

1. PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ

Návrh a posouzení konstrukčních vrstev pražcového podloží je tabelárně zpracován v příloze TZ č. 1.

Návrh pražcového podloží z hlediska únosnosti vychází z následujících vstupních parametrů dle předpisu SŽDC S4, příloha 6, tab. 1:

Druh koleje pro stávající tratě	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti v přechodové oblasti	
		E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa žel. spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- regionálních	1	15	30
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích			
- regionálních	2, 3	15	30
Ostatní koleje ve stanicích na tratích			
- regionálních	5	15	20

Způsob ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu je stanoven předpisem SŽDC S4, příloha 7. Vstupní charakteristiky klimatických podmínek jsou dle mapy charakteristických hodnot indexu mrazu:

- index mrazu $I_{mn} = 300 - 350 \text{ } ^\circ\text{C.den}$

Pro posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se ve výpočtech uvažuje s konzervativní hodnotou:

- index mrazu $I_{mn} = 350 \text{ } ^\circ\text{C.den}$
- hloubka promrzání $h_{pr} = 0,84 \text{ m}$

Pro posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se uvažuje s následující tloušťkou kolejového lože. Tloušťka kolejového lože podle předpisu SŽDC S3, díl X, kapitola IV:

traťové a staniční hlavní a předjízdne (kolej č. 1, 2 a 3)

- tloušťka kolejového lože, betonové pražce: 0,35 m
- celková tloušťka kolejového lože: **0,55 m**

ostatní staniční koleje (kolej č. 5)

- tloušťka kolejového lože, betonové pražce: 0,30 m
- celková tloušťka kolejového lože: **0,50 m**

2. KONSTRUKČNÍ VRSTVY

Materiály použité do podkladních vrstev musí být nesoudržné, propustné a nenamrzavé. Základní požadavky jsou určeny (1), (2), (3), (6), (7). Další požadavky jsou specifikovány v souvisejících normách a předpisech.

Míra zhutnění, přesnost provádění, kontrola a zkoušky je předepsána pro materiály charakteru nesoudržných zemin (1), (2), (7).

Štěrkodrt'

Přírodní drcené kamenivo získané těžebním a drcením hornin je navrženo jako základní materiál do podkladních vrstev.

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-32 mm, číslo nestejnozrnnosti $C_{u,min} = 15$, míra zhutnění $I_{D,min} = 0,80$ (2), vlhkost materiálu při hutnění $w = 4-8 \%$, modul deformace materiálu v závislosti na míře zhutnění (viz tabulka materiálů) je pro konkrétní úsek stanoven v příloze č. 1, součinitel tepelné vodivosti $2,00 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$. Další parametry viz (2), příl. 14, (6).

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy ze štěrkodrti je stanovena **0,20 m**.

Recyklovaná štěrkodrt'

Drcené kamenivo z vyzískaného kolejového lože upraveného recyklací na štěrkodrt' fr. 0/31,5 je uvažováno jako variantní materiál do podkladních vrstev z důvodu ekonomické výhodnosti při splnění dále předepsaných podmínek.

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-32 mm, číslo nestejnozrnnosti $C_{u,min} = 15$, míra zhutnění $I_{D,min} = 0,80$ (2), vlhkost materiálu při hutnění $w = 4-10 \%$, modul deformace materiálu v závislosti na míře zhutnění (viz tabulka materiálů) je pro konkrétní úsek stanoven v příloze č. 1, součinitel tepelné vodivosti $2,00 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$. Další parametry viz (2), příl. 17, (6).

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy z recyklované štěrkodrti je stanovena **0,20 m**.

Nepřípustné je použití recyklované štěrkodrti obsahující dolomitický vápenec nebo dolomit v jakémkoliv množství.

Geotextílie filtrační a separační

Na základě nevyhovujícího filtračního kritéria mezi podkladní vrstvou a zeminou zemní pláň dle (4) se užije geotextílie s funkcí filtrační a separační.

Obecné požadavky na geotextílie, které zajišťují filtrační a separační funkci zemní pláň a materiálu podkladní vrstvy jsou stanoveny (8), charakteristiky v (2), příl. 12.

Splnění filtračních kritérií dle (4) bude před realizací dílčích úseků vždy ověřeno a od použití filtrační a separační geotextílie případně upuštěno.

Materiál	Značka	Minimální zhutnění I_D	Modul deformace E (MPa)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Štěrkodrt', fr.0/32 nebo Výzisk z kolejového lože, fr. 32/63	ŠD, ŠDr VZ	0,80	60	2,00
		0,90	70	2,00
		0,95	80	2,00

Konstrukční vrstvy pražcového podloží budou zřizovány technologií se snášením železničního svršku. Rozsah sanací železničního spodku z velké části koresponduje s rozsahem úprav na železničním svršku. Přesný rozsah je patrný z přílohy č. 3 TZ.

Návrh KPP, ZKPP vychází z provedeného geotechnického průzkumu. Zemní pláň je v zájmovém území tvořena především zeminami třídy G3 G-F až G5 GC. V rámci geotechnického průzkumu byla u sond KS 3 a KS 4 zastižena geotextilie.

Přehled popisu zastižených materiálů v zemní pláni a výsledků statických zatěžovacích zkoušek je shrnut v geotechnickém průzkumu pražcového podloží, který je přílohou samotné technické zprávy.

3. TYPY KONSTRUKCÍ PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ (KPP)

Konstrukční uspořádání je provedeno dle předpisu SŽDC S4, příloha 6 a 7 a vzorových listů železničního spodku Ž4.

V celém úseku se navrhuje jako technologické minimum z důvodu dosažení řádného zhutnění podkladní vrstva ze štěrkodrti v tl. 0,20 m. Ta zajistí homogenitu na úrovni pláň tělesa železničního spodku a zajistí funkční odvodnění srážkových vod k odvodňovacímu zařízení.

Dle výsledků geotechnických průzkumů jsou navrženy následující typy konstrukce pražcového podloží definované intervalem použitelnosti dle zjištěné únosnosti na zemní plán:

Typy konstrukce pražcového podloží pro hlavní koleje ve stanicích pro regionální tratě, $E_{pl} \geq 30$ Mpa		Tloušťka vrstvy v mm
Zemní plán s únosností $E_{o\ red} \geq 70$ MPa, splněno filtrační kritérium		
KPP typ 1	kolejové lože	350
	zemní plán	

Typy konstrukce pražcového podloží pro předjízdne a ostatní koleje stanicích pro regionální tratě, $E_{pl} \geq 30$ Mpa		Tloušťka vrstvy v mm
Zemní plán s únosností $E_{o\ red} \geq 12 - 25$ MPa, nesplněno filtrační kritérium		
KPP typ 3	kolejové lože	350/300 (kolej č. 5)
	podkladní vrstva štěrkodrt' 0/32, $E = 80$ MPa	200/250
	filtrační a separační geotextilie	
	zemní plán	

zkratka	popis	h [m]	E [Mpa]	vliv vyztužení	výpočet	Ee [Mpa]	λ [W·m ⁻¹ K ⁻¹]	přepočet na tl. šp.	hšp [m]
	zemní plán				$E_{or} [Mpa] =$	12.00			
8	štěrkodrt'	0.25	80	0%	$k1 = 12.00/80.00 =$	0.15		$hšp = 0.25 \cdot$	
ŠD					$k2 = 0.25/((1 - 0.00) \cdot 0.30) =$	0.83	2.00	$2.30/2.00 =$	0.29
0					$k3 = 0.40$	$Ee = 0.40 \cdot 80.00 =$			
1		0.00	80		$k1 = 32.00/80.00 =$	0.40			
-					$k2 = 0.00/0.30 =$	0.00	32.00		
0					$k3 = 0.40$	$Ee = 0.40 \cdot 80.00 =$			
1		0.00							
-									
0									
	kolejové lože							hk =	0.55
					celkový ekvivalentní modul přetvárnosti $Ee [Mpa] =$	32.00	celková tloušťka $hšp + hk [m] =$		0.84

4. OCHRANA ZEMNÍ PLÁNĚ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY MRAZU

Při návrhu ochrany před nepříznivými účinky mrazu se uvažuje s charakteristikami zastižených materiálů zemní pláně, které byly stanoveny v rámci geotechnického průzkumu.

Vodní režim byl stanovován s přihlédnutím k zrnitostním křivkám zemin, odtokovým a morfologickým poměrům v oblasti a s ohledem na výskyt průsaků vody do sond a kapilárním schopnostem zemin. Namrzavost byla určena pomocí analýzy zrnitostních křivek. Dovolená tloušťka promrzání byla určena odečtem z tabulky 2 přílohy 7 k předpisu SŽDC S4 pro druh tratě B - celostátní tratě pro rychlost menší než 120 km/h. Souhrnná data z realizovaných kopaných sond jsou zobrazena v následující tabulce.

Sonda	Staničení	Vodní režim	Skupina zemin z. pláně dle namrzav. (tab. 2, př 7 S4)	hz dov (m) Tab. 2, př 7 S4
KS 1 až KS 8	7.689 – 8.420	příznivý		0,50
Vysvětlivky:				
			Skupina zemin nebezpečně namrzavých a vysoce namrzavých	

Na základě stanovených dovolených tlouštěk promrznutí zeminy zemní pláně byly definovány minimální tloušťky podkladních vrstev ze štěrkodrti zajišťujících požadovanou ochranu zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu.

Minimální tloušťka podkladní vrstvy ze štěrkopísku v kvazihomogéním bloku s těmito sondami je pak stanovena:

$$h_{\text{šp,min}} = h_{\text{pr}} - h_{\text{k}} - h_{\text{z dov}}$$

Tomu odpovídá minimální vrstva štěrkodrti tloušťky:

$$h_{\text{šd,min}} = h_{\text{šp}} \times \lambda_{\text{šd}} (\text{štěrkodrt} - 2,0 \text{ W} \cdot \text{m} \cdot \text{K}) / \lambda_{\text{šp}} (\text{štěrkopísku} - 2,3 \text{ W} \cdot \text{m} \cdot \text{K})$$

Stanovené hodnoty tloušťky štěrkodrti:

$h_{\text{z dov}}$	h_{pr}	h_{k}	$h_{\text{šp,min}}$	$h_{\text{šd,min}}$	$h_{\text{šd}}$
0,50	0,84	0,55	-0,21	-0,18	0,00

Jako technologické minimum podkladní vrstvy štěrkodrti je stanovena tloušťka **0,20 m**.

5. SPLNĚNÍ FILTRAČNÍHO KRITÉRIA

Pro rozhodnutí o návrhu filtrační geotextilie mezi materiálem zemní pláně a podkladní vrstvou ze štěrkodrti je potřeba zhodnotit splnění filtračního kritéria mezi těmito materiály. Filtrační kritérium je definováno v TNŽ 73 6949 příloha 1. Níže je uvedeno zhodnocení filtračních kritérií podle TNŽ 73 6949, při uvažování obecné štěrkodrti 0/32 s křivkou v mezích definovaných v S4:

Filtrační kritérium					<25	<5	>5
vzorek	třída	d50zp	d85zp	d15zp	d50šd/d50zp	d15šd/d85zp	d15šd/d15zp
KS 1	G3 G-F až G5 GC	4.50	25.0	0.7	0.93	0.01	0.34
KS 2	G3 G-F-Cb	20.0	45.0	1.0	0.20	0.00	0.13
KS 3	F4 CS	0.1	1.0	0.0	32.31	27.00	24.00
KS 4	G3 G-F	4.5	25.0	0.7	0.93	1.08	0.34
KS 5	G3 G-F až G4 GM	4.0	24.0	0.6	1.05	1.13	0.40
KS 6	F4 CS	0.15	5.5	0.004	28.00	4.91	60.00
KS 7	F6 CI	0.04	0.075	0.0014	105.00	360.00	171.43
KS 8	G3 G-F až G5 GC	4.5	25.0	0.7	0.93	1.08	0.34

Filtrační kritérium nebylo splněno u žádné z provedených sond. Na základě tohoto zjištění je navržena filtrační a separační geotextilie u kvazibloku č. 2, 3 a u ZKPP v okolí přejezdu P8142 v ev. km 8,258.

U kvazibloku č. 1 vzhledem k návrhu KPP typ 1 je zhodnoceno filtrační kritérium mezi zemní plání a kolejovým ložem.

Filtrační kritérium - KPP1						<25	<5	>5
vzorek	třída	kvaziblok	d50zp	d85zp	d15zp	d50kš/d50zp	d15kš/d85zp	d15kš/d15zp
KS 1, KS 2, KS 5	G3 G-F až G5 GC	1	4.5	25.0	0.7	8.00	1.08	38.57
Filtrační kritérium - KPP1						<25	<5	>5
vzorek	třída	kvaziblok	d50zp	d85zp	d15zp	d50kš/d50zp	d15kš/d85zp	d15kš/d15zp
KS 1, KS 2, KS 5	G3 G-F až G5 GC	1	4.5	25.0	0.7	10.22	1.40	50.00

U kvazibloku č. 1 je splněno filtrační kritérium a není třeba navrhovat filtrační a separační geotextilii.

6. PŘECHOD ZEMNÍHO TĚLESA NA STAVBY ŽELEZNIČNÍHO SPODKU (ZKPP)

U přejezdové konstrukce P8142 v ev. km 8,258 se navrhuje zesílená konstrukce pražcového podloží podle konstrukčních požadavků předpisu SŽDC S4, příloha 24 a vzorových listů železničního spodku Ž4.

Návrh zesílené konstrukce pražcového podloží vychází z následujících vstupních parametrů dle předpisu SŽDC S4, příloha 24, článek 14.

Druh koleje pro stávající tratě	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti v přechodové oblasti	
		E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa žel. spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- regionálních	1	15	50
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích			
- regionálních	2, 3	15	50
Ostatní koleje ve stanicích na tratích			
- regionálních	5	15	50

Délka zesílených konstrukcí pražcového podloží u přejezdové konstrukce je navržena minimálně na délku konstrukce + 5 m výběh ve stejné skladbě na obě strany. Výběh zesílené konstrukce pražcového podloží je ukončen přechodovým klínem ve sklonu 1:1

Návrh vychází z provedeného geotechnického průzkumu. Zemní pláň je v zájmovém území tvořena především jemnozrnnými zeminami třídy 6 s jílem s nízkou plasticitou (F6 CL).

Typy zesílených konstrukcí pražcového podloží

Konstrukční uspořádání je provedeno dle předpisu SŽDC S4 a vzorových listů železničního spodku Ž4. Dle výsledků geotechnických průzkumů je navržen pouze jeden typ konstrukce, který vychází z konstrukčního požadavku na minimální tloušťku vrstvy 0,5 m dle předpisu SŽDC S4, příloha 24. Tato konstrukce vyhovuje na základě zjištěných únosností na zemní pláni pro celý úsek. Pro celý úsek je navržena konstrukce ZKPP typ 1 tj. dvojité vrstvy štěrkodrti o tloušťce 0,5 m. Vzhledem k tomu, že nebylo splněno filtrační kritérium, je navržena po celé délce ZKPP filtrační a separační geotextilie.

Navržená konstrukce ZKPP:

Typy zesílené konstrukce pražcového podloží pro hlavní koleje, předjízdne a ostatní koleje ve stanici $E_{pl} \geq 50 \text{ Mpa}$		Tloušťka vrstvy v mm
Zemní pláš s únosností $E_{o \text{ red}} \geq 25 \text{ MPa}$, nesplněno filtrační kritérium		
ZKPP typ 1	kolejové lože	350/300
	podkladní vrstva štěrkodrt' 0/32, $E = 80 \text{ MPa}$	250
	podkladní vrstva štěrkodrt' 0/32, $E = 80 \text{ MPa}$	250
	filtrační a separační geotextilie	
	zemní pláš	

zkratka	popis	h [m]	E [Mpa]	vliv vyztužení	výpočet	Ee [Mpa]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	přepočet na tl. šp.	hšp [m]
	zemní pláš				Eor [Mpa] =	25.00			
8 šD ▾ 0	štěrkodrt'	0.25	80	0%	k1 = 25.00/80.00 = 0.31 k2 = 0.25/((1 - 0.00)*0.30) = 0.83 k3 = 0.59 Ee = 0.59*80.00 =	47.20	2.00	hšp = 0.25* 2.30/2.00 =	0.29
8 šD ▾ 0	štěrkodrt'	0.25	80	-	k1 = 47.20/80.00 = 0.59 k2 = 0.25/0.30 = 0.83 k3 = 0.80 Ee = 0.80*80.00 =	64.00	2.00	hšp = 0.25* 2.30/2.00 =	0.29
1 - ▾ 0		0.00							
	kolejové lože							hk =	0.55
					celkový ekvivalentní modul přetvárnosti Ee [Mpa] =	64.00	celková tloušťka hšp + hk [m] =		1.13

SEZNAM ODKAZŮ

- (1) Technické a kvalitativní podmínky staveb státních drah
- (2) SŽDC S4 Železniční spodek
- (3) Vzorový list železničního spodku Ž4 - Pražcové podloží
- (4) TNŽ 73 6949 - Odvodnění železničních tratí a stanic
- (5) ČSN EN 14227 Soubor norem pro směsi stmelené hydraulickými pojivy
- (6) OTP SŽDC č. j. 25 640/06-OP Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt'
pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku
- (7) ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- (8) OTP SŽDC č. j. 54 316/2014-O13 Geosyntetické výrobky v tělese železničního spodku
- (9) SŽDC S3 Železniční svršek