

## Železniční trať Žďár nad Sázavou – Tišnov

Bystřice nad Pernštejnem, Rožná

*Geotechnický průzkum vybraných žel. přejezdů (P7048 v km 63.686, P7049 v km 64.396, P7050 v km 65.952, P7051 km 66.247 a P7054 v km 69.846) pro akci „Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná“*

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

Martin Jech



objednatel: TYMDI s.r.o., Moskevská 532/60, Praha 10, 101 00



Praha, září - říjen 2019



## OBSAH

1. Úvod .....	str. 1
2. Metodika průzkumných prací .....	str. 1
3. Geomorfologické a geologické poměry zájmového území .....	str. 1
4. Stávající situace a popis železničních přejezdů .....	str. 3
5. Výsledky průzkumných prací .....	str. 7
6. Mechanicko-fyzikální parametry zastižených geotechnických prostředí .....	str. 11
7. Návrhy ZKPP .....	str. 13

Příloha č. 1     Situace železničních přejezdů

Příloha č. 2     Situace průzkumných prací

Příloha č. 3     Dokumentace provedených sond

Příloha č. 4     Výsledky statických zatěžovacích zkoušek

Příloha č. 5     Laboratorní rozborů zemin



## 1. Úvod

Na základě objednávky společnosti TYMDI s.r.o., Moskevská 532/60, Praha 10, 101 00 byl zpracován geotechnický průzkum pro potřeby objednatele (zpracování projektové dokumentace na akci „Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná“. Předmětem předkládané závěrečné zprávy je ověření typu a geotechnické kvality základové půdy (pražcového podloží) pěti železničních přejezdů na trati Tišnov – Žďár nad Sázavou v úseku Bystřice nad Pernštejnem - Rožná. Jako podklad byla objednatelem poskytnuta situace s kilometrickou polohou přejezdů.

## 2. Metodika průzkumných prací

Terénní etapě předcházela část v podobě studia dostupných archivních materiálů převážně z databáze ČGS a Geofondu ČR.

Následovala etapa inženýrské činnosti tj. vyhledání železničních přejezdů, jejich dokumentace, ověření přístupu, dále kontakt se zástupci dopravy (dopravní kanceláře žel. stanice Bystřice nad Pernštejnem), získání časového harmonogramu pro provádění prací (práce probíhaly na nevyloučené koleji). Situace jednotlivých přejezdů tvoří Přílohu č. 1.

Pro ověření skladby a kvality pražcového podloží byla u všech železničních přejezdů provedena ručně kopaná sonda (místo provádění sond bylo závislé na konstrukci přejezdu). Kopaná část průzkumné sondy byla vedena do úrovně zemní pláně (do hl. 1.05m pod úložnou plochou pražce). Následně byl ze dna sondy odebrán porušený vzorek pro stanovení indexových parametrů zemin zemní pláně (Příloha č. 4). Poté byla v úrovni dna kopané sondy realizována statická zatěžovací zkouška ve smyslu Přílohy č. 5 k předpisu S4 SŽDC. V závěru byly sondy prodlouženy zaráženou sondou (maloprofilovým vrtem).

Popis profilů jsou uvedeny v textu zprávy a v rámci Přílohy č. 2 (popis byl prováděn od úložné plochy pražců). Výsledky statických zatěžovacích zkoušek jsou zpracovány v Příloze č. 3.

## 3. Geomorfologické a geologické poměry zájmového území

Geomorfologické poměry - dle regionálního členění ČR náleží zájmové území do provincie Česká vysočina, Česko-moravské subprovincie, oblasti (podsoustavy) Českomoravská vrchovina, celku Hornosvratecká vrchovina, podcelku Žďárské vrchy (v případě žel. přejezdu P7054 v km 69.846 podcelku Nedvědicá vrchovina). Hranice mezi podcelky probíhá z údolí Nedvědičky u Rodkova směrem k Bystřici nad Pernštejnem, dále údolím Bystřice k Víru a údolím Svratky proti toku až k Borovnici.

Typem georeliéfu je plochá vrchovina s vyklenutým zemským povrchem. V krajině typické úzké hřbety se skalisky a hluboká rozevřená údolí, charakteristický údolní profil je označován jako „žďárský“ typ georeliéfu.

Podle Quittovy klimatické klasifikace (1971) spadá území do chladné podoblasti CH7, na kterou z jihu navazuje mírně teplá oblast MT3. Rajon CH7 je charakteristický dlouhým mírně chladným jarem, dlouhým mírně chladným létem, dlouhým mírným podzimem, s dlouhou mírnou zimou, která je mírně vlhká s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Index  $I_{mn}$  600 °C.den.

Charakteristika chladné podoblasti CH7 a mírně teplé podoblasti MT3

Charakteristika	MT3	CH7
Počet letních dnů	20 - 30	10 - 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	120 - 140	120 - 140
Počet mrazových dnů	130 - 160	140 - 160
Počet ledových dnů	40 - 50	50 - 60
Průměrná teplota v lednu [°C]	-3 - (-4)	-3 - (-4)
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 - 17	15 - 16
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 - 120	120 - 130
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100	100 - 120

Geologické poměry – z regionálně-geologického hlediska lze zájmové území zařadit do soustavy: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum a zčásti do oblasti: kutnohorsko-svratecká oblast, regionu: kutnohorské krystalinikum, svratecké krystalinikum (žel. přejezdy P7048 v km 63.686, P7049 v km 64.396 a P7051 km 66.247). V případě žel. přejezdů P7050 v km 65.952 a P7054 v km 69.846 lze zájmové území zařadit do oblasti: moldanubická oblast (moldanubikum), regionu: metamorfní jednotky v moldanubiku.

Z petrografického hlediska je skalní podklad zájmového území budován metamorfovanými horninami charakteru svor, pararula a amfibolit proterozoického a spodnopaleozoického stáří.

Kvartérní pokryv je zde obecně menšinově zastoupen eluviem skalního podkladu a dále svahovými (deluviálními) sedimenty charakteru výrazně slídnatých písčitých hlín s obsahem střípků a ostrohranných fragmentů matečných hornin skalního podkladu. Násypová zemní tělesa některých žel. přejezdů jsou tvořeny převážně místním materiálem příp. antropogenním materiálem (navážkami).

Obecné hydrogeologické poměry zájmové oblasti závisí zejména na litologickém charakteru pevného prostředí, tj. především na jeho propustnosti, dále na morfologii terénu, potenciálních zdrojích podzemní vody a na antropogenních vlivech urbanizované oblasti. V zájmovém území je vyvinutý hydrogeologický kolektor, a to v prostředí přípovrchové partie skalního podkladu. Jedná se o puklinový kolektor hydrogeologického masivu s proměnlivým podílem průlinové porozity v pásmu přípovrchového rozpukání a rozpojení hornin. Předpokládaný směr proudění podzemní vody v zájmovém území se dle archivní dokumentace odehrává ZJZ směrem. Lokálně se může vyskytnout uzavřená akumulace podzemní vody vázaná na propustnější písčité partie kvartérního pokryvu. Hladina podzemní vody nebyla nově realizovanými pracemi zastižena (do hl. 1,30m pod úložnou plochou pražce). Povrchová voda byla zastižena (na povrchu zemní pláně) pouze v případě žel. přejezdu P7048

v km 63.686. Jednalo se však o atmosférickou vodu ze srážek (práce probíhaly v dešti) zachycenou zemní plání.

#### 4. Stávající situace a popis železničních přejezdů

##### 4.1 Železniční přejezd P7048 v km 63,686

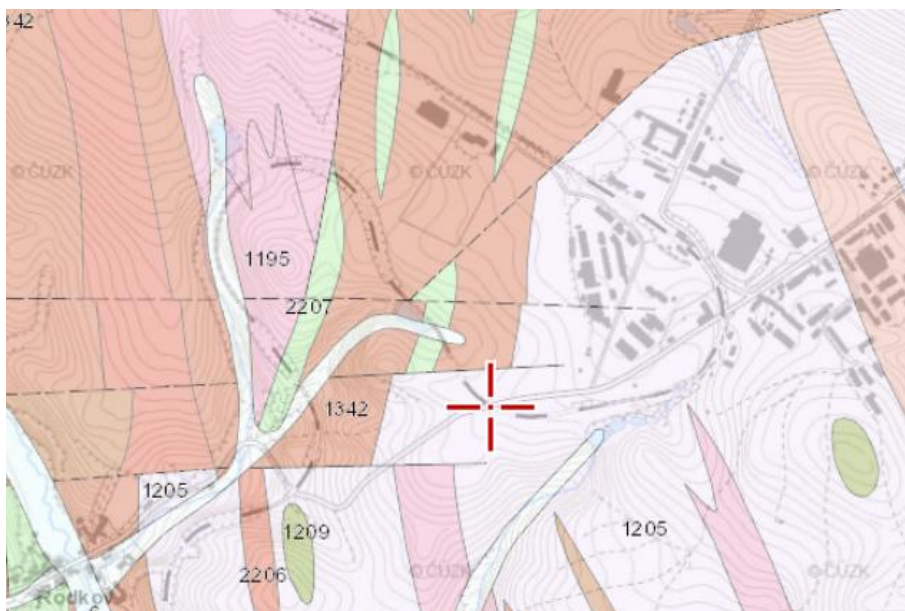
Úrovňový žel. přejezd P7048 je situován v mělkém zářezu s hloubkou 1-2m, cca 300m JV od žst. Bystřice nad Pernštejnem (ul. Nádražní). Přejezd se nachází ve vrcholové partii plochého hřbetu v místní části Bystřice n/Pernštejnem Nový dvůr. Nadmořská výška konstrukce je odhadnuta na 570,5 m n.m. V případě žel. přejezdu P7048 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce živичný povrch, navazující část je taktéž tvořena živici (silnice č. 388). Realizace kopané sondy proběhla za hlavami dřevěných prachů. Odvodnění konstrukce je řešeno nezpevněnými otevřenými příkopy s betonovými propustky pod komunikací.



Obr. 1 Železniční přejezd P7048 v km 63,686 - výřez letecké a geologické mapy 1:50 000 (zdroj GEOFOND ČR)

#### 4.2 Železniční přejezd P7049 v km 64.396

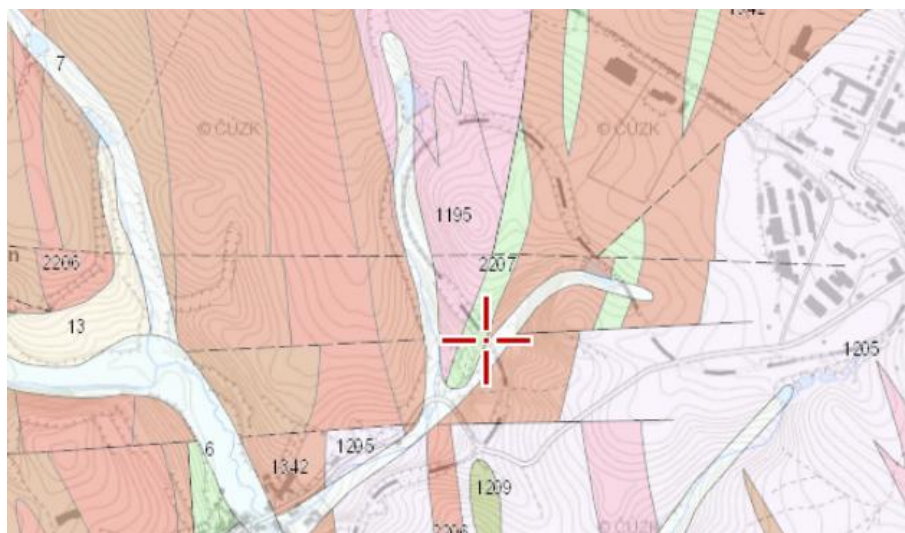
Úrovňový žel. přejezd P7049 je situován na nízkém násypu výšky do 1,5m, cca 600m JJZ od žst. Bystřice nad Pernštejnem (ul. Nádražní), silnice č. 338. Přejezd se nachází ve vrcholové partii plochého hřbetu za křižovatkou ul. Nádražní a Východní. Nadmořská výška konstrukce je odhadnuta na 556,5 m n.m. V případě žel. přejezdu P7049 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce živичný povrch, navazující část je taktéž tvořena živicí (silnice č. 388). Realizace kopané sondy proběhla za hlavami dřevěných pražců.



Obr. 2 Železniční přejezd P7049 v km 64,396 - výřez letecké a geologické mapy 1:50 000 (zdroj GEOFOND ČR)

#### 4.3 Železniční přejezd P7050 v km 65.952

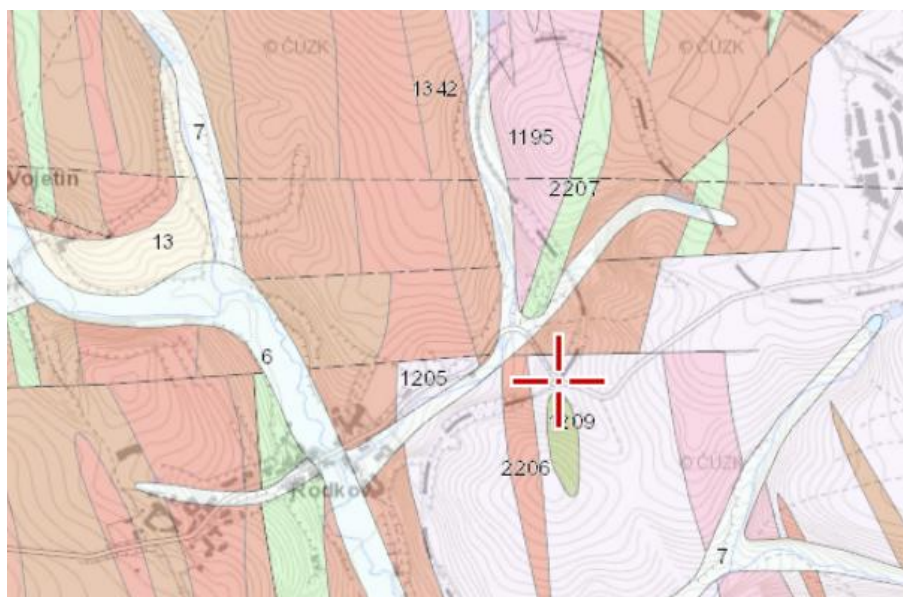
Jedná se o úrovnňový železniční přejezd přes polní/lesní cestu cca 950m JZ od žst. Bystřice nad Pernštejnem a 760m SV od centra obce Rodkov. Přejezd se nachází na rozhraní lesního porostu a louky, na svahu s J expozicí a sklonem cca 10° (svah klesající silnici č. 388). Žel. přejezd je situován v přechodu ze zářezu do násypu (ve směru staničení). Nadmořská výška konstrukce je odhadnuta na 525,1 m n.m. V případě žel. přejezdu P7050 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce železobetonové panely, navazující část je tvořena nezpevněným povrchem místní komunikace (polní cesty). Realizace kopané sondy proběhla za hlavami dřevěných pražců.



Obr. 3 Železniční přejezd P7050 v km 65,952 - výřez letecké a geologické mapy 1:50 000 (zdroj GEOFOND ČR)

#### 4.4 Železniční přejezd P7051 km 66.247

Úrovňový žel. přejezd P7050 je situován na nízkém násypu výšky do 0,5m, cca 600m SV od centra obce Rodkov přes silnici č. 338. Přejezd se nachází na svahu se SZ expozicí se sklonem 5-10°. Nadmořská výška konstrukce je odhadnuta na 520,3 m n.m. V případě žel. přejezdu P7051 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce živичný povrch, navazující část je taktéž tvořena živичným povrchem (silnice č. 388). Realizace kopané sondy proběhla za hlavami dřevěných prachů.



Obr. 4 Železniční přejezd P7051 v km 66.247 - výřez letecké a geologické mapy 1:50 000 (zdroj GEOFOND ČR)

#### 4.5 Železniční přejezd P7054 v km 69.846

Úrovňový žel. přejezd P7054 je situován v místě odřezu výšky do 4,0m v centru obce Rožná přes místní komunikaci. Přejezd se nachází při patě odřezu svahu se SV expozicí se sklonem 10°. Nadmořská výška konstrukce je odhadnuta na 463,9 m n.m. V případě žel. přejezdu P7054 tvoří svrchní (přejezdovou) část konstrukce živичný povrch, navazující část je živici (místní komunikace). Realizace kopané sondy proběhla za hlavami dřevěných pražců.

### 5. Výsledky průzkumných prací

V následujícím textu jsou uvedeny popisy kopaných sond s výsledky statických zatěžovacích zkoušek. Grafické záznamy profilů a průběhů statických zatěžovacích zkoušek tvoří Přílohu č. 2 a Přílohu č. 3. Jejich situace je zpracována v Příloze č. 1.

#### 5.1 Železniční přejezd P7048 v km 63,686

popis KS1 (viz Příloha č. 2):

- 0,00 - 0,15      dřevěný pražec
- 0,15 - 0,20      kolejové lože (fr. 32/63) slabě zahliněné
- 0,20 - 0,41      kolejové lože (fr. 32/63), tmavě šedý hlinitý štěrk, mezerní hmota hlinitopísčítá
- 0,41 - 1,05      hlína písčítá, světle hnědá, pevné konzistence, slídnatá, s povlaky hydrooxidů, s obsahem ostrohranných úlomků svoru vel. do 5cm (deluvium)

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 1

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 24,46\text{MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,6$

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně  $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 14,68\text{MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

- 1,05 - 1,30      hlína písčítá, rezavě hnědá, silně písčítá, písčítá frakce středně až hrubozrnná, s obsahem ostrohranných úlomků svoru vel. do 6cm (eluvium)

hladina podzemní vody nebyla zastižena (na pláni zachycená srážková voda)

vodní režim: příznivý

## 5.2 Železniční přejezd P7049 v km 64.396

popis KS2 (viz Příloha č. 2):

- 0,00 - 0,15 dřevěný pražec
- 0,15 - 0,19 kolejové lože (fr. 32/63) slabě zahliněné
- 0,19 - 0,34 kolejové lože (fr. 32/63), zahliněné, mezerní hmota hlinitá
- 0,34 - 1,05 hlína písčitá, hnědošedá, pevné konzistence, s obsahem ostrohranných úlomků vel. do 5cm (25%), lokálně kamenů vel. do 12cm (násyp, navážka)

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 2

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 24,19\text{MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,6$

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně  $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 14,51\text{MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

1,05 - 1,30 hlína písčitá, s obsahem štěrkovité a kamenité frakce vel. 2-14cm (30%) - násyp

hladina podzemní vody nebyla zastižena

vodní režim: příznivý

## 5.3 Železniční přejezd P7050 v km 65.952

popis KS3 (viz Příloha č. 2):

- 0,00 - 0,15 dřevěný pražec
- 0,15 - 0,39 kolejové lože (fr. 32/63) zahliněné, mezerní hmota hlinitá
- 0,39 - 1,05 hlína písčitá, karminově červená, pevné konzistence, výrazně slídnatá, s obsahem ostrohranných úlomků vel. do 7cm (30%), lokálně kamenů vel. do 15cm (deluvium)

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 3

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 37,50\text{MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,6$

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně  $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 22,50\text{MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

1,05 - 1,30 hlína písčitá, narůžovělá až červená, silně písčitá a slídnatá, pevné konzistence, s obsahem štěrkovité a kamenité frakce vel. 2-14cm (30%), s rezavými náteky limonitu – (eluvium pararuly)

hladina podzemní vody nebyla zastižena

vodní režim: příznivý

#### 5.4 Železniční přejezd P7051 km 66.247

popis KS4 (viz Příloha č. 2):

0,00 - 0,15 dřevěný pražec

0,15 - 0,42 kolejové lože (fr. 32/63) zahliněné, mezerní hmota hlinitá

0,42 - 1,05 hlína písčitá, tmavě šedá, pevné konzistence, s obsahem štěrkovité frakce vel. do 6cm (20%) - násyp

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 4

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 23,94\text{MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,6$

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně  $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 14,36\text{MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

1,05 - 1,30 hlína písčitá, tmavě šedá při bázi šedohnědá, pevné konzistence, štěrkovitá frakce vel. 2 – 6cm (30%), lokálně kameny vel. do 16cm (násyp s přechodem do deluvia)

hladina podzemní vody nebyla zastižena

vodní režim: příznivý

## 5.5 Železniční přejezd P7054 v km 69.846

popis KS5 (viz Příloha č. 2):

- 0,00 - 0,15 dřevěný pražec
- 0,15 - 0,41 kolejové lože (fr. 32/63) zahliněné, mezerní hmota hlinitá
- 0,41 - 1,05 hlína písčitá, hnědošedá, pevné konzistence, písčitá frakce středně až hrubozrnná, štěrkovitá frakce vel. do 4cm (15%) – navážka (vyrovnávací vrstva na skalním podkladu)

provedení statické zatěžovací zkoušky SZZ 4

modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2} = E_0 = 32,14\text{MPa}$

opravný součinitel  $z = 0,6$

redukovaný modul přetvárnosti zeminy zemní pláně  $E_{\text{pl}} = E_0 \cdot z = 19,28\text{MPa}$

prohloubení sondy zaráženou sondou

- 1,05 - 1,30 hlína písčitá, tmavě šedá, při bázi až šedohnědá, pevné konzistence, štěrkovitá frakce vel. 3 – 5cm (30%), lokálně kameny vel. do 10cm (násyp s přechodem do eluvia)

hladina podzemní vody nebyla zastížena

vodní režim: příznivý

## 6. Mechanicko-fyzikální parametry zastižených geotechnických prostředí

Níže v tabulce jsou popsány mechanicko-fyzikální parametry zeminy zemní pláně zastižené v místě železničního přejezdu. Zatřídění bylo provedeno na základě laboratorního rozboru ve smyslu ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (klasifikace odpovídá dnes již neplatné, ale osvědčené normě ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy). Současně proběhla klasifikace ve smyslu ČSN EN ISO 14688-1 a ČSN EN ISO 14688-2.

Mechanicko-fyzikální vlastnosti exponovaných zemin jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. č. 1

geneze (stratigrafie)	deluvium (kvartér)	navážka (kvartér)	deluvium (kvartér)	navážka (kvartér)	navážka (kvartér)
petrografické složení	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína
sonda	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5
geotyp	geotyp 1	geotyp 2	geotyp 3	geotyp 4	geotyp 5
ČSN 731001 „Základová půda pod plošnými základy“ – třída/symbol	F3/MS	F3/MS	F3/MS	F3/MS	F3/MS
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	csaSi	csaSi	csagrSi	csagrSi	csaSi
konzistence, ulehlost	pevná	pevná	pevná	pevná	pevná
tabulková výpočtová únosnost (orientační hodnoty) $R_{dt}$ /kPa/	230*	210*	250*	210*	230*
objemová tíha v přirozeném uložení /kN/m <sup>3</sup> /	18,0	18,5	18,0	18,0	18,0
modul deformace $E_{def}$ /MPa/	14	11	17	12	18
Poissonova konstanta $\nu$	0,35	0,35	0,33	0,35	0,35
soudržnost efektivní $c_{ef}$ /kPa/ soudržnost zdánlivá $c'$ /kPa/	28 -	22 -	18 -	20 -	20 -
úhel vnitřního tření efektivní $\varphi_{ef}$ /°/ úhel pevnosti $\varphi'$ /°/	27 -	26 -	29 -	28 -	29 -

\* platí pro šířku základu  $\leq 3,0\text{m}$  při hloubce založení 0,8 - 1,5m

Součástí geotechnického hodnocení je posouzení těžitelnosti zeminy v úrovni základové spáry včetně její vhodnosti do násypů a zásypů. Klasifikace tříd těžitelnosti vychází z obecných kritérií dnes již neplatné ČSN 73 3050 „Zemní práce“, kterou uvádíme pro přehlednost a úplnost. Současně je exponovaná zemina klasifikována do třídy těžitelnosti dle aktuálně platného normativu ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“. Vhodnost materiálu do násypů a zásypů je posuzována na základě pravidel citovaných v ČSN 73 6133.

Klasifikace těžitelnosti, vhodnosti do násypu a zásypu je uvedena níže v tabulce č. 2.

Tab. č. 2

geneze (stratigrafie)	deluvium (kvartér)	navážka (kvartér)	deluvium (kvartér)	navážka (kvartér)	navážka (kvartér)
petrografické složení	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína	písečná hlína
geotyp	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5
ČSN 73 3050 „Zemní práce“ třída těžitelnosti	3-4	3	3-4	3	3-4
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	I.	I.	I.	I.	I.
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
vhodnost do násypu					
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
vhodnost pro podloží (aktivní zónu)					
ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa a pozemních komunikací“	nebezpečně namrzavá	nebezpečně namrzavá	nebezpečně namrzavá	nebezpečně namrzavá	nebezpečně namrzavá
namrzavost					
vodní režim	příznivý	příznivý	příznivý	příznivý	příznivý

## 7. Návrhy ZKPP

Úsek železnice mezi Bystřicí nad Pernštejnem a Rožnou náleží k železniční trati č. 251 Žďár nad Sázavou – Tišnov. Tato trať spadá do kategorie hlavních traťových kolejí na tratích regionálních. Předpis SŽDC S4 (Příloha 6, Tab. 1) stanovuje pro hlavní traťové koleje na tratích regionálních minimální hodnotu modulu přetvárnosti na zemní pláni  $E_0 = 15\text{MPa}$  a na pláni tělesa železničního spodku min. hodnotu  $E_{pl} = 30\text{MPa}$ . Pro konstrukci ZKPP je v souladu se vzorovým listem žel. spodku Ž 4.2 požadovaná délka přechodové oblasti v délce  $5,0\text{m} +$  přechodový klín ukončený ve sklonu 1:1 (včetně konstrukce přejezdu příp. odvodňovacích zařízení, mostů a propustků). Minimální hodnota modulu přetvárnosti na pláni tělesa žel. spodku v prostoru ZKPP činí  $E_{pl} = 50\text{MPa}$  při  $E_{pl} = 30\text{MPa}$  navazující tratě.

V rámci návrhů skladby ZKPP byly posuzované žel. přejezdy rozděleny do dvou skupin. U první skupiny, zastoupené žel. přejezdy P7048 v km 63,686, P7049 v km 64.396 a P7051 km 66.247, nebyly splněny požadavky na min. hodnotu modulu přetvárnosti tj.  $15\text{MPa}$ . Druhá skupina, reprezentovaná žel. přejezdy P7050 v km 65.952 a P7054 v km 69.846, tuto podmínku splnila.

Návrhy konstrukcí ZKPP jsou ve smyslu textu výše taktéž rozděleny do dvou kategorií.

### ad 1) žel. přejezdy P7048 v km 63,686, P7049 v km 64.396 a P7051 km 66.247

Naměřené hodnoty modulu přetvárnosti zemní pláně jsou u těchto tří přejezdů velmi blízké, a to:

P7048	$E_0 = 24,46\text{ MPa}$
P7049	$E_0 = 24,19\text{ MPa}$
P7051	$E_0 = 23,94\text{ MPa}$

V úrovni zemní pláně byly zastiženy zeminy obdobného charakteru a indexových parametrů klasifikované ve smyslu ČSN 73 6133 tř. F3 symbol MS (hlína písčitá, pevné konzistence) s proměnlivým obsahem štěrkové frakce a kamenné příměsi.

Opravný součinitel „z“ (předpis SŽDC S4, tab. 3 Přílohy č. 6) pro daný typ zeminy činí 0,6.

Redukované moduly přetvárnosti vychází ze vztahu  $E_{0r} = E_0 \cdot z$

P7048	$E_{0r} = 24,46 \cdot 0,6 = 14,68\text{ MPa}$
P7049	$E_{0r} = 24,19 \cdot 0,6 = 14,51\text{ MPa}$
P7051	$E_{0r} = 23,94 \cdot 0,6 = 14,36\text{ MPa}$

Hodnoty redukovaného modulu přetvárnosti nesplňují požadavek na minimální hodnotu modulu přetvárnosti na pláni tělesa žel. spodku ( $15\text{MPa}$ ) pro daný typ tratě. Z toho důvodu je ZKPP navržena ve variantě ZKPP 4.

## ZKPP typ 4

- kolejové lože

- podkladní vrstva MZK (fr. 0/32)

tl. 0.20cm

- šterkodrt' stabilizovaná cementem

(SC 0/32; C<sub>8/10</sub>; 300mm ČSN 73 6124-1)

tl. 0.30cm

- zemní pláň

Pro splnění požadavku předpisu SŽDC S4 a vzorových listů žel. spodku (Ž 4.2) bude nutný zásah do stávající úrovně zemní pláně. Při sondáži nebyla ověřena přítomnost podkladní vrstvy. Pro účely návrhu konstrukčních vrstev byla použita nejnižší ověřená hodnota redukovaného modulu přetvárnosti (výpočet na straně bezpečnosti).

Návrh pražcového podloží pro případ odstranění stávající zeminy zemní pláň a její nahrazení vrstvou SC I. tl. 0,3m a MZK (minerální směs) 0/32 tl. 0,2m:

$$k_1 = \frac{E}{E_1} = \frac{80}{80} = 1,0$$

$$k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,3}{0,3} = 1,0$$

E modul přetvárnosti vrstvy SC 0/32; C<sub>8/10</sub>; 300mm v MPa činí min. 80MPa

E<sub>1</sub> modul přetvárnosti podkl. vrstvy v MPa (viz tabulka 2 Přílohy č. 6 předpisu SŽDC S4) činí 80MPa při I<sub>D</sub>=0,90

h<sub>1</sub> tloušťka vrstvy SC 0/32; C<sub>8/10</sub>; 300mm v m (návrh 0,30m)

D průměr zatěžovací desky = 0,3m

k<sub>3</sub> koeficient určený pomocí k<sub>1</sub> a k<sub>2</sub> z nomogramu = 0,9

E<sub>e1</sub> ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce na povrchu podkladní vrstvy

$$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,9 \times 80 = 72,0 \text{ MPa}$$

Tato hodnota vyhovuje požadavku na hodnotu modulu přetvárnosti E<sub>pl</sub> pro daný druh ZKPP (50MPa) při navazujícím typu tratě tj. s E<sub>pl</sub> 30MPa. V rámci navrhovaného řešení bude nutné provést odkop na úroveň zemní pláně tj. snížit její niveletu. Zajištění trvalé únosnosti vyžaduje provedení příčného spádu zemní pláně a zřízení povrchového odvodnění vozovky (např. šterbinový žlab).

Posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu

Nutná ochrana zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se vyjadřuje tloušťkou ochranné šterkopískové vrstvy. Pro zajištění ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu platí:

$$h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$$

Index mrazu (dle předpisu SŽDC S4 – Železniční spodek, Příloha 7, obr.1 I<sub>mn</sub>= 600°C.den).

Hloubka promrzání h<sub>pr</sub>= 0,045.√ I<sub>mn</sub> = 0,045.√ 600 = 1,10m.

Uvažovaná tloušťka konstrukční (0,30m) a podkladní (0,20m) vrstvy (SC I. + MZK 0/32) = 0,5m.

Přepoččet na ekvivalentní vrstvu štěrkopísku:

$$h_{sp} = \frac{h_n \times \lambda_{spn}}{\lambda_n} = \frac{0,5 \times 2,3}{2,0} = \frac{1,15}{2,0} = 0,575m$$

$h_{pr}$  hloubka promrzání (1,10m)

$h_k$  tloušťka kolejového lože od úložné plochy betonových pražců  $h_k = 0,55m$

$h_{sp}$  tloušťka podkladní vrstvy ze štěrkopísku = 0,575m

$h_{zdov}$  dovolené tloušťky promrznutí zemin v m (tabulka 2 Přílohy 7 předpisu SŽDC S4) = 0,50m

$$1,10 \leq 0,55 + 0,575 + 0,50 \leq 1,63 \text{ (splněno)}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že při tloušťce konstrukční vrstvy z SC I. 0,30m a podkladní vrstvy z MZK (minerální směsi) 0/32 = 0,20m, situované na upravené a přehutněné zemní pláni, vyhovuje konstrukce tělesa žel. spodku z hlediska nutné ochrany zemní páně před nepříznivými účinky mrazu.

## ad 2) žel. přejezdy P7050 v km 65.952 a P7054 v km 69.846

Naměřené hodnoty modulu přetvárnosti zemní pláně jsou u těchto tří přejezdů velmi blízké, a to:

P7050  $E_0 = 37,50 \text{ MPa}$

P7054  $E_0 = 32,14 \text{ MPa}$

V úrovni zemní pláně byly zastiženy zeminy obdobného charakteru a indexových parametrů klasifikované ve smyslu ČSN 73 6133 tř. F3 symbol MS (hlína písčitá, pevné konzistence) s proměnlivým obsahem štěrkové frakce a kamenné příměsi.

Opravný součinitel „z“ (předpis SŽDC S4, tab. 3 Přílohy č. 6) pro daný typ zeminy činí 0,6.

Redukované moduly přetvárnosti vychází ze vztahu  $E_{0r} = E_0 \cdot z$

P7050  $E_{0r} = 37,50 \cdot 0,6 = 22,50 \text{ MPa}$

P7054  $E_{0r} = 32,14 \cdot 0,6 = 19,28 \text{ MPa}$

Hodnoty redukovaného modulu přetvárnosti splňují požadavek na minimální hodnotu modulu přetvárnosti na pláni tělesa žel. spodku (15 MPa) pro daný typ tratě. Z toho důvodu je ZKPP navržena ve variantě ZKPP 5.

## ZKPP typ 5

- kolejové lože

- podkladní vrstva SD 0/32 tř. A

tl. 0.50cm

- zemní pláň

Pro splnění požadavku předpisu SŽDC S4 a vzorových listů žel. spodku (Ž 4.2) bude nutný zásah do stávající úrovně zemní pláně. Při sondáži nebyla ověřena přítomnost podkladní vrstvy. Pro účely návrhu konstrukčních vrstev byla použita nejnižší ověřená hodnota redukovaného modulu přetvárnosti (výpočet na straně bezpečnosti).

Návrh pražcového podloží pro případ odstranění stávající zeminy zemní pláně a její nahrazení vrstvou SD 0/32 tř. A tl. 0,5m:

$$k_1 = \frac{E_{or}}{E_1} = \frac{19,28}{70} = 0,28 \qquad k_2 = \frac{h_1}{D} = \frac{0,5}{0,3} = 1,67$$

$E_{or}$  redukovaný modul přetvárnosti vrstvy SD 0/32; 500mm v MPa činí min. 19,28MPa

$E_1$  modul přetvárnosti podkl. vrstvy v MPa (viz tabulka 2 Přílohy č. 6 předpisu SŽDC S4) činí 70MPa při  $I_D=0,90$

$h_1$  tloušťka vrstvy SD 0/32; 500mm v m

$D$  průměr zatěžovací desky = 0,3m

$k_3$  koeficient určený pomocí  $k_1$  a  $k_2$  z nomogramu = 0,80

$E_{e1}$  ekvivalentní modul přetvárnosti dvouvrstvé konstrukce na povrchu podkladní vrstvy

$$E_{e1} = k_3 \times E_1 = 0,80 \times 70 = 56,0MPa$$

Tato hodnota vyhovuje požadavku na hodnotu modulu přetvárnosti  $E_{pl}$  pro daný druh ZKPP (50MPa) při navazujícím typu tratě tj. s  $E_{pl}$  30MPa. V rámci navrhovaného řešení bude nutné provést odkop na úroveň zemní pláně tj. snížit její niveletu. Zajištění trvalé únosnosti vyžaduje provedení příčného spádu zemní pláně a zřízení povrchového odvodnění vozovky (např. šterbinový žlab).

Posouzení ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu

Nutná ochrana zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu se vyjadřuje tloušťkou ochranné šterkopískové vrstvy. Pro zajištění ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu platí:

$$h_{pr} \leq h_k + h_{sp} + h_{zdov}$$

Index mrazu (dle předpisu SŽDC S4 – Železniční spodek, Příloha 7, obr.1  $I_{mn}= 600^\circ C.den$ ).

Hloubka promrzání  $h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{600} = 1,10m$ .

Uvažovaná tloušťka podkladní vrstvy SD 0/32 = 0,5m.

Přepočet na ekvivalentní vrstvu štěrkopísku:

$$h_{sp} = \frac{h_n \times \lambda_{spn}}{\lambda_n} = \frac{0,5 \times 2,3}{2,0} = \frac{1,15}{2,0} = 0,575m$$

$h_{pr}$  hloubka promrzání (1,10m)

$h_k$  tloušťka kolejového lože od úložné plochy betonových pražců  $h_k = 0,55m$

$h_{sp}$  tloušťka podkladní vrstvy ze štěrkopísku = 0,575m

$h_{zdov}$  dovolené tloušťky promrznutí zemin v m (tabulka 2 Přílohy 7 předpisu SŽDC S4) = 0,50m

$$1,10 \leq 0,55 + 0,575 + 0,50 \leq 1,63 \text{ (splněno)}$$

Z výše uvedeného vyplývá, že při tloušťce podkladní vrstvy z SD 0/32 = 0,50m, situované na upravené a přehutněné zemině, vyhovuje konstrukce tělesa žel. spodku z hlediska nutné ochrany zemin před nepříznivými účinky mrazu.

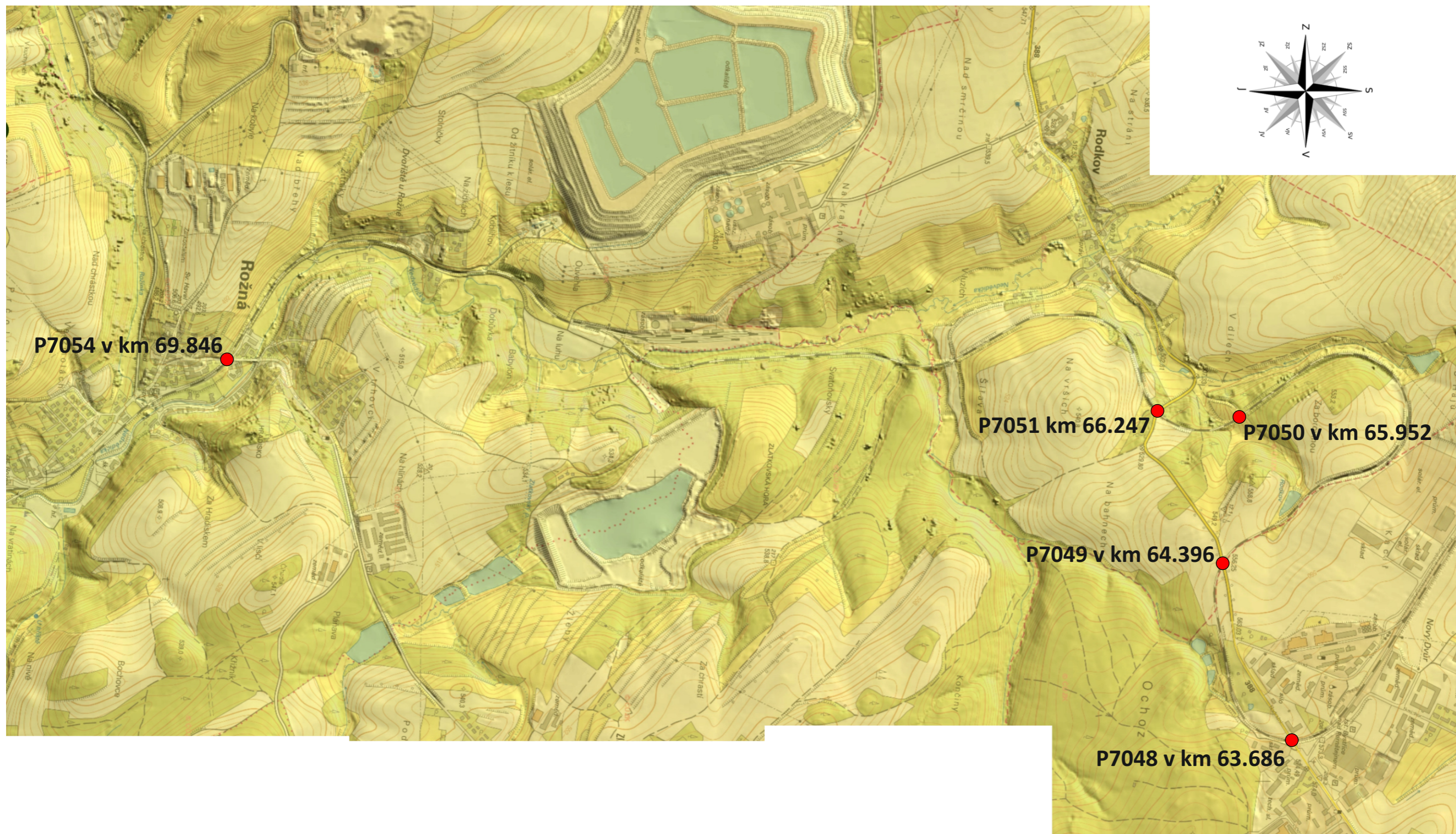
V Praze, dne 18.10.2019

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

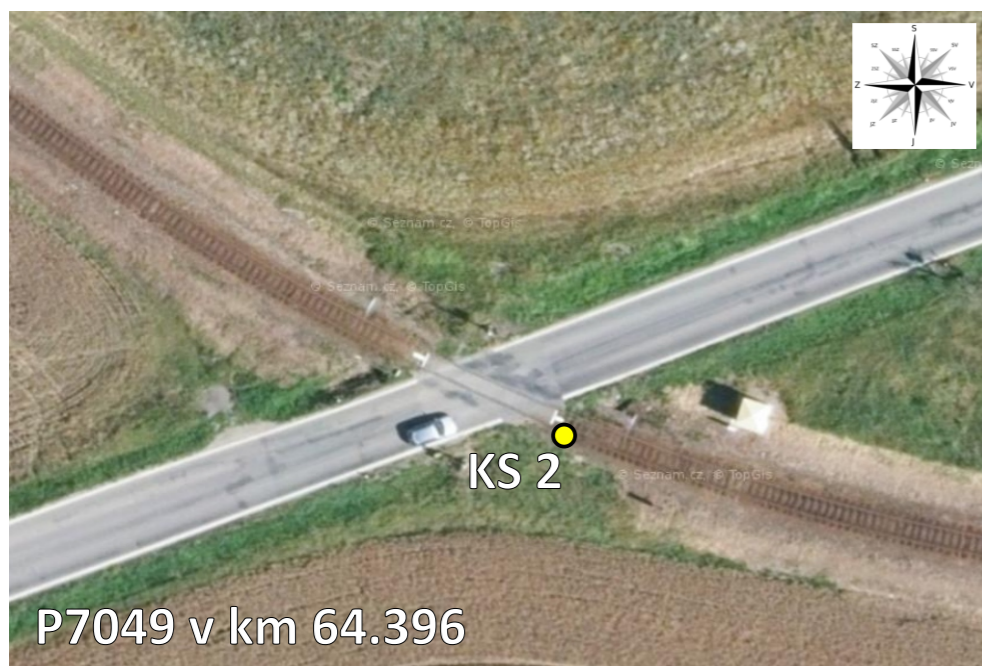
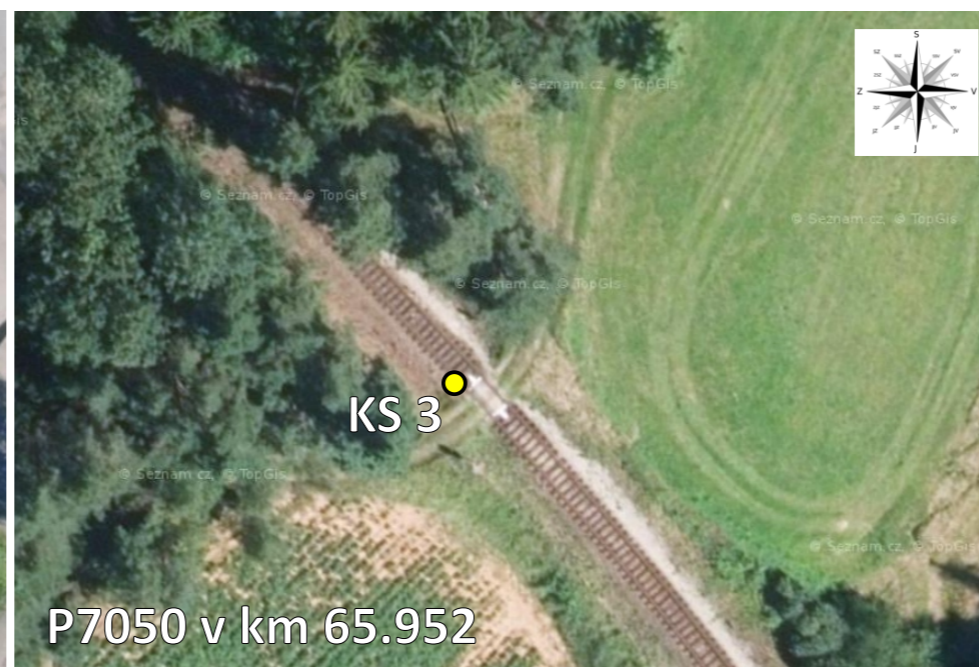
schválil: Martin Jech



## Situace železničních přejezdů

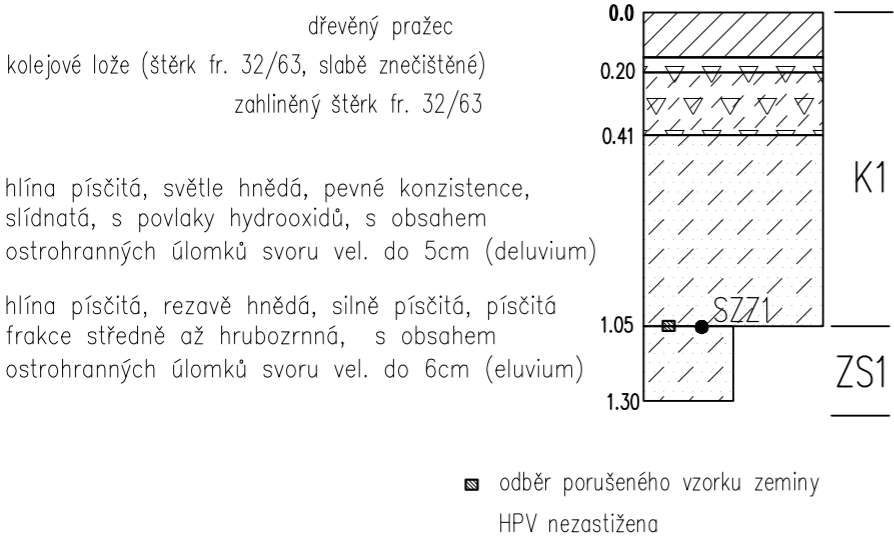


# Situace průzkumných prací

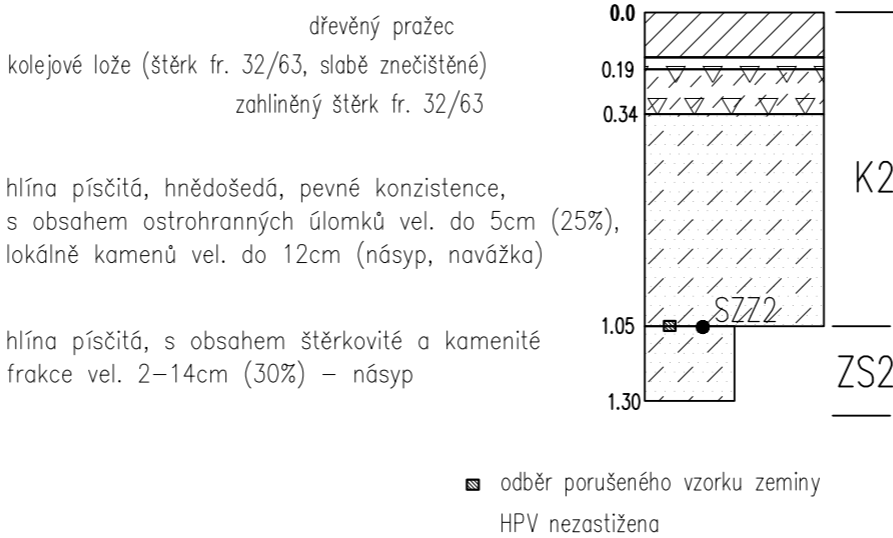


Dokumentace sond

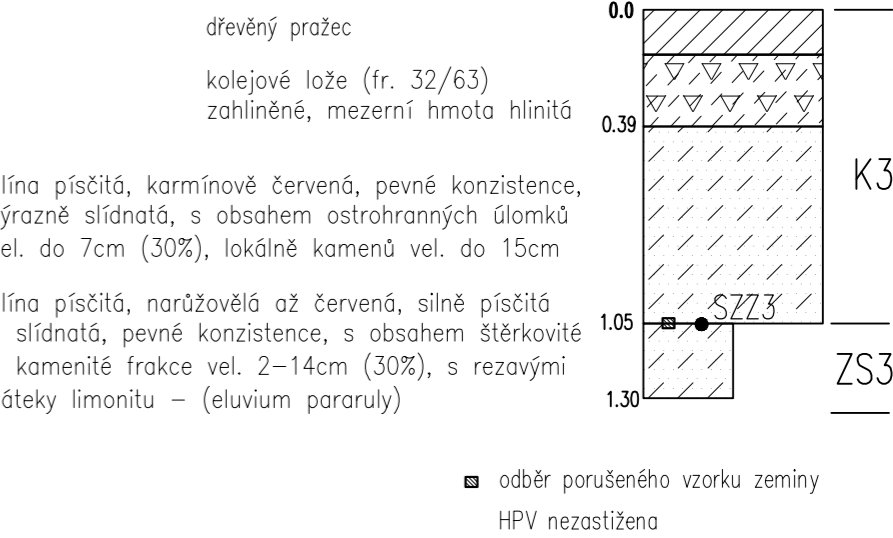
sonda KS1



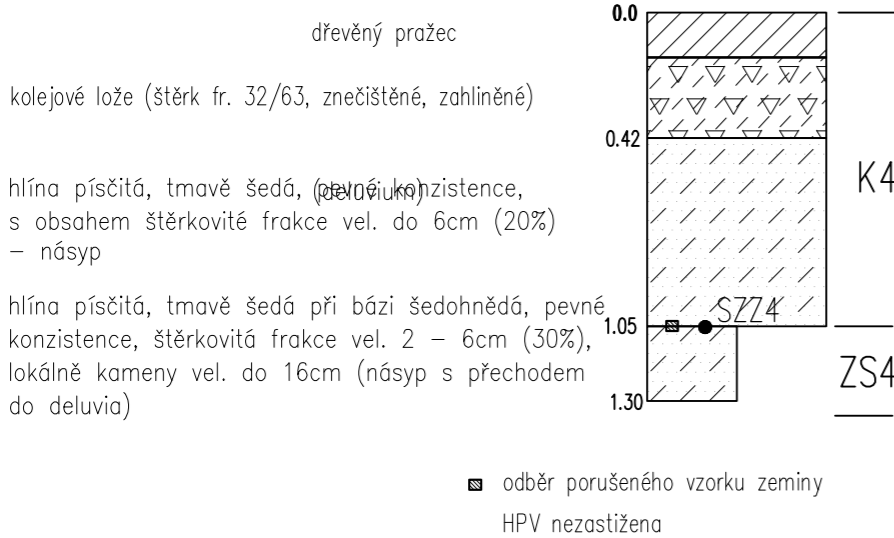
sonda KS2



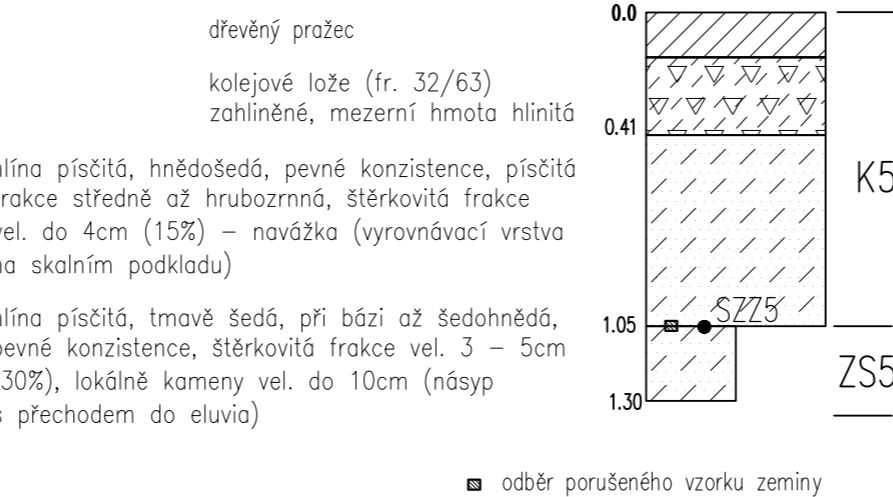
sonda KS3



sonda KS4



sonda KS5



## **Výsledky statických zatěžovacích zkoušek**

# STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA

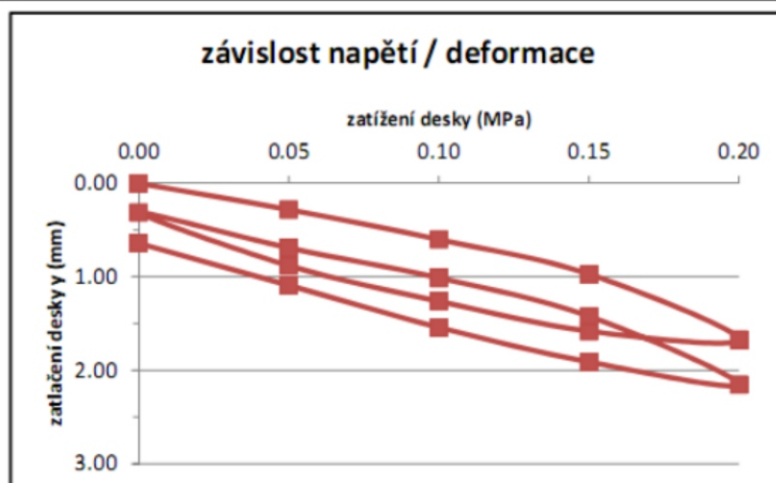
podle ČSN 72 1006, příloha B

kruhová deska průměru 30cm (dle DIN 18 134)

úkol: P7048	číslo zkoušky: SZZ 1
datum: 2.10.2019	zkouška provedena na: zemní pláni
charakteristika podloží: písčitá hlína pevné konzistence	
počasí: přehánky 17° C	km poloha: 63,686

zatížení desky (MPa)	poměrná deformace $\gamma$ (mm)	převodní koeficient	zatlačení desky "y" (mm)	rozdíl $\Delta y$ (mm)
0.00	0.00	2	0.00	0.00
0.05	0.14	2	0.28	0.14
0.10	0.30	2	0.60	0.30
0.15	0.49	2	0.97	0.49
0.20	0.84	2	1.67	0.84
0.15	0.79	2	1.58	0.79
0.10	0.63	2	1.26	0.63
0.05	0.44	2	0.88	0.44
0.00	0.16	2	0.31	0.16
0.05	0.35	2	0.69	0.35
0.10	0.51	2	1.01	0.51
0.15	0.71	2	1.42	0.71
0.20	1.08	2	2.15	1.08
0.15	0.96	2	1.91	0.96
0.10	0.77	2	1.54	0.77
0.05	0.55	2	1.09	0.55
0.00	0.32	2	0.64	0.32

$\Delta y =$	0.00184 (m)	$E_0 = 1.5 \cdot \Delta p \cdot r / \Delta y$	=	24.46 MPa
$\Delta p =$	0.200 (MPa)	$z = 0.6$	opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab.3 Přílohy č.6)	
$r =$	0.15 (m)			



# STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA

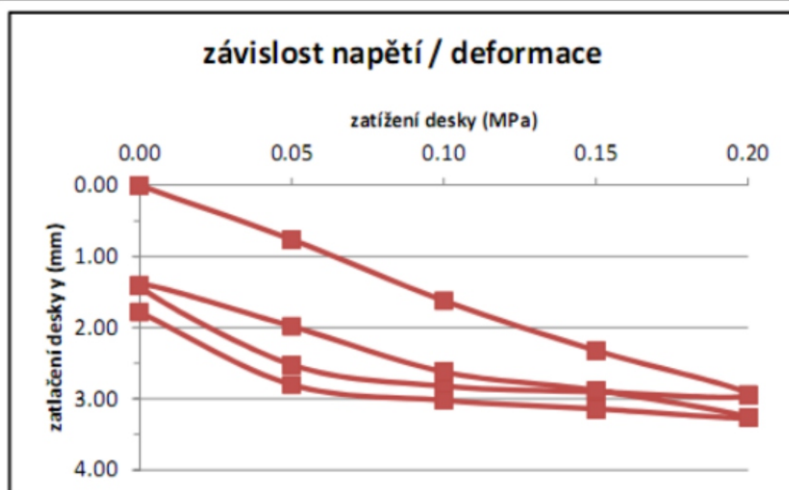
podle ČSN 72 1006, příloha B

kruhová deska průměru 30cm (dle DIN 18 134)

úkol:	P7049	číslo zkoušky:	SZZ 2
datum:	2.10.2019	zkouška provedena na:	zemní pláni
charakteristika podloží:	písečná hlína pevné konzistence		
počasí:	zataženo 17° C	km poloha:	64.396

zatížení desky (MPa)	poměrná deformace $\gamma$ (mm)	převodní koeficient	zatlačení desky " $\gamma$ " (mm)	rozdíl $\Delta\gamma$ (mm)
0.00	0.00	2	0.00	0.00
0.05	0.38	2	0.76	0.38
0.10	0.81	2	1.62	0.81
0.15	1.16	2	2.32	1.16
0.20	1.47	2	2.94	1.47
0.15	1.45	2	2.90	1.45
0.10	1.41	2	2.82	1.41
0.05	1.26	2	2.52	1.26
0.00	0.70	2	1.40	0.70
0.05	0.99	2	1.98	0.99
0.10	1.31	2	2.62	1.31
0.15	1.44	2	2.88	1.44
0.20	1.63	2	3.26	1.63
0.15	1.57	2	3.14	1.57
0.10	1.51	2	3.02	1.51
0.05	1.40	2	2.80	1.40
0.00	0.89	2	1.78	0.89

$\Delta\gamma =$	0.00186 (m)	$E_0 = 1.5 \cdot \Delta p \cdot r / \Delta\gamma$	=	24.19 MPa
$\Delta p =$	0.200 (MPa)	$z = 0.6$	opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab.3 Přílohy č.6)	
$r =$	0.15 (m)			



# STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA

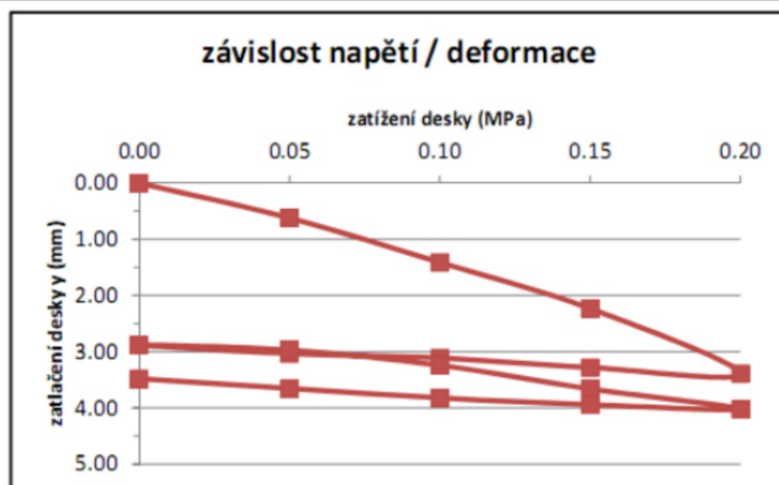
podle ČSN 72 1006, příloha B

kruhová deska průměru 30cm (dle DIN 18 134)

úkol: P7050	číslo zkoušky: SZZ 3
datum: 2.10.2019	zkouška provedena na: zemní pláni
charakteristika podloží: písčité hlína pevné konzistence	
počasí: zataženo 15° C	km poloha: 65.952

zatížení desky (MPa)	poměrná deformace $\gamma$ (mm)	převodní koeficient	zatlačení desky " $\gamma$ " (mm)	rozdíl $\Delta\gamma$ (mm)
0.00	0.00	2	0.00	0.00
0.05	0.31	2	0.62	0.31
0.10	0.71	2	1.41	0.71
0.15	1.12	2	2.23	1.12
0.20	1.70	2	3.39	1.70
0.15	1.64	2	3.28	1.64
0.10	1.56	2	3.11	1.56
0.05	1.52	2	3.03	1.52
0.00	1.44	2	2.88	1.44
0.05	1.49	2	2.97	1.49
0.10	1.62	2	3.24	1.62
0.15	1.83	2	3.66	1.83
0.20	2.01	2	4.02	2.01
0.15	1.97	2	3.94	1.97
0.10	1.91	2	3.82	1.91
0.05	1.83	2	3.65	1.83
0.00	1.74	2	3.48	1.74

$\Delta\gamma =$	0.00114 (m)	$E_0 = 1.5 \cdot \Delta p \cdot r / \Delta\gamma$	=	39.47 MPa
$\Delta p =$	0.200 (MPa)	$z =$	0.6	opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab.3 Přílohy č.6)
$r =$	0.15 (m)			



# STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA

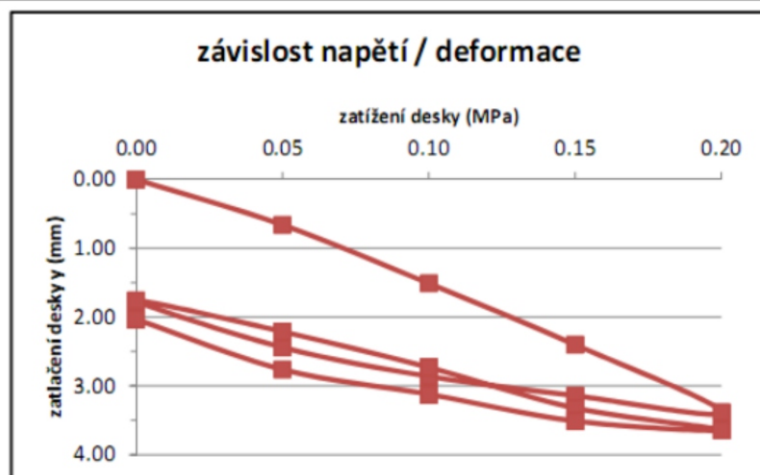
podle ČSN 72 1006, příloha B

kruhová deska průměru 30cm (dle DIN 18 134)

úkol:	P7051	číslo zkoušky:	SZZ 4
datum:	2.10.2019	zkouška provedena na:	zemní pláni
charakteristika podloží:	písčítá hlína pevné konzistence		
počasí:	polojasno 18° C	km poloha:	66.247

zatížení desky (MPa)	poměrná deformace $y$ (mm)	převodní koeficient	zatlačení desky "y" (mm)	rozdíl $\Delta y$ (mm)
0.00	0.00	2	0.00	0.00
0.05	0.33	2	0.66	0.33
0.10	0.76	2	1.51	0.76
0.15	1.20	2	2.40	1.20
0.20	1.69	2	3.38	1.69
0.15	1.57	2	3.14	1.57
0.10	1.43	2	2.86	1.43
0.05	1.22	2	2.44	1.22
0.00	0.88	2	1.76	0.88
0.05	1.11	2	2.21	1.11
0.10	1.37	2	2.73	1.37
0.15	1.66	2	3.32	1.66
0.20	1.82	2	3.64	1.82
0.15	1.76	2	3.51	1.76
0.10	1.56	2	3.12	1.56
0.05	1.38	2	2.76	1.38
0.00	1.02	2	2.03	1.02

$\Delta y =$	0.00188 (m)	$E_0 = 1.5 \cdot \Delta p \cdot r / \Delta y$	=	23.94 MPa
$\Delta p =$	0.200 (MPa)	$z =$	0.6	opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab.3 Přílohy č.6)
$r =$	0.15 (m)			



# STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA

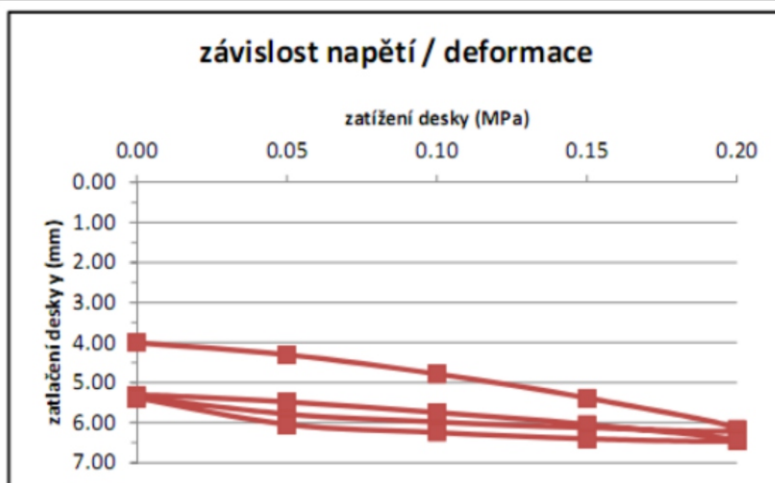
podle ČSN 72 1006, příloha B

kruhová deska průměru 30cm (dle DIN 18 134)

úkol: P7054	číslo zkoušky: SZZ 5
datum: 2.10.2019	zkouška provedena na: zemní pláni
charakteristika podloží: písčité hlína pevné konzistence	
počasí: polojasno 19° C	km poloha: 69.846

zatížení desky (MPa)	poměrná deformace $\gamma$ (mm)	převodní koeficient	zatlačení desky "y" (mm)	rozdíl $\Delta\gamma$ (mm)
0.00	2.00	2	4.00	2.00
0.05	2.15	2	4.30	0.15
0.10	2.39	2	4.78	0.39
0.15	2.69	2	5.38	0.69
0.20	3.08	2	6.16	1.08
0.15	3.06	2	6.12	1.06
0.10	2.99	2	5.98	0.99
0.05	2.89	2	5.78	0.89
0.00	2.66	2	5.32	0.66
0.05	2.74	2	5.48	0.74
0.10	2.87	2	5.74	0.87
0.15	3.02	2	6.04	1.02
0.20	3.22	2	6.44	1.22
0.15	3.20	2	6.40	1.20
0.10	3.12	2	6.24	1.12
0.05	3.02	2	6.04	1.02
0.00	2.69	2	5.38	0.69

$\Delta\gamma =$	0.00112 (m)	$E_0 = 1.5 \cdot \Delta p \cdot r / \Delta\gamma$	=	40.18 MPa
$\Delta p =$	0.200 (MPa)	$z = 0.6$	opravný součinitel (předpis SŽDC S4, tab.3 Přílohy č.6)	
$r =$	0.15 (m)			



## **Laboratorní rozbory zemin**

# ZÁKLADNÍ KLASIFIKAČNÍ ROZBOR ZEMINY

Akce: Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná

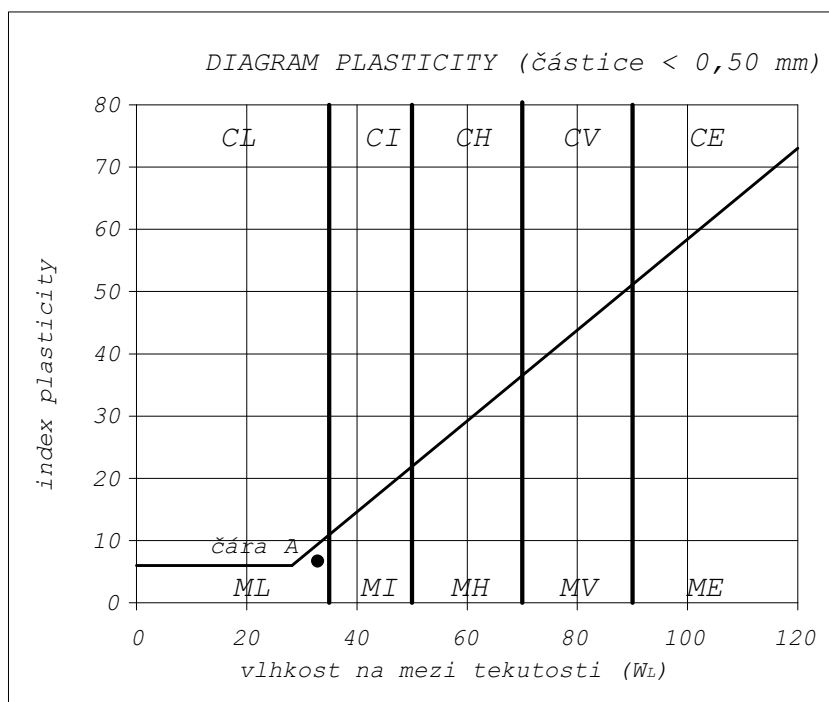
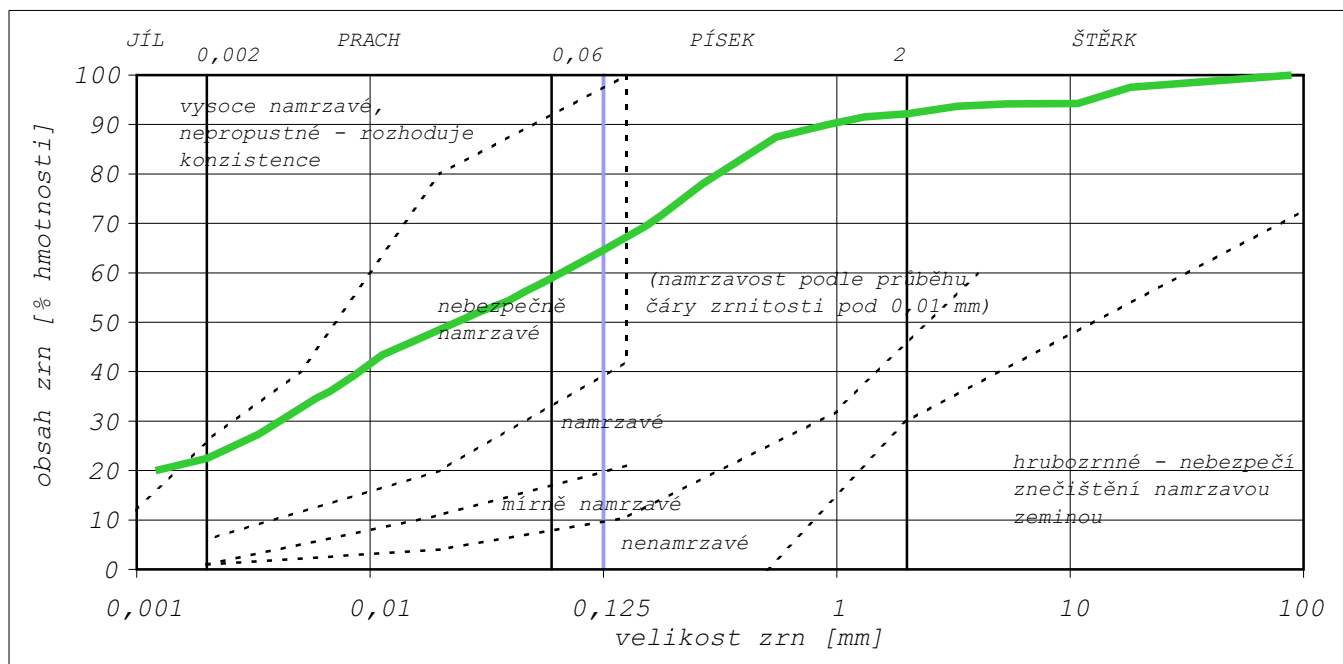
Datum odběru: 2.10.2019

Sonda: KS 1, hl. 1,05m

Klasifikace dle ČSN 73 6131: **F3/MS** (ČSN EN 14688-2 **csaSi**)

přirozená vlhkost: 18,9%

stupeň konzistence  $I_c$ : 1,29 (pevná)



namrzavost: nebezpečně namrzavá

použitelnost aktivní zóna: podmíněčně vhodná

použitelnost násypy: podmíněčně vhodná

ČSN 73 6133

velikost zrn [mm]	obsah zrn [% hmotnosti]	
do 0,002	22,1	jíl (c)
0,002 - 0,06	37,4	prach (m)
0,06 - 2,0	32,3	písek (s)
přes 2,0	8,2	štěrk (g)



# ZÁKLADNÍ KLASIFIKAČNÍ ROZBOR ZEMINY

Akce: Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná

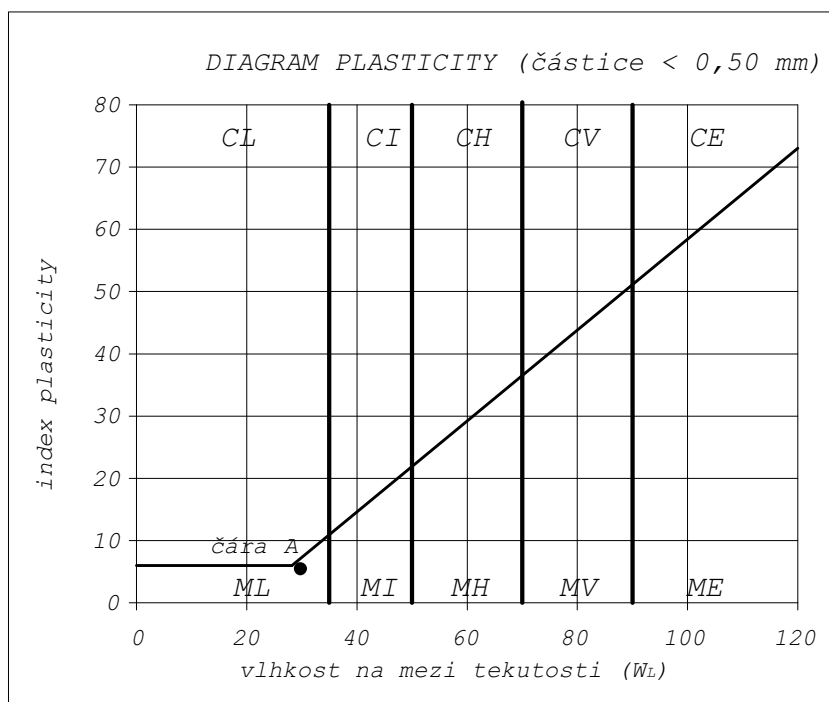
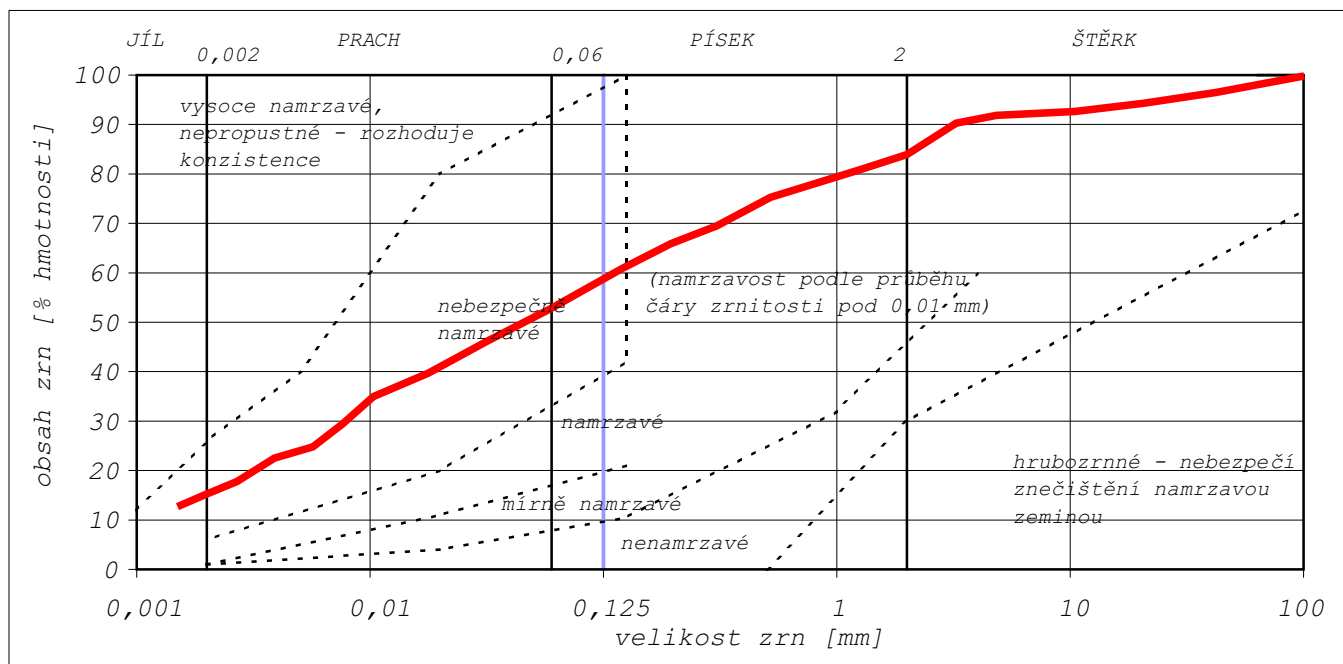
Datum odběru: 2.10.2019

Sonda: KS 2, hl. 1,05m

Klasifikace dle ČSN 73 6131: **F3/MS** (ČSN EN 14688-2 **csaSi**)

přirozená vlhkost: 20,1%

stupeň konzistence  $I_c$ : 1,09 (pevná)



namrzavost: nebezpečně namrzavá

použitelnost aktivní zóna: podmíněčně vhodná

použitelnost násypy: podmíněčně vhodná

ČSN 73 6133

velikost zrn [mm]	obsah zrn [% hmotnosti]	
do 0,002	15,3	jíl (c)
0,002 - 0,06	37,2	prach (m)
0,06 - 2,0	31,6	písek (s)
přes 2,0	15,9	štěrk (g)



# ZÁKLADNÍ KLASIFIKAČNÍ ROZBOR ZEMINY

Akce: Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná

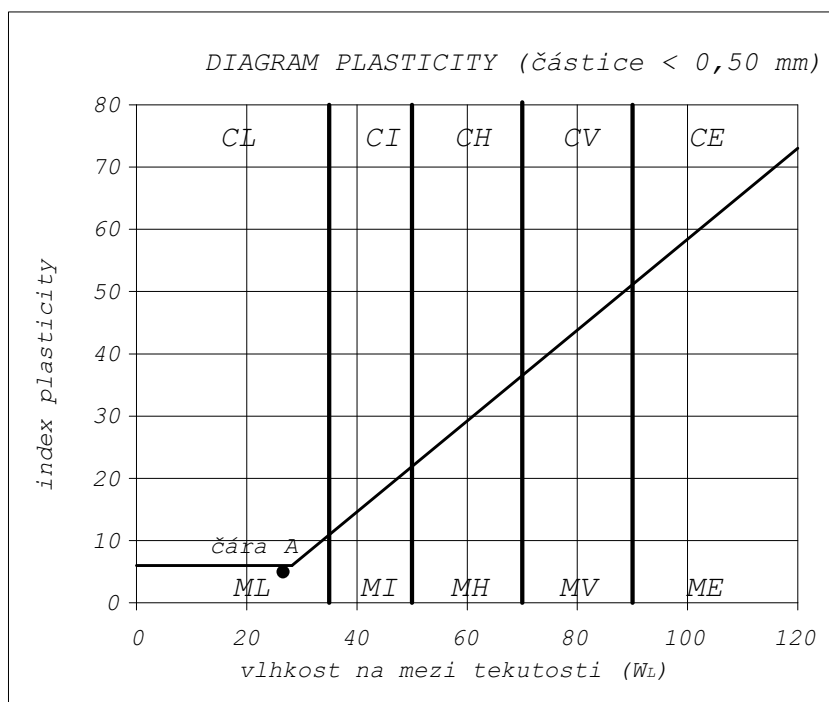
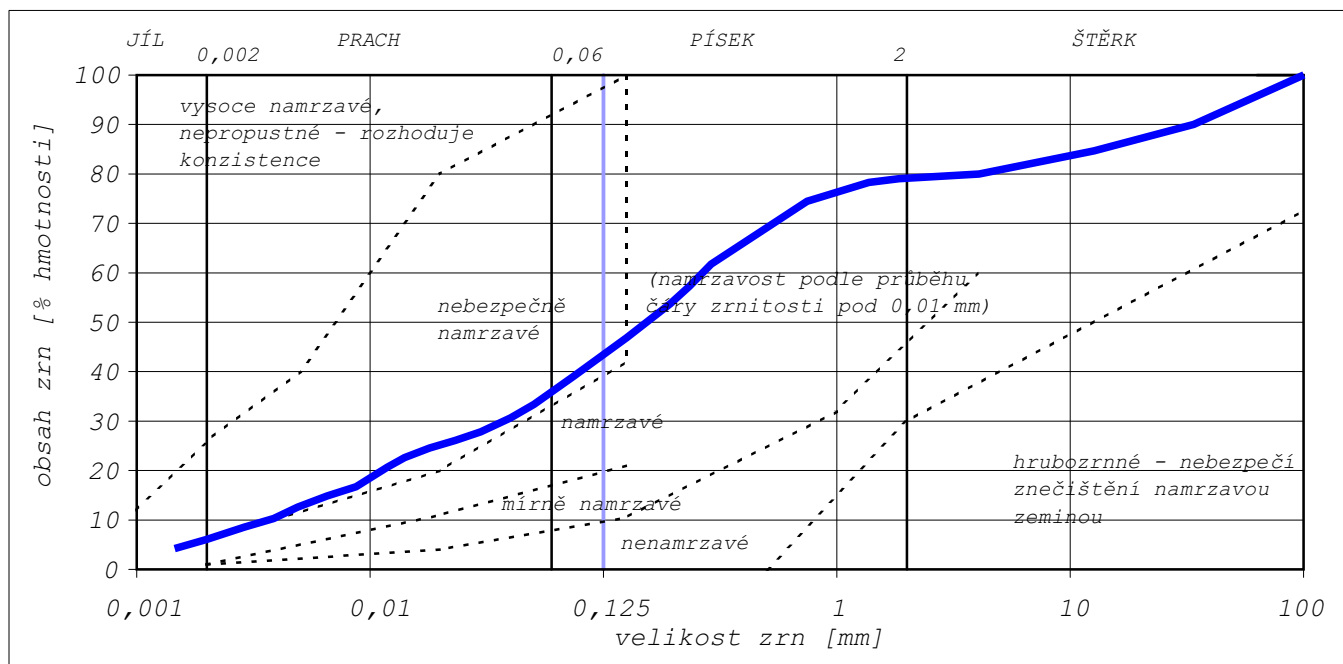
Datum odběru: 2.10.2019

Sonda: KS 3, hl. 1,05m

Klasifikace dle ČSN 73 6131: **F3/MS** (ČSN EN 14688-2 **csagrSi**)

přirozená vlhkost: 18,7%

stupeň konzistence  $I_c$ : 1,12 (pevná)



namrzavost: nebezpečně namrzavá

použitelnost aktivní zóna: podmíněčně vhodná

použitelnost násypy: podmíněčně vhodná

ČSN 73 6133

velikost zrn [mm]	obsah zrn [% hmotnosti]	
do 0,002	6,2	jíl (c)
0,002 - 0,06	37,3	prach (m)
0,06 - 2,0	35,7	písek (s)
přes 2,0	20,8	štěrk (g)



# ZÁKLADNÍ KLASIFIKAČNÍ ROZBOR ZEMINY

Akce: Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná

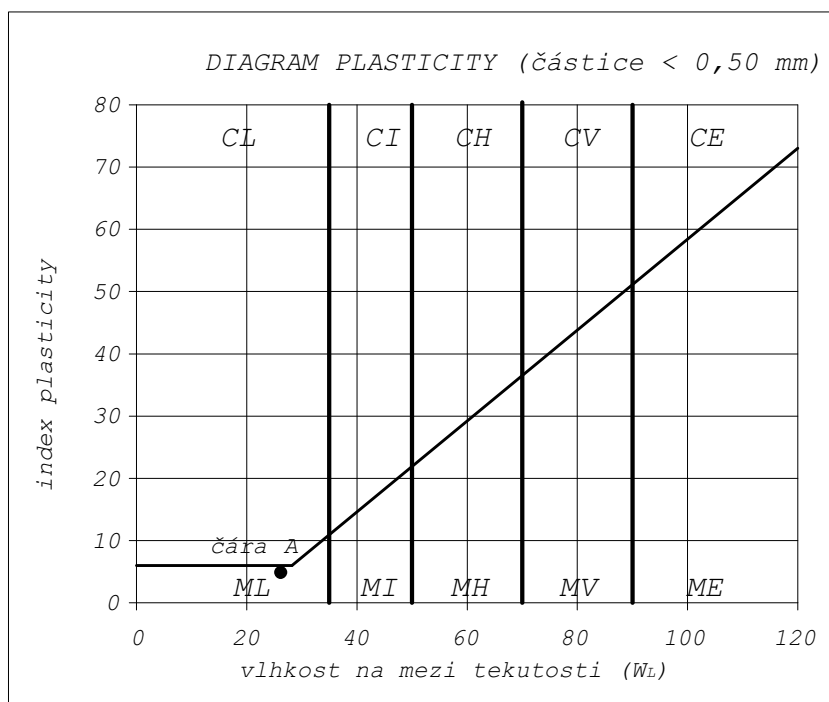
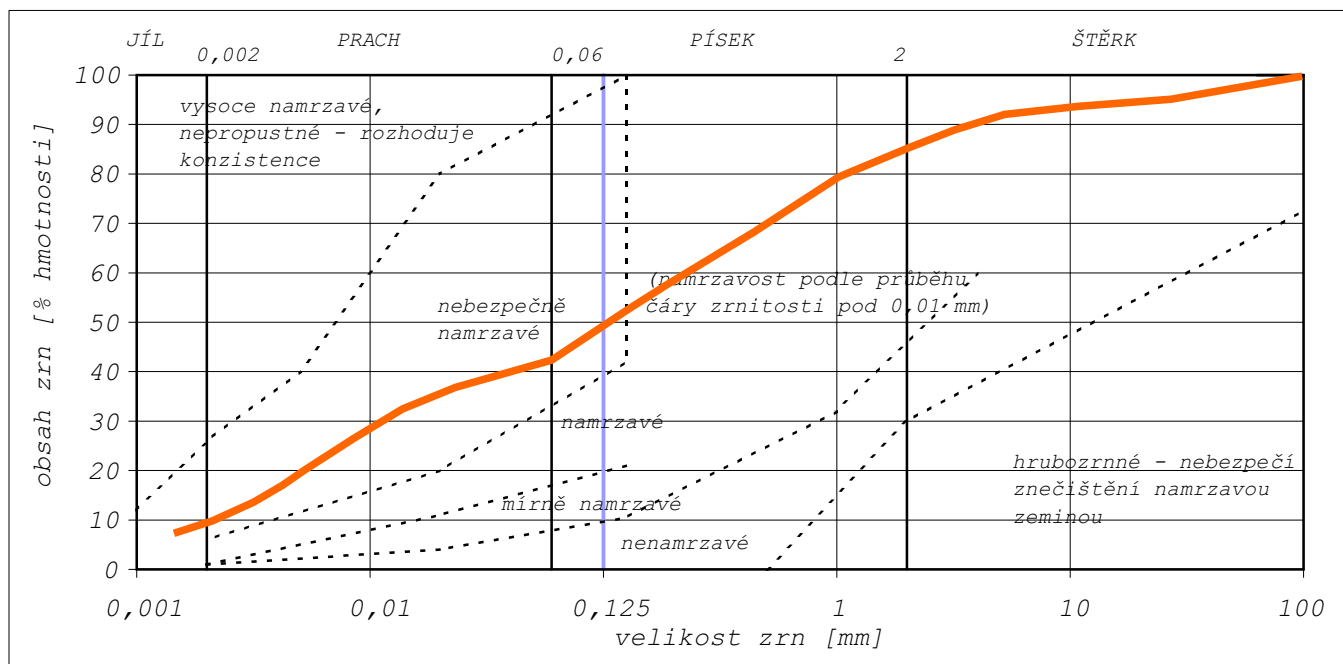
Datum odběru: 2.10.2019

Sonda: KS 4, hl. 1,05m

Klasifikace dle ČSN 73 6131: **F3/MS** (ČSN EN 14688-2 **csagrSi**)

přirozená vlhkost: 13,6%

stupeň konzistence  $I_c$ : 1,07 (pevná)



namrzavost: nebezpečně namrzavá

použitelnost aktivní zóna: podmíněčně vhodná

použitelnost násypy: podmíněčně vhodná

ČSN 73 6133

velikost zrn [mm]	obsah zrn [% hmotnosti]	
do 0,002	9,8	jíl (c)
0,002 - 0,06	32,3	prach (m)
0,06 - 2,0	42,6	písek (s)
přes 2,0	15,3	štěrk (g)



# ZÁKLADNÍ KLASIFIKAČNÍ ROZBOR ZEMINY

Akce: Oprava traťového úseku Bystřice nad Pernštejnem – Rožná

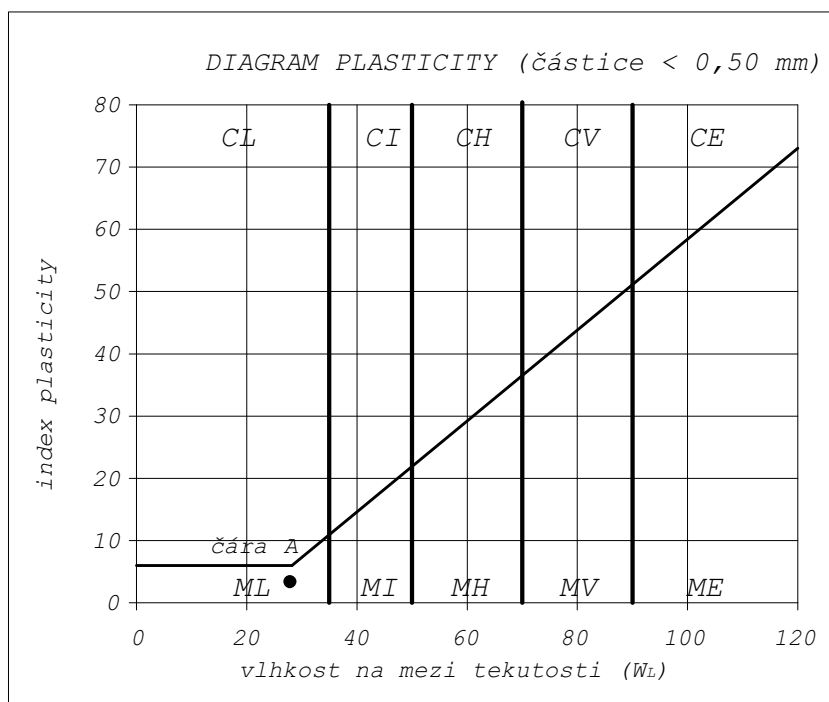
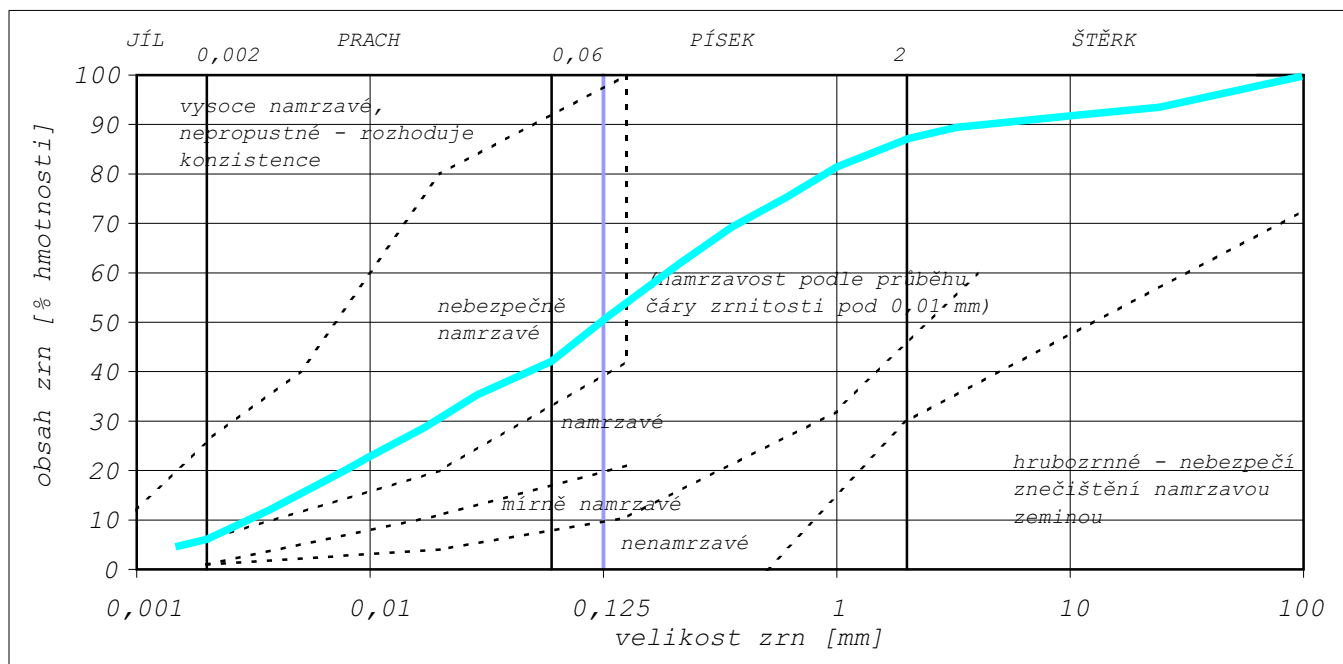
Datum odběru: 2.10.2019

Sonda: KS 5, hl. 1,05m

Klasifikace dle ČSN 73 6131: **F3/MS** (ČSN EN 14688-2 **csaSi**)

přirozená vlhkost: 11,8%

stupeň konzistence  $I_c$ : 1,04 (pevná)



namrzavost: nebezpečně namrzavá

použitelnost aktivní zóna: podmíněčně vhodná

použitelnost násypy: podmíněčně vhodná

ČSN 73 6133

velikost zrn [mm]	obsah zrn [% hmotnosti]	
do 0,002	6,1	jíl (c)
0,002 - 0,06	36,1	prach (m)
0,06 - 2,0	44,7	písek (s)
přes 2,0	13,1	štěrk (g)

