

OBSAH:

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	2
2	VSTUPNÍ ÚDAJE	2
2.1	Základní parametry konstrukce pražcového podloží.....	2
3	STAVEBNÍ OBJEKTY	3
3.1	SO 51-33-02 Oldřichov u Duchcova – Osek, železniční spodek.....	3
3.2	SO 52-33-02 ŽST Osek, železniční spodek	3
3.3	SO 53-33-02 Osek – Louka u Litvínova, železniční spodek.....	4
3.4	SO 54-33-02 ŽST Louka u Litvínova, železniční spodek	4
3.5	SO 55-33-02 Louka u Litvínova – Litvínov, železniční spodek.....	5
3.6	SO 56-33-02 ŽST Litvínov, železniční spodek.....	5
4	MATERIÁLY KONSTRUKČNÍCH VRSTEV	6
4.1	Konstrukční vrstvy.....	6
4.2	Geotextílie.....	7
4.3	Geomříž	7
4.4	Geomebrána	7
4.5	Zlepšení zemin pojivy.....	8
4.6	Tabulka materiálů	10
5	TYPY KONSTRUKCÍ PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ	11
6	ZÁSADY NÁVRHU	12
6.1	Vstupní údaje	12
6.2	Únosnost zemin zemní pláně	13
6.3	Stanovení úseků s jedním konstrukčním typem	13
6.4	Stávající sanace.....	13
6.5	Návrh typu konstrukce pražcového podloží	13
6.6	Podloží ze škváry	14
7	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ	14
8	OCHRANA KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY MRAZU	15
9	PŘECHOD ZEMNÍHO TĚLESA NA STAVBY ŽELEZNIČNÍHO SPODKU	18
9.1	Délka přechodové oblasti	19
9.2	Únosnost ZKPP	19
9.3	Ochrana ZKPP před nepříznivými účinky mrazu	20
9.4	Materiály konstrukčních vrstev	20
9.5	Typy ZKPP	21
9.6	Návrh typu zesílené konstrukce pražcového podloží	21
9.7	Posouzení únosnosti ZKPP	22
10	SEZNAM PŘÍLOH	22
11	SEZNAM ODKAZŮ.....	22

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby: Revitalizace a elektrizace trati Oldřichov u Duchcova - Litvínov
 Stupeň dokumentace: Projekt (P)
 Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, s.o.
 Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
 IČ: 70994234, DIČ: CZ70994234
 Kontaktní adresa:
 Správa železniční dopravní cesty, s.o.
 Stavební správa západ
 Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9
 Zhotovitel: SAGATSA, s.r.o.
 Novodvorská 1010/14, 142 00, Praha 4
 Odpovědný projektant: Ing. Emil Špaček
 Zpracovatel: Ing. Lukáš Jáneš

2 VSTUPNÍ ÚDAJE

2.1 Základní parametry konstrukce pražcového podloží

Únosnost konstrukce pražcového podloží

Řešený úsek je součástí regionální dráhy, ale vzhledem k tomu, že stavbou dochází k výraznému zvýšení rychlosti a zvětšení rozsahu pravidelné osobní dopravy kompletně v elektrické trakci, byly GŘ O13 požadovány parametry únosnosti jako pro celostátní trať. Tato trať je rovněž užívána jako odklonová pro úsek Oldřichov u Duchcova – Bílina – Most.

Minimální únosnost zemní pláně a minimální celková únosnost konstrukce pražcového podloží v úrovni pláně tělesa železničního spodku je stanovena (2), příloha 6.

Druh koleje pro stávající tratě	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
	E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích		
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	20	40
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích		
- celostátních	20	40
Ostatní koleje ve stanicích na tratích		
- celostátních	15	30

Ochrana zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu

Způsob ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu je stanoven předpisem (2), příloha 7. Vstupní charakteristiky klimatických podmínek:

- index mrazu (Teplice, Most) $I_{mn} = 350^{\circ} \text{C}$
- hloubka promrzání $h_{pr} = 0,84 \text{ m}$

3 STAVEBNÍ OBJEKTY**3.1 SO 51-33-02 Oldřichov u Duchcova – Osek, železniční spodek**

Druh koleje pro stávající tratě	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

3.2 SO 52-33-02 ŽST Osek, železniční spodek

Druh koleje pro stávající tratě	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	2	20	40
Ostatní koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	2a	15	30

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

ostatní staniční koleje

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

3.3 SO 53-33-02 Osek – Louka u Litvínova, železniční spodek

Druh koleje pro stávající trať	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		E _o [MPa] na zemní pláni	E _{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

3.4 SO 54-33-02 ŽST Louka u Litvínova, železniční spodek

Druh koleje pro stávající trať	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		E _o [MPa] na zemní pláni	E _{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	2, 3	20	40
Ostatní koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	5	15	30

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

ostatní staniční koleje

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

3.5 SO 55-33-02 Louka u Litvínova – Litvínov, železniční spodek

Druh koleje pro stávající trať	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		Eo [MPa] na zemní pláni	Epl [MPa] na pláni tělesa žel. spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

3.6 SO 56-33-02 ŽST Litvínov, železniční spodek

Druh koleje pro stávající trať	Kolej č.	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
		Eo [MPa] na zemní pláni	Epl [MPa] na pláni tělesa žel. spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích			
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	1	20	40
Předjízdne koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	3	20	40
Ostatní koleje ve stanicích na tratích			
- celostátních	5	15	30

Tloušťka kolejového lože podle (9), díl X:

traťové a staniční hlavní a předjízdne

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

ostatní staniční koleje

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

4 MATERIÁLY KONSTRUKČNÍCH VRSTEV

4.1 Konstrukční vrstvy

Materiály použité do podkladních vrstev musí být nesoudržné, propustné (vyjma minerální směsi) 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 těžbou 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 $2,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. 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' 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 $2,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. 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.

Minerální směs

Minerální směs je směs nejméně dvou frakcí přírodního drceného kameniva nebo recyklovaného materiálu vyrobená v mísícím centru, která je málo propustná a nenamrzavá

až mírně namrzavá. Zrnitost málo propustného materiálu je vymezena mezními křivkami G,H (2), příl.14.

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-32 mm, číslo nestejnozrnosti $C_{u,min} = 15$, míra zhutnění $I_{D,min} = 0,80$ (2), vlhkost materiálu při hutnění $w_{opt,max} = \pm 2 \%$, modul deformace materiálu v závislosti na míře zhutnění (viz tabulka materiálů) je pro konkrétní úsek stanoven v příloze č. 1, součinitel tepelné vodivosti $2,10 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$. Další parametry viz (2), příl. 14.

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy z minerální směsi je stanovena **0,20 m**.

Drcené kamenivo

Přírodní drcené kamenivo získané těžebním a drcením hornin je navrženo pro výměnu neúnosného podloží. Vrstva z drceného kameniva bude zřízena na podloží po odtěžení zemin měkké až kašovitě konzistence jako spodní konstrukční vrstva, oddělená od paraplaně separační geotextilií. Pod konstrukční vrstvu se klade výztužná geomřížka dle (4).

Zrnitost - široká frakce, základní řada 0-63 mm (alternativně 0-125 mm), míra zhutnění $I_{D,min} = 0,80$ (2), vlhkost materiálu při hutnění $w = 5-8 \%$, modul deformace materiálu $E = 100 \text{ MPa}$, součinitel tepelné vodivosti $2,00 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$. Další parametry viz (2), (3).

Nejmenší tloušťka konstrukční vrstvy z drceného kameniva je stanovena **0,30 m**.

4.2 Geotextílie

Geotextílie filtrační a separační

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

Obecné požadavky na geotextílie, které zajišťují filtrační a separační funkci zemní pláně 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.

4.3 Geomříž

Zvýšení únosnosti zemní pláně ze zemin charakteru G, S podle zásad uvedených v (2) kap. 6 je řešeno konstrukčním typem s podkladní vrstvou s výztužnou geomříží na zemní pláni.

Pevnost v tahu v podélném a příčném směru při porušení min. 30 kN/m , protažení v podélném a příčném směru při porušení max. 15% , pevnost v tahu při protažení 2% v podélném a příčném směru min. 8 kN/m .

Další požadavky na geomříže, které zajišťují výztužný účinek konstrukce pražcového podloží a charakteristiky jsou stanoveny (8), charakteristiky v (2), příl. 11.

4.4 Geomebrána

Pro zamezení pronikání srážkových vod do zemního tělesa se navrhuje užít pod podkladní vrstvu geomembrána s izolační funkcí (polymerní geosyntetická izolace).

Obecné požadavky na geomebrány, které zajišťují hydroizolační funkci a zamezují působení srážkové vody na zeminu zemní pláně jsou stanoveny (8), charakteristiky v (2), příl. 12.

4.5 Zlepšení zemin pojivy

Zemina zlepšená příměsí pojiva je zemina upravená promísením s pojivem anebo s kombinací pojiv, kterou dosáhne lepších fyzikálně-mechanických vlastností zlepšené zeminy. Zvýšení únosnosti zemní pláně ze zemin G, S a F podle zásad uvedených v (2) kap. 6 je řešeno konstrukčními typy 6.

Základním požadavkem na použití pojiv z hlediska životního prostředí je jejich bezprašnost. Tato podmínka musí být dodržena v každé pracovní fázi technologického postupu.

Nejmenší tloušťka vrstvy zlepšené zeminy po zhutnění je stanovena **0,30 m**.

Zlepšení zemin vápnem

Zlepšení zemin vápnem konstrukčním typem 6.1 je navrhováno jako ekonomicky nejvýhodnější technologie pro zlepšení zpracovatelnosti a zvyšování modulu přetvárnosti soudržných zemin.

Zemina musí splňovat předpoklady stanovené (1), (2), příl. 13 a dále specifikované (5). V případě nesplnění předpokladů je nutno zeminu upravit.

Zlepšení zeminy vápnem bude prováděno na místě těžkými frézami, předběžný obsah CaO 2 % z celkového objemu stavební směsi, předepsaná objemová hmotnost PS min. 100 %, CBR min. 10 %, míra zhutnění $I_{D \min} = 0,90$, modul deformace zeminy zlepšené vápnem $E_{ZZV} = 100$ MPa, min. únosnost na povrchu zlepšené vrstvy $E_{p,zlep} = 40$ MPa. V případě promrznutí vrstvy zlepšené zeminy do maximálně 1/3 tloušťky je požadováno CBR min. 47 %. Další parametry jsou stanoveny v (2), příl. 13.

Přesné složení směsi ve smyslu (1), (2), (5) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek z odebraných vzorků v rámci stavební přípravy dodavatele.

Zlepšení zemin směsným pojivem

Zlepšení zemin vápnem a cementem konstrukčním typem 6.2 je navrhováno pro zlepšení zpracovatelnosti a zvyšování modulu přetvárnosti např. směsných zemin a zemin s indexem plasticity $I_p = 6-10$. Předpokládá se použití směsného pojiva např. Geoport 50/50 (50% CaO + 50% cement).

Zemina musí splňovat předpoklady stanovené (1), (2), příl. 13 a dále specifikované (5). V případě nesplnění předpokladů je nutno zeminu upravit.

Zlepšení zeminy vápnem a cementem bude prováděno na místě těžkými frézami, orientační obsah směsného pojiva cca 4% z celkového objemu stavební směsi, předepsaná objemová hmotnost PS min. 100%, CBR min. 10 %, míra zhutnění $I_{D \min} = 0,90$, modul deformace zeminy zlepšené vápnem a cementem $E_{ZZSP} = 130$ MPa, min. únosnost na povrchu zlepšené vrstvy $E_{p,zlep} = 40$ MPa. V případě promrznutí vrstvy zlepšené zeminy do maximálně 1/3 tloušťky je požadováno CBR min. 47 %. Další parametry jsou stanoveny v (2), příl. 13.

Přesné složení směsi ve smyslu (1), (2), (5) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek z odebraných vzorků v rámci stavební přípravy dodavatele.

Zlepšení zemin cementem

Zlepšení zemin cementem konstrukčním typem 6.3 je navrhováno pro zlepšení zpracovatelnosti a zvyšování únosnosti podloží při výskytu zemin nesoudržných, písčitých, příp. štěrkovitých zemin s doporučeným indexem plasticity $I_p < 6$.

Zemina musí splňovat předpoklady stanovené (1), (2), příl. 13 a dále specifikované (14). V případě nesplnění předpokladů je nutno zeminu upravit.

Zlepšení zeminy cementem bude prováděno na místě těžkými frézami, orientační obsah cementu 2-4 % z celkového objemu stavební směsi, předepsaná objemová hmotnost PS min. 100 %, CBR min. 10 %, míra zhutnění $I_{D \text{ min}} = 0,90$, modul deformace zeminy zlepšené cementem $E_{ZZC} = 160 \text{ MPa}$, min. únosnost na povrchu zlepšené vrstvy $E_{p, \text{zlep}} = 40 \text{ MPa}$. V případě promrznutí vrstvy zlepšené zeminy do maximálně 1/3 tloušťky je požadováno CBR min. 47 %. Další parametry jsou stanoveny v (2), příl. 13.

Přesné složení směsi ve smyslu (1), (14) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek z odebraných vzorků v rámci stavební přípravy dodavatele. Přesné složení směsi ve smyslu (1), (2), (5) je nutno navrhnout na základě laboratorních zkoušek z odebraných vzorků v rámci stavební přípravy dodavatele.

4.6 Tabulka materiálů

Materiál	Značka	Minimální zhutnění I_D / PS	Modul deformace E (MPa)	Součinitel tepelné vodivosti λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
štěrkodrt', fr.0-32 nebo štěrkodrt', fr.0-32 z recyklace	ŠD ŠDr	0,80	60	2,00
		0,90	70	2,00
		0,95	80	2,00
upravený recyklát	UR	0,80	70	2,00
		0,90	80	2,00
		0,95	90	2,00
minerální směs	MS	0,90	80	2,10
		0,95	90	2,10
		1,00	100	2,10
drcené kamenivo	DK	0,80	100	2,00
zlepšení zeminy vápnem	ZZV	0,90/100%	100	1,50
zlepšení zeminy směsným pojivem	ZZSP	0,90/100%	130	1,50
zlepšení zeminy cementem	ZZC	0,90/100%	160	1,50
štěrkodrt' stabilizovaná cementem, dovoz z míchacího centra	ŠD-SC I	0,90	220	1,75
geomříž výztužná	Gm			
geotextílie filtrační a separační	Gt			
geomembrána	Gb			

Do projektové dokumentace jsou zapracovány základní materiály. V případě použití variantních materiálů na stavbě je nutno návrh pražcového podloží ověřit, příp. přehodnotit.

5 TYPY KONSTRUKCÍ PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Označení konstrukcí pražcového podloží je dle (3). V rámci stavby se navrhují tyto konstrukce pražcového podloží (KPP).

a) konstrukční typ KPP 1

- ☐ kolejové lože
- ☐ geotextílie filtrační a separační
- ☐ zemní pláň

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

b) konstrukční typ KPP 2.3

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva – štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ☐ výměna podloží – drcené kamenivo, fr. 0-63 mm, tl. min. 0,30 m
- ☐ výztužná geomříž
- ☐ geotextílie filtrační a separační
- ☐ zemní pláň

Místo výztužné geomříže a geotextílie filtrační a separační je možné použít geokompozit splňující obě funkce dle (8)

c) konstrukční typ KPP 3.1

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ☐ geotextílie filtrační a separační
- ☐ zemní pláň

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

d) konstrukční typ KPP 3.2

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ☐ geomříž výztužná
- ☐ geotextílie filtrační a separační
- ☐ zemní pláň

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

Místo výztužné geomříže a geotextílie filtrační a separační je možné použít geokompozit splňující obě funkce dle (8)

e) konstrukční typ KPP 3.3a

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m

❑ **geomembrána**

- ❑ konstrukční a ochranná vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ❑ geotextílie filtrační a separační
- ❑ zemní pláň

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

f) konstrukční typ KPP 3.3b

- ❑ kolejové lože
- ❑ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ❑ **geomembrána**
- ❑ konstrukční a ochranná vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,20 m
- ❑ geomříž výztužná
- ❑ geotextílie filtrační a separační
- ❑ zemní pláň

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

Místo výztužné geomříže a geotextílie filtrační a separační je možné použít geokompozit splňující obě funkce dle (8)

g) konstrukční typ KPP 6.1

- ❑ kolejové lože
- ❑ podkladní vrstva - štěrkodrt', tř. A, fr. 0-32 mm, tl. min. 0,25 m
- ❑ zlepšení zeminy vápnem
- ❑ zemní pláň

h) konstrukční typ KPP 6.2

- ❑ kolejové lože
- ❑ podkladní vrstva - štěrkodrt', tř. A, fr. 0-32 mm, tl. min. 0,25 m
- ❑ zlepšení zeminy vápnem a cementem/ směsným pojivem
- ❑ zemní pláň

i) konstrukční typ KPP 6.3

- ❑ kolejové lože
- ❑ podkladní vrstva - štěrkodrt', tř. A, fr. 0-32 mm, tl. min. 0,25 m
- ❑ zlepšení zeminy cementem
- ❑ zemní pláň

Grafický přehled konstrukce pražcového podloží je uveden v příloze č. 2.

6 ZÁSADY NÁVRHU

6.1 Vstupní údaje

Vstupní údaje pro návrh konstrukce pražcového podloží, viz kap. 2 a 3.

6.2 Únosnost zemin zemní pláň

- Návrh vychází z modulů přetvárnosti zemní pláň dle GTP průzkumu.
- V případě větších rozptylů hodnot v jednom celku byla výpočtová hodnota stanovena s ohledem na další mechanické vlastnosti zemin, s ohledem na hladinu podzemní vody a celkovou racionalizaci návrhu vč. zohlednění technologie realizace stavby. Dále bylo zohledněna výšková úroveň projektované zemní pláň vůči úrovni zatěžovací zkoušky v dané sondě (viz příloha č. 2).

6.3 Stanovení úseků s jedním konstrukčním typem

- Rozhraní mezi úseky se zeminami odlišných mechanických vlastností, vodním režimem a únosností je v základním dělení provedeno matematicky.
- Zpřesnění hranic je prováděno na základě morfologie terénu, podle úseků s vysokou úrovní hpv nebo v přechodech mezi jednotlivými typy zemního tělesa (násyp, odřez). V místech stejného typu zemního tělesa je hranice volena v úrovni staveb železničního spodku (mosty, propustky, přejezdy).
- Min. délka úprav zemní pláň (jeden konstrukční typ) je 300 m. Výjimkou jsou kratší úseky vymezené umělými stavbami nebo krátké úseky vymezené POV a možnostmi nasazení technologií pro zřizování KPP.

6.4 Stávající sanace

- Historické sanace, které již nesplňují požadavky na nové parametry trasy nebo jejich výšková poloha je nevyhovující vzhledem k poloze nové zemní pláň, příp. parapláň, nejsou v návrhu uvažovány.

6.5 Návrh typu konstrukce pražcového podloží

Celky jsou rozděleny do kategorií podle únosnosti zemní pláň a podle požadavků na únosnost konstrukce pražcového podloží:

min. $E_0 = 20$ MPa, min. $E_{pl} = 40$ MPa

- a) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: do 15 MPa
- b) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: 15 – 20 MPa
- c) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: nad 20 MPa
- d) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: nad 40 MPa

min. $E_0 = 15$ MPa, min. $E_{pl} = 30$ MPa

- a) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: do 10 MPa
- b) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: 10 – 15 MPa
- c) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: nad 15 MPa
- d) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o\text{ red}}$: nad 30 MPa

Zvýšení únosnosti zemní pláň **kategorie a)** v úsecích s nízkou únosností zemní pláň a s vysokou hladinou hpv je navrženo výměnou nevhodných zemin podloží pomocí **typu KPP 2.3.**

V případě, že nelze použít výměnu zemin podloží z důvodu návrhu odvodnění (jeho zahloubení) nebo se jedná o delší souvislé úseky, je navrženo zlepšením zemin zemní pláně pojiivy pomocí **typu KPP 6.1, 6.2 nebo 6.2** dle charakteru zemin zemní pláně.

Zvýšení únosnosti zemní pláně **kategorie b)** je navrženo konstrukčními vrstvami s výztužnými prvky s příp. použitím filtrační a separační geotextílie pomocí **typu KPP 3.2**.

Úseky s únosností zemní pláně **kategorie c)** jsou řešeny konstrukční vrstvou s příp. použitím filtrační a separační geotextílie pomocí **typu KPP 3.1**.

Úseky s vyhovující únosností zemní pláně **kategorie d)** jsou řešeny bez konstrukční vrstvy s příp. použitím filtrační a separační geotextílie **typem KPP 1**.

Mimo uvedené kategorie jsou použity odlišné konstrukce v km 48,025 – 51,100 na náspu z popelovin, kde se navrhuje konstrukce s izolační geomembránou, které zabraňuje pronikání dešťových vod do násypového tělesa.

V celém úseku se navrhuje dvouvrstvá konstrukce ze dvou vrstev, mezi které je vložena izolační geomembrána. Spodní konstrukční vrstva zároveň plní funkci ochranou pro geomembránu. V úsecích s nízkou únosností zemní pláně **kategorie a)** je navrženo zvýšení únosnosti zemní pláně výztužnými prvky s příp. použitím filtrační a separační geotextílie pomocí **typu KPP 3.3b**. V úsecích s únosností zemní pláně **kategorie b) a c)** se použije konstrukční typ **KPP 3.3a**.

6.6 Podloží ze škváry

V lokalitách s podložím ze škváry bude škvára v podloží ponechána. Po dobu stavby je nutné přijmout taková opatření, aby nedošlo k její degradaci stavebními mechanizmy a klimatickými podmínkami.

7 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Posouzení navržené konstrukce pražcového podloží na únosnost je provedeno podle závazné metodiky předpisu (2), příloha 6.

Únosnost jednotlivých úseků s pražcovým podložím stejného typu je posuzována v úrovni:

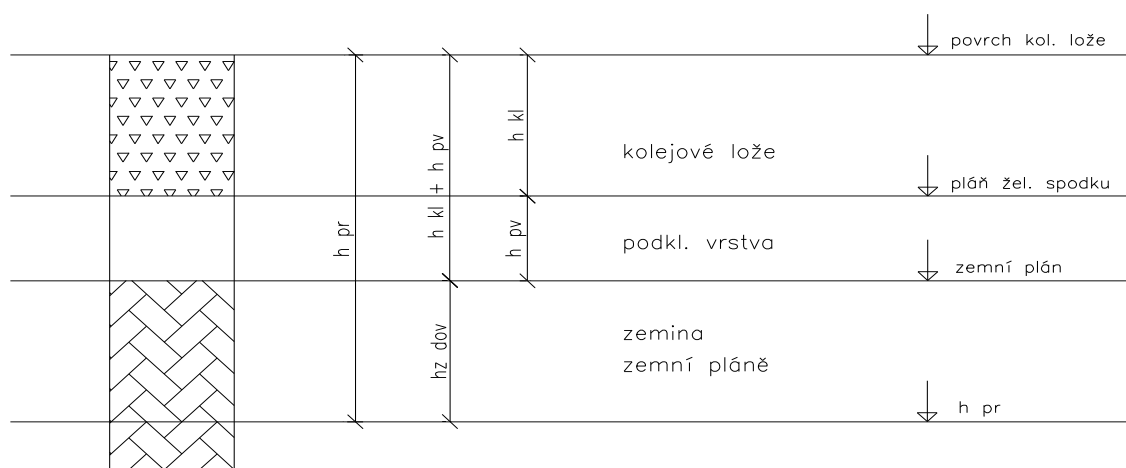
- zemní pláně
- pláně tělesa železničního spodku

Návrh a posouzení konstrukce pražcového podloží z hlediska únosnosti je doložen v příloze č. 1.

8 OCHRANA KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY MRAZU

Typ KPP 2 a 3 - Podkladní vrstva a podkladní vrstva s plošným prvkem

1) Úroveň zemní pláně



Tloušťka podkladní vrstvy:

$$h_{\text{štp}} = h_{\text{pr}} - h_{\text{kl}} - h_{\text{z, dov}}$$

- tloušťka podkladních vrstev $h_{\text{štp}}$ dle tabulek $h_{\text{z, dov}}$ je stanovena pro štěrkopísky:

$$\lambda_{\text{štp}} = 2,30 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- pro použité materiály v konstrukčních vrstvách pražcového podloží je proveden přepočet na ekvivalent štěrkopísku dle vztahu:

$$h_{\text{pv}} = \frac{\lambda_{\text{pv}}}{\lambda_{\text{štp}}} h_{\text{štp}}$$

štěrkodrt':

$$h_{\text{sd}} = \frac{2,00}{2,30} h_{\text{štp}} = 0,869 h_{\text{štp}}$$

Tabulka $h_{\text{šd,min}}$ - hlavní staniční a předjízdne koleje, celostátní tratě pro rychlost do 120 km/h, pro $h_{\text{kl}} = 0,55\text{m}$ a $h_{\text{pr}} = 0,84\text{m}$

$$h_{\text{štp}} = 0,84 - 0,55 - h_{\text{z,dov}}$$

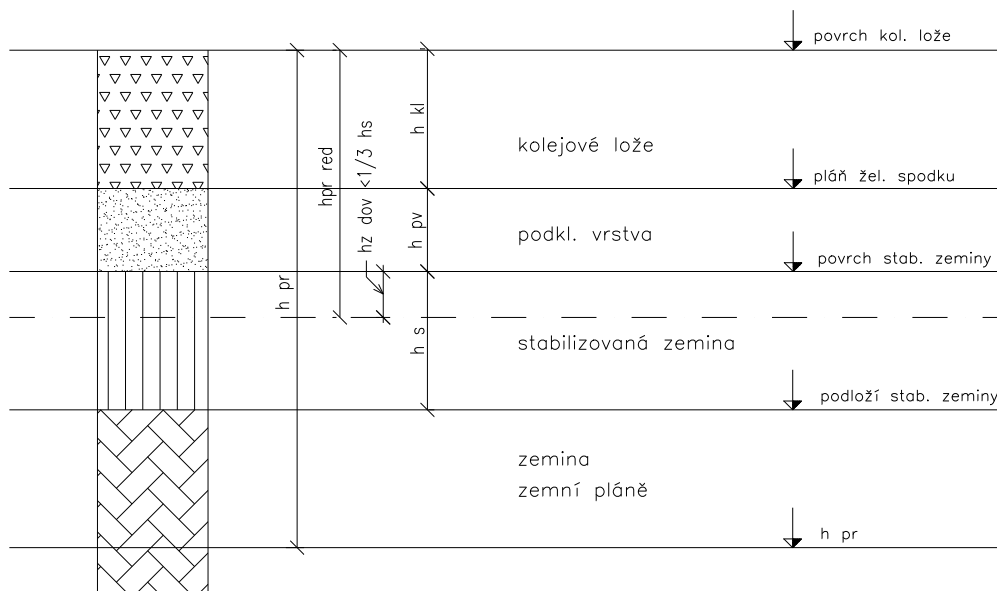
vodní režim	zeminy vysoce namrzavé (VNA), nebezpečně namrzavé (NNA)			zeminy mírně namrzavé (MNA), namrzavé (NA)		
	$h_{\text{z,dov}}$	$h_{\text{štp}}$	$h_{\text{šd,min}}$	$h_{\text{z,dov}}$	$h_{\text{štp}}$	$h_{\text{šd,min}}$
příznivý (P)	0.40	-0.11	0.00	0.60	-0.31	0.00
nepříznivý (N)	0.30	-0.01	0.00	0.50	-0.21	0.00
velmi nepříznivý (VN)	0.15	0.14	0.12	0.40	-0.11	0.00

Tabulka $h_{\text{šd,min}}$ - ostatní staniční koleje, celostátní tratě pro rychlost do 120 km/h, pro $h_{\text{kl}} = 0,50\text{m}$ a $h_{\text{pr}} = 0,84\text{m}$

$$h_{\text{štp}} = 0,84 - 0,50 - h_{\text{z,dov}}$$

vodní režim	zeminy vysoce namrzavé (VNA), nebezpečně namrzavé (NNA)			zeminy mírně namrzavé (MNA), namrzavé (NA)		
	$h_{\text{z,dov}}$	$h_{\text{štp}}$	$h_{\text{šd,min}}$	$h_{\text{z,dov}}$	$h_{\text{štp}}$	$h_{\text{šd,min}}$
příznivý (P)	0.40	-0.06	0.00	0.60	-0.26	0.00
nepříznivý (N)	0.30	0.04	0.03	0.50	-0.16	0.00
velmi nepříznivý (VN)	0.15	0.19	0.17	0.40	-0.06	0.00

Vzhledem ke stanovení minimální technologické tloušťky podkladní vrstvy 0,20 m (> 0,17 m) vyhovují všechny konstrukce typu 2 a 3 z hlediska ochrany před nepříznivými účinky mrazu.

Typ 6 – Zlepšení zemin pojivy**1) Úroveň zemní pláň - povrch zlepšené nebo stabilizované zeminy**

Předpoklad:

- dovolená hloubka promrznutí vrstvy ze zlepšených zemin:
 - max. 1/3, pokud je zlepšená zemina nenamrzavá (2), příloha 13.
- tloušťka vrstvy ze zlepšených zemin min. $h_{zz} = 0,30 \text{ m}$

a) hloubka promrznutí

$$h_{pr} = h_{kl} + h_{pv} + h_{z,dov}$$

b) hloubka promrznutí - přepočet na ekvivalent štěrkopísku

$$h_{pr} = h_{kl} + \frac{\lambda_{stp}}{\lambda_{pv,\delta d}} h_{pv,\delta d} + h_{z,dov}$$

c) min. tloušťka zlepšených zemin

$$h_{z,dov} \leq \frac{1}{3} h_s \rightarrow h_{s,min} = 3h_{z,dov}$$

d) stanovení min. tl. podkladní vrstvy

$$h_{pv,\delta d} = \frac{\lambda_{pv,\delta d}}{\lambda_{stp}} \left(h_{pr} - h_{kl} - \frac{1}{3} h_s \right)$$

Tabulka $h_{pv,šd}$ pro $h_{kl} = 0,55\text{m}$ a $h_{pr} = 0,84\text{m}$

h_s	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
$h_{z,dov}$	0.18	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10
$h_{pv,min}$	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17
$h_{pv,šd}$	0.10	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20

Tabulka $h_{pv,šd}$ pro $h_{kl} = 0,50\text{m}$ a $h_{pr} = 0,84\text{m}$

h_s	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
$h_{z,dov}$	0.18	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10
$h_{pv,min}$	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21
$h_{pv,šd}$	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25

Pokud nebude zlepšená zemina nenamrzavá, je nutné uvažovat s $h_{z,dov} = 0$. Minimální tl. podkladní vrstvy bude stanovena

$$h_{pv,šd} = \frac{\lambda_{pv,šd}}{\lambda_{štp}} (h_{pr} - h_{kl})$$

pro $h_{kl} = 0,55\text{m}$ a $h_{pr} = 0,84\text{m}$ je stanoveno $h_{pv,šd} = 0,25\text{m}$

pro $h_{kl} = 0,50\text{m}$ a $h_{pr} = 0,84\text{m}$ je stanoveno $h_{pv,šd} = 0,30\text{m}$

Vzhledem k nejistotě zajištění vrstvy zlepšené zeminy jako nenamrzavé a vzhledem k minimálnímu rozdílu tloušťky podkladní vrstvy pro zajištění ochrany vrstvy zlepšené zeminy před promrzáním oproti technologickému minimu se navrhuje min. tloušťka podkladní vrstvy pro typ 6 – zlepšené zeminy o velikosti **0,25 m**.

Typ 6 – Stabilizace

Předepsané hodnoty odolnosti stabilizace proti účinkům mrazu a vody stanoví předpis (2), příloha 13, tab. 7 a 8.

9 PŘECHOD ZEMNÍHO TĚLESA NA STAVBY ŽELEZNIČNÍHO SPODKU

U mostních objektů, propustků (mimo trubní) a železničních přejezdů jsou navrženy přechody ze zemního tělesa na mosty, propustky a železniční přejezdy zesílenou konstrukcí pražcového podloží podle konstrukčních požadavků předpisu (2), příl. 24, která zajistí pozvolný nárůst tuhosti a zvýšenou únosnost u přejezdů.

9.1 Délka přechodové oblasti

Zesílená konstrukce pražcového podloží se provádí na celou délku přechodové oblasti, která je stanovena (2), příloha 24 a činí:

- na stávajících tratích $H_0 + 5,00$ m, u konstrukce ze štěrkodrtě stabilizované cementem nebo z mezerovitého betonu $H_0 + 2,00$ m, kde H_0 je výška přechodové oblasti, určená předpisem SŽDC S 4, příloha 24.

V případě, že stávající těleso v náspu za mostní opěrou je tvořeno kvalitním materiálem a lze předpokládat, že požadovaná únosnost v přechodové oblasti bude dosažena, není nutné pro vytvoření přechodového klínu odebírat stávající zemní těleso až k patě náspu.

Přechodová oblast je navržena na délku min. 7,00 m a max. 20,00 m (viz dále odlišné řešení).

Přechodová oblast se provádí u stávajících klenbových mostních objektů na vzdálenost $L/2 + 7,00$ m od vrcholu klenby, kde L je světlá šířka objektu.

U rekonstrukcí a oprav (např. izolací) klenbových mostních objektů, kde dochází k obnažení rubu opěry, se přechodová oblast navrhuje na vzdálenost $H_0 + 2,00$ m, (min. 7,00 m) od opěry.

Zesílená konstrukce pražcového podloží se provádí v tloušťce min. 0,50 m na celou délku přechodové oblasti. Přechod z plné tloušťky zesílené konstrukce pražcového podloží na konstrukci pražcového podloží přilehlého traťového úseku se provádí výběhem na délku min. 5,00 m s ukončením ve sklonu 1:1.

Zesílená konstrukce pražcového podloží je navržena u všech mostních objektů, jejichž povrch nosné konstrukce je ve vzdálenosti menší než 1,20 m od nivelety koleje. U mostních objektů se vzdáleností větší než 1,20 m se zesílená konstrukce pražcového podloží nenavrhuje.

Zesílená konstrukce pražcového podloží se nenavrhuje u trubních propustků.

Pokud přechodová oblast včetně výběhu zesílené konstrukce pražcového podloží zasahuje do kolejového rozvětvení nebo dilatačního zařízení, je zesílená konstrukce pražcového podloží navržena i pod kolejovým rozvětvením nebo dilatačním zařízením tak, aby nebyla ukončena pod výměnovou nebo srdcovkou částí výhybky nebo pod výhybkovou konstrukcí včetně společných pražců.

Rozsah přechodové oblasti včetně výběhů zesílené konstrukce pražcového podloží je v projektové dokumentaci řešen podle výše uvedených zásad.

V místech přechodu tělesa železničního spodku na úrovňový železniční přejezd, mimo přechody pro pěší, je navržena zesílená konstrukce pražcového podloží na délku min. 5,00 m při $V < 120$ km/h. Pro přejezd bude použita stejná zesílená konstrukce pražcového podloží jako v přilehlé přechodové oblasti.

9.2 Únosnost ZKPP

Min. celková únosnost zesílené konstrukce pražcového podloží v úrovni pláně tělesa železničního spodku je stanovena (2), příloha 24.

Druh koleje pro stávající trať	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti v přechodové oblasti	
	E_o [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích		
- celostátních ostatních pro rychlost menší než 120km/h	20	60
Předjízdové koleje ve stanicích na tratích		
- celostátních	20	60
Ostatní koleje ve stanicích na tratích		
- celostátních	15	50

9.3 Ochrana ZKPP před nepříznivými účinky mrazu

Ochrana v přechodové oblasti před nepříznivými účinky mrazu je posuzována jako konstrukce pražcového podloží a je stanovena (2), příloha 7. Vstupní charakteristiky klimatických podmínek a způsob ochrany ZKPP je posuzován shodně s konstrukcí pražcového podloží, viz kapitola 1 a kapitola 8.

Vzhledem ke stanovení min. tl. podkladních vrstev, není posouzení kapitoly 8 potřeba.

9.4 Materiály konstrukčních vrstev

Štěrkodrt'

Požadavky na materiál do konstrukční vrstvy ZKPP ze štěrkodrtě jsou shodné jako pro konstrukční vrstvy pražcového podloží, viz kapitola 4. Minimální požadovaná míra zhutnění v přechodové oblasti pro vrstvy ze štěrkodrtě je dána hodnotou $I_{D,min} = 0,80$ podle (2), příloha 24.

Minerální směs

Požadavky na materiál do konstrukční vrstvy ZKPP z minerální směsi jsou shodné jako pro konstrukční vrstvy pražcového podloží, viz kapitola 4. Minimální požadovaná míra zhutnění v přechodové oblasti pro vrstvy z minerální směsi se předepisuje v hodnotě $I_{D,min} = 0,95$. Modul deformace minerální směsi $E_{MS min} = 90$ MPa.

Výztužné prvky

Požadavky na výztužné geomříže a výztužné geotextíle do konstrukční vrstvy ZKPP ze štěrkodrtě jsou shodné jako pro konstrukční vrstvy pražcového podloží, viz kapitola 4.

Štěrkodrt' stabilizovaná cementem

Stabilizace štěrkodrti cementem je navržena pro konstrukční vrstvu zesílené konstrukce pražcového podloží přechodové oblasti mostních objektů a přejezdů.

Pro stabilizaci je určena štěrkodrt', fr. 0-32 mm, požadavky na kvalitu materiálu jsou specifikovány v kapitole 4.

Požadavky na štěrkodrt' stabilizovanou cementem budou dle (5). Zatřídění:

- stabilizace, typ 1,
- třída pevnosti (pevnost v prostém tlaku) min. C4/5.

Dále budou splněny požadavky (2) příloha 13. Jedná se zejména o splnění pevnostních požadavků a odolnosti proti mrazu (ve smyslu požadavku ČSN EN 14227-1 kap. 8.2).

Stabilizace štěrkodrti bude prováděna v mísícím centru, orientační obsah cementu je 8 % z celkového objemu stavební směsi. Míra zhutnění bude $I_{D,min} = 0,90$, modul deformace štěrkodrti stabilizované cementem $E_{SD-SCI} = 220$ MPa, min. únosnost na povrchu stabilizované vrstvy $E_{p,stab} = 60$ MPa.

Nejmenší tloušťka vrstvy štěrkodrti stabilizované cementem po zhutnění je stanovena **0,25 m**.

9.5 Typy ZKPP

a) konstrukční typ ZKPP 1

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,50 m
- ☐ geotextílie filtrační a separační
- ☐ zemní pláň

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

b) konstrukční typ ZKPP 2

- ☐ kolejové lože
- ☐ podkladní vrstva - štěrkodrt', fr. 0-32 mm, tl. min. 0,25 m (v součtu obě vrstvy min. 0,50 m)
- ☐ štěrkodrt' stabilizovaná cementem, fr. 0-32 mm, tl. min. 0,25 m
- ☐ zemní pláň

9.6 Návrh typu zesílené konstrukce pražcového podloží

Celky jsou rozděleny do kategorií podle únosnosti zemní pláně a podle požadavků na únosnost konstrukce pražcového podloží:

min. $E_0 = 20$ MPa, min. $E_{pl} = 60$ MPa

- a) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o,red}$: do 20 MPa
- b) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o,red}$: nad 20 MPa

min. $E_0 = 15$ MPa, min. $E_{pl} = 50$ MPa

- a) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o,red}$: do 15 MPa
- b) redukovaný modul přetvárnosti $R_{o,red}$: nad 15 MPa

V úsecích s nízkou únosností zemní pláně **kategorie a)** je navrženo **konstrukce ZKPP 2**.

V úsecích s dostatečnou únosností zemní pláň **kategorie b)** je navrženo **konstrukce ZKPP 1**.

9.7 Posouzení únosnosti ZKPP

Posouzení navržené konstrukce pražcového podloží na únosnost je provedeno podle závazné metodiky (2), příloha 6.

Únosnost jednotlivých úseků s pražcovým podložím stejného typu je posuzována v úrovni:

- pláň tělesa železničního spodku.

Návrh a posouzení zesílené konstrukce pražcového podloží z hlediska únosnosti je doložen v příloze č. 1.

10 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 - Psaný přehled konstrukce pražcového podloží
- Příloha č. 2 – Podélný geotechnický profil

11 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