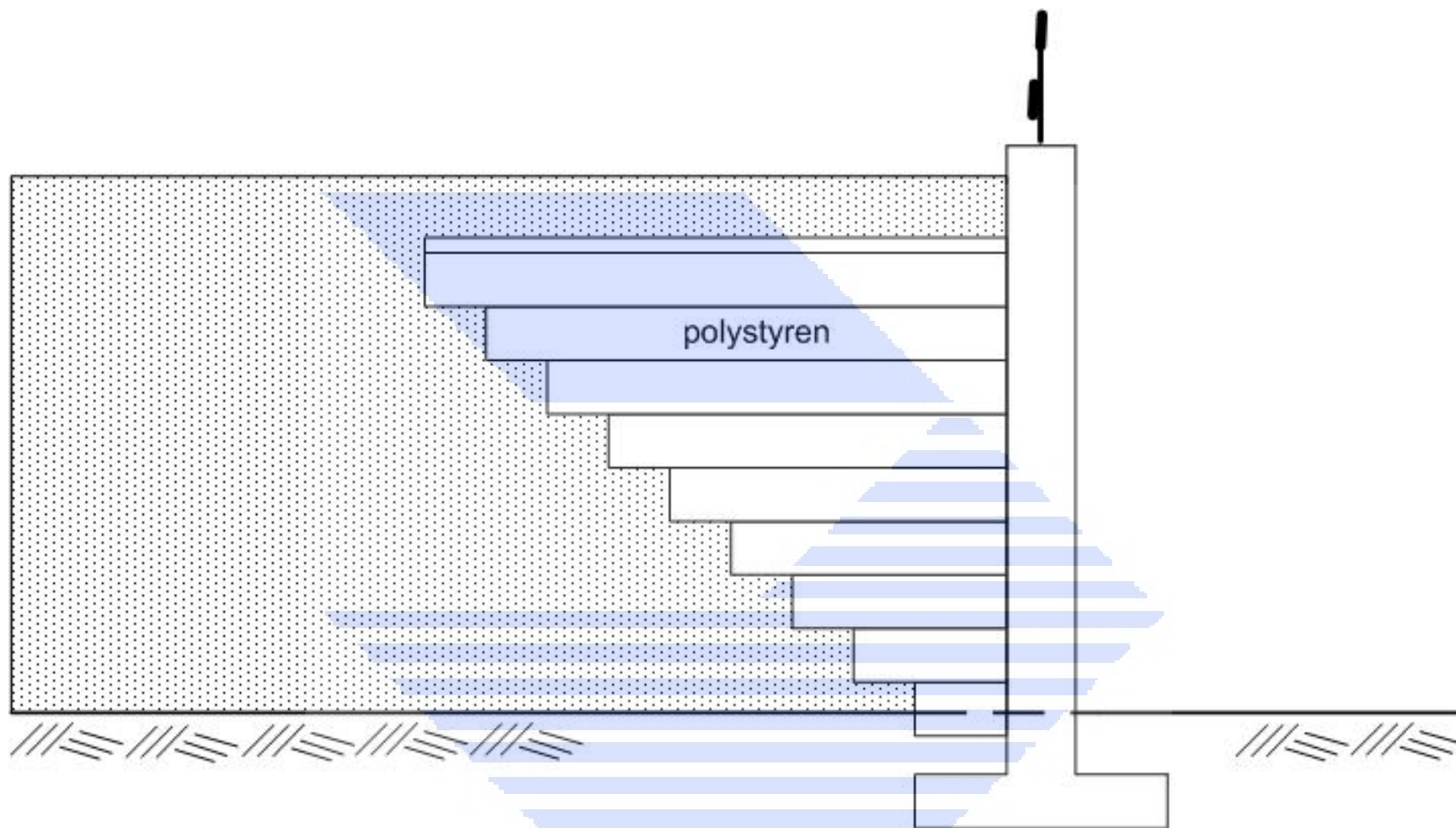


Obr. 4 Příklad podélného řezu vylehčené přechodové oblasti mostu pomocí LKK

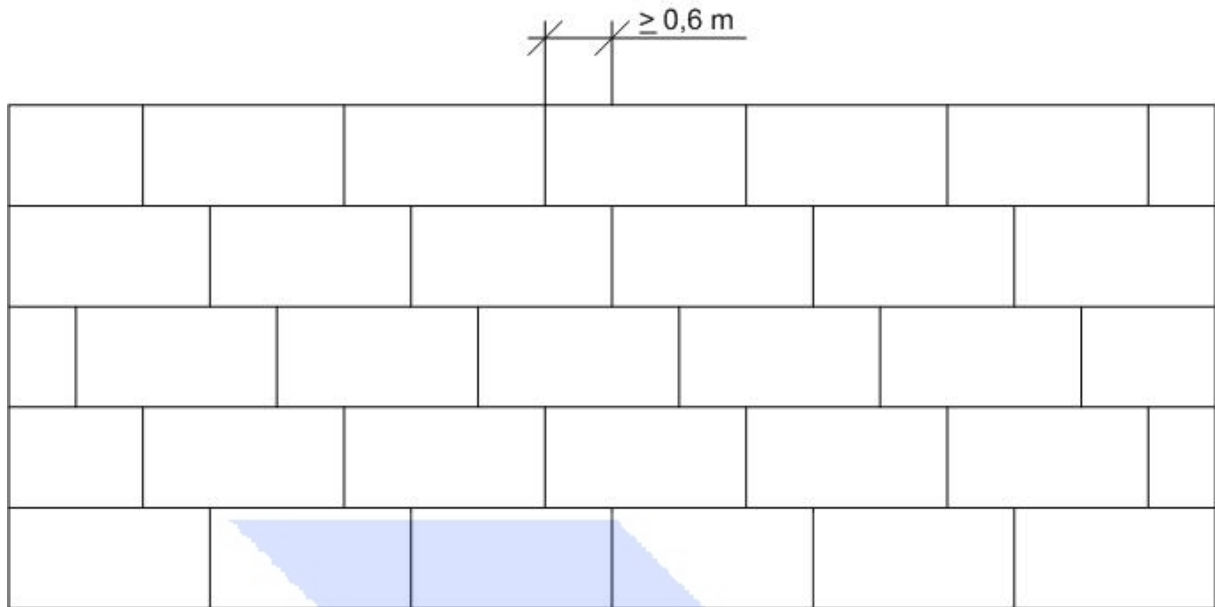




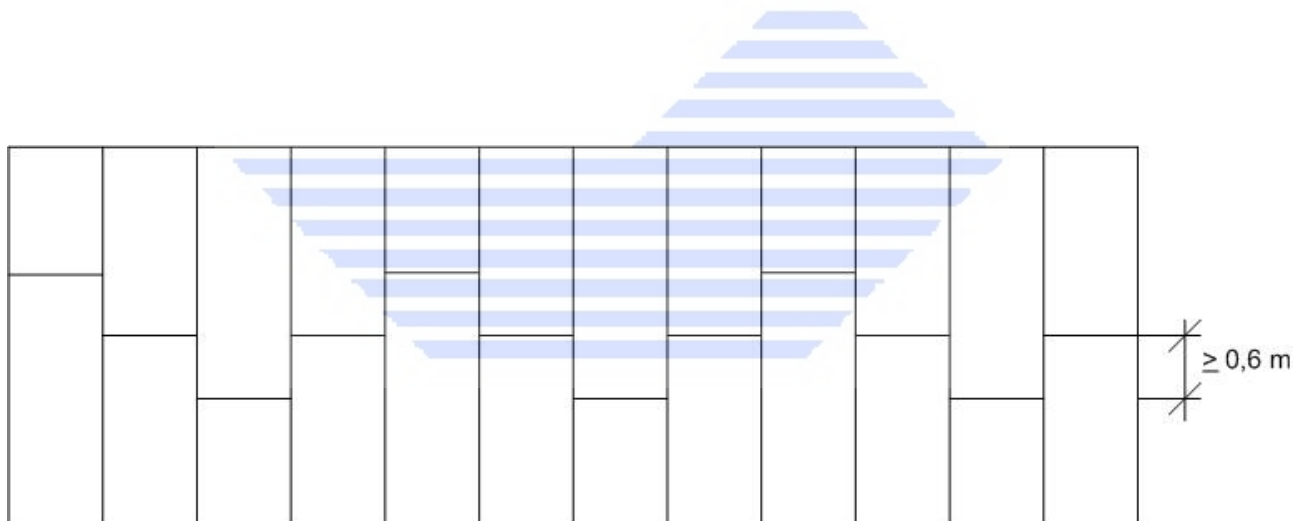
Obr. 1 Příklad příčného řezu násypem pozemní komunikace vylehčeného pomocí EPS



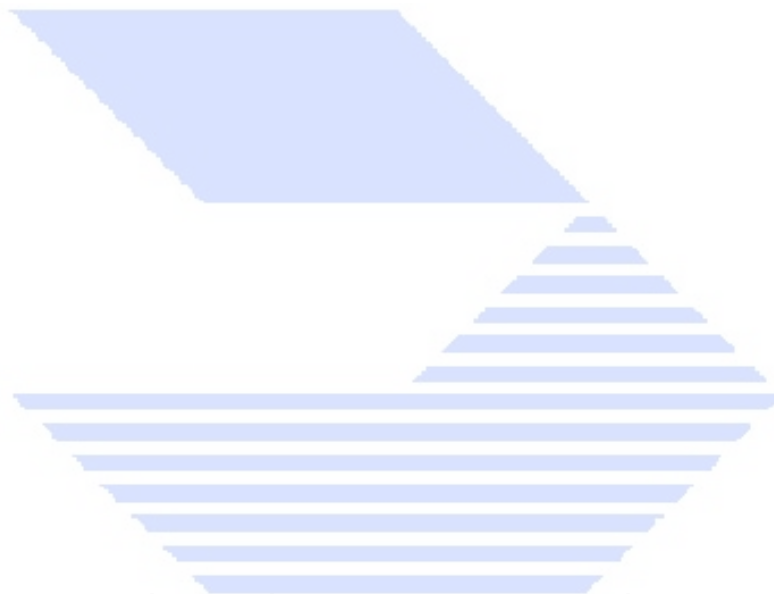
Obr. 2 Příklad redukce zemního tlaku na opěrnou konstrukci pomocí bloků EPS



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



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



TECHNICKÉ PODMÍNKY STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Číslo: TP 198

Název: Vylehčené násypy pozemních komunikací

Vydalo: Ministerstvo dopravy
odbor infrastruktury

Zpracovatel: SG-Geotechnika, a.s., Ing. Vítězslav Herle

Distributor: SG-Geotechnika, a.s.,
Geologická 4
152 00 Praha 5 – Barrandov

1. vydání – 2008 – 300 výtisků