

Geofyzikální průzkum těžitelnosti zemín a hornin metodami MRS a TDP pro trasu kanalizace Úpice – Radeč

Závěrečná zpráva



Brno

listopad–prosinec 2022

Zhotovitel:



SIHAYA, spol. s r.o.

Veleslavínova 6

612 00 Brno

www.sihaya.cz

sihaya@sihaya.cz

autor zprávy: Viktor Valtr

Zadavatel:

Město Úpice

Městský úřad Úpice

Pod Městem 624, 542 32 Úpice

IČ: 00278386, DIČ: CZ00278386

e-mail: klasova@upice.cz

mobilní t.: 731 487 955

www.upice.cz

SIHAYA, spol. s r.o..
Veleslavínova 6, 612 00 Brno
IČ: 46346414 DIČ: CZ46346414

tel.: +420 549 211 828
mob.: +420 605 265 963
e-mail: sihaya@sihaya.cz

Geofyzikální práce, inženýrská geologie, hydrogeologie, korozní průzkumy a průzkumy vodních zdrojů

Název zakázky:

Geofyzikální průzkum těžitelnosti zemin a hornin metodami MRS a TDP pro trasu kanalizace Úpice – Radeč (pouze stoka AB)

Autor a zodpovědný řešitel geofyzikálních prací: **Mgr. Viktor Valtr**

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č.	1:	M.Ú. ÚPICE (digitální výtisk)
Výtisk č.	2:	ING. VLASTIMIL NOVOTNÝ, VODOHOSPODÁŘSKÁ KANCELÁŘ TRUTNOV (digitální výtisk)
Výtisk č.	3:	archiv firmy SIHAYA, spol. s r.o.

LITERATURA

- [1] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: *Digitální geologická mapa ČR 1:50 000*. - List citací:
<http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/index.php?> - Praha: ČGS, 2010.
- [2] SKOPEC J., pro fy SIHAYA: Posouzení vztahu rychlosti šíření seismických vln ke
geotechnickým parametrům a vlivu nehomogenit na charakter vlnového pole, Praha,
1993

OBSAH

1. Úvod	5
2. Popis lokality	5
2.1 Geologická charakteristika	5
3. Metodika geofyzikálního měření	6
3.1 Metoda mělké refrakční seismiky (MRS)	7
3.1.1 Princip průzkumu MRS	7
3.1.2 Použitá aparatura a geometrie měření MRS	7
3.1.3 Zpracování MRS	7
3.1.4 Výsledné parametry MRS a jejich vztah k IG parametrům hornin	8
3.2 Metoda těžké dynamické penetrace (TDP)	9
3.2.1 Odvození geotechnických parametrů z výsledků TDP	9
4. Průběh terénních prací	10
5. Výsledky průzkumu	11
5.1 Výsledky průzkumu metodou MRS	11
5.2 Odhad chyby měření MRS	12
5.3 Výsledky TDP	13
6. Shrnutí výsledků a závěr	19

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1g:	Přehledná situace průzkumu na geologické mapě
Příloha 1b a 1e:	Detailní situace průzkumu na katastrální mapě
Příloha 2a a 2g:	Geologicko-geofyzikální řez podél trasy stoky AB

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Geologické informace z nejbližších archivních vrtů s pozicí	5
Obr. 2: Fotografická dokumentace výchozu KS-2 AB128 m s lavicemi odolnějšího pískovce a hlouběji vyvětrávajícími jemnozrnnějšími pískovci s vložkami aleuropelitů	6
Obr. 3: Bod těžké dynamické penetrace TDP-5	10
Obr. 4: Měření MRS v obtížných podmínkách intenzivního provozu	12
Obrázek č. 5: Protokol sondy těžké dynamické penetrace TDP-2 s vyhodnocením	13
Obrázek č. 6: Protokol TDP-3 a TDP-4 s vyhodnocením (asi strop zatrubnění)	13
Obrázek č. 7: Protokol sondy těžké DP TDP-5 s vyhodnocením	14
Obrázek č. 8: Protokol sondy těžké DP TDP-6 s vyhodnocením	14
Obrázek č. 9: Protokol sondy těžké DP TDP-7 s vyhodnocením	15
Obrázek č. 10: Protokol sondy těžké DP TDP-8 s vyhodnocením	15
Obrázek č. 11: Protokol sondy těžké DP TDP-9 s vyhodnocením	16

Obrázek č. 12: Pozice TDP-6 u začátku parkoviště na AB 844 m	16
Obrázek č. 13: Protokol sondy těžké DP TDP-10 s vyhodnocením	17
Obrázek č. 14: Protokol sondy těžké DP TDP-11 s vyhodnocením	18
Obrázek č. 15: Protokol sondy těžké DP TDP-12 s vyhodnocením	18

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Fyzikální

symbol	Jednotka	Popis
E	[MPa]	Youngův modul pružnosti
V _P	[m/s]	rychlost šíření seismické P-vlny
V _S	[m/s]	rychlost šíření seismické S-vlny
ρ	[kg/m ³]	objemová hmotnost
ν	[/]	Poissonovo číslo
M _v	[Nm]	krouťícího momentu plášťového tření
N	[i]	počet úderů nutný pro zaražení hrotu o dalších 10 cm hlouběji
Q _d	[MPa]	měrný dynamický penetrační odpor

Zkratky

Zkratky	Jednotka	Popis
DP		dynamická penetrace
DPH		těžká dynamická penetrace
DSP		dokumentace k žádosti o vydání stavebního povolení
gf		geofyzikální
GRM		(interpretační metoda) general reciprocal method
h.p.v.		hladina podzemní vody
J / j.		jih / jižní
JZ		jihozápad
MRRS		(metoda) mělká refrakční a reflexní seismika
MRS		(metoda) mělká refrakční seismika
MS		mechanické sondování s průměrem vzorkovnice 40 mm
pf		profil
S		sever
SP		statická penetrace
SZ / sz.		severozápad / severozápadní
TDC		hodochrona (time distance curve)
TDP		těžká dynamická penetrace
V		východ
z.		západní
Z		západ
ZD		zadávací dokumentace

1. Úvod

V rámci plánované výstavby kanalizace mezi městem Úpice a místní částí Radeč jsme byli zadavatelem pověřeni provedením geofyzikálního průzkumu celé trasy (2.3 km dlouhé) kanalizační stoky AB metodami mělké refrakční seismiky (MRS) a těžké dynamické penetrace (TDP) za účelem zatřídění zemin a hornin podle těžitelnosti (podle ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133). Tato zpráva shrnuje i výsledky rešerše, průzkumných prací a jejich vyhodnocení v okolí.

2. Popis lokality

Lokalita leží v mírně zvlněné krajině s ostře zařizlým tokem potoka Radečka mezi městem Úpice a MČ Radeč. Průzkum s výpočtem procentuálního podílu tříd těžitelnosti 1 až 7 dle ČSN 733050 počítá s projektantem danou jednotnou hloubkou výkopu 2.5 m s tím, že v později specifikovaných úsecích bude hloubka výkopu menší. Povrch terénu je většinu antropogenně zpevněný a pouze místy a ke konci stoky AB jej tvoří i trávník (polní cesta), viz přílohy 1.

2.1 Geologická charakteristika

Lokalita se nachází v oblasti podkrkonošského permokarbonu, viz příloha 1a a následující obr.

Obr. 1: Geologické informace z nejbližších archivních vrtů s pozicí



ID GDO	Název název	Druh objektu	Hloubka	Směrovnice X	Směrovnice Y	Nadmořská výška	Zeměpisná šířka	Zatřídění kategorie	Profil horniny pod kladem	Stratigrafie	Účel objektu	Rok	Geologie
97235	W134	vtakový	7.5	1010562	624616	365.4	zeměpisný	1.8	písk	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1983	ano
97148	W24	vtakový	3.0	1010273.4	624021.6	336.6	zeměpisný	2.8	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1981	ano
97148	W24	vtakový	4.4	1010277.7	624090.7	337.5	zeměpisný	3.8	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1981	ano
97150	W28	vtakový	4.5	1010295.5	624093.3	338.2	zeměpisný	4.5	*	*	Inden-paleogeologický	1981	ano
97151	W29	vtakový	4.2	1010298.4	624107.8	338.3	zeměpisný	4.2	*	*	Inden-paleogeologický	1981	ano
629931	J6	vtakový	5	1010252.94	624137.66	340.92	zeměpisný	4.7	pískovec	Perm	Inden-paleogeologický	1996	ano
629704	R1	vtakový	31.6	1010668	624837	370	nezeměpisný	*	*	*	Hydrogeologický	1971	na
97015	S6	vtakový	6	1010554	624077	355.9	nezeměpisný	5.2	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1988	ano
638930	J3	vtakový	9.1	1010278.95	624121.65	339.97	zeměpisný	4.1	*	*	Inden-paleogeologický	1996	ano
97148	W23	vtakový	3.4	1010297.7	624093.2	336.7	zeměpisný	2.8	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1981	ano
97149	W27	vtakový	4.2	1010248	624093.8	338	zeměpisný	4.2	*	*	Inden-paleogeologický	1981	ano
97014	S4	vtakový	5.7	1010476	624107	354.2	nezeměpisný	5.1	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1988	ano
97016	S4	vtakový	5.4	1010470	624080	370.8	nezeměpisný	2.3	gnejs (hornec) / alkal., akcin...	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1971	ano
97232	W101	vtakový	11.2	1010219	624668	376.2	zeměpisný	6.8	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1983	ano
97234	W103	vtakový	8	1010314	624630	375.9	zeměpisný	8	písk	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1983	ano
97081	P2	vtakový	50	1010660	624940	370	nezeměpisný	0.1	pískovec	Perm-sporchi	Hydrogeologický	1971	ano
97147	W25	vtakový	4.5	1010284.9	624097.6	338.2	zeměpisný	4.5	*	*	Inden-paleogeologický	1981	ano
97152	W30	vtakový	4.3	1010241.6	624125.3	338.6	zeměpisný	3.2	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1981	ano
97233	W102	vtakový	14.5	1010328	624630	375.5	zeměpisný	10.2	pískovec	Perm-sporchi	Inden-paleogeologický	1983	ano

Kvartérní pokryv je pod většinou přítomnou vrstvou navážek (těleso komunikace, chodníků) tvořen na povrchu eventuálními písky, prachovitými až písčitými hlínami s úlomky podložních hornin, níže mohou ležet štěrkovitější, písčitéjší eluviální polohy až štěrkovitá až kamenitá eluvia s úlomky pískovců, nad skeletovou horninou (loupavka) nad navětralou skalní horninou. Tak je zde tvořena většinou permskými červenohnědými pískovci (ve svrchní části vápnité) , místy arkóзовé pískovce s polohami aleuropelitů, viz příloha 1a, kód horniny 327. Vrty byly zasaženy na povrchu předkenozoického prostředí pouze permské pískovce/písky a jednou prachovce, viz obr. 1, a to v hloubkách od 0,1 do 10 m.

Toto složení dokládá i v situaci zdokumentovaných několik kopaných sond (KS) a výchozů, kde pod vrstvou písčito kamenitých eluvií nastával plynulý přechod do skeletové horniny a hlouběji do pískovce červenohnědé barvy, viz obr. 2:

Obr. 2: Fotografická dokumentace výchozu KS-2 AB128 m s lavicemi odolnějšího pískovce a hlouběji vyvětrávajícími jemnozrnnějšími pískovci s vložkami aleuropelitů



3. Metodika geofyzikálního měření

Pro řešení zadaných úkolů, (viz úvod), byla vybrána kombinace těchto metod:

- metoda mělké refrakční seismiky (MRS) umožňuje určení distribuce rychlosti šíření seismické P-vlny (podélná vlna) v horninách. Podle zjištěného rozložení rychlostí lze rozčlenit horniny do mechanicky kvazihomogenních bloků. V příznivých případech umožňuje zjistit hloubku povrchu skalního podloží a jeho stav (navětralost, rozpukanost), nalézt na jeho povrchu tektonicky porušené zóny.
- metoda těžké dynamické penetrace (TDP) - ověření geotechnických vlastností zemin a hloubky povrchu skalního podloží měřením in-situ.
- geologický výklad výsledků gf. měření je opřen o výsledky geologického ohledání okolí lokality a o rešerši dat z Geofondu a IG průzkumu a o výsledky 12 bodů TDP.

3.1 Metoda mělké refrakční seismiky (MRS)

3.1.1 Princip průzkumu MRS

MRS je geofyzikální metoda zjišťující rozložení rychlostí šíření seismických vln v horninovém prostředí pod linií měření, potažmo hloubku povrchu podloží seismicky rychlejších hornin pod povrchem terénu. Vstupní data získává měřením času příchodu seismických vln ke snímačům chvění země (geofonům) od okamžiku jejich vybuzení na známém místě. Výsledné parametry jsou získány řešením obrácené úlohy šíření seismických vln horninovým poloprostorem. Rychlosti šíření seismických P-vln (V_p) v horninách v přírodě zpravidla stoupají směrem do hloubky, přičemž pokryv – nejsvrchnější partie zemského povrchu – tvořená většinou zeminami a zvětralinami – má rychlosti šíření seismických P-vln asi desetkrát menší, než jsou v jeho podloží. Díky tomuto velkému rozdílu ve V_p v pokryvu a v podloží předbíhají seismické vlny, které se šíří po podloží (h.p.v. nebo povrchu skalního podloží), vlny šířící se pokryvem. Tak vzniká tzv. lomená vlna.

Registrované nejrychleji přicházející seismické vlny se však nešíří přímo po povrchu podloží, ale využívají ještě vyšší V_p v méně porušené hornině ve větší hloubce tzv. refragovaná vlna. Tato skutečnost umožňuje změřit metodou refrakční seismiky V_p i ve větších hloubkách pod povrchem podloží a klasifikovat tak jeho mechanický stav do hloubky.

3.1.2 Použitá aparatura a geometrie měření MRS

Pro toto měření byl použit moderní 50 kanálový seismograf SEISMUT 6. Umožňuje sčítat slabé signály od jednotlivých úderů seismickým kladivem do výsledného, seismického záznamu (24 bitové delta sigma A-D převodníky) a tak nahradit trhaviny (dříve používané jako zdroje seismické energie) slabším mechanickým zdrojem a sumací výrazně snížit poměr šumů v okolí k užitečnému signálu.

Geometrie měření: Na přímé linii dlouhé 36 až 73.5 m a místy až 100 m je rozmístěno 50 aktivních reflexních geofonů (snímačů seismického chvění) s rozestupy 0,75 až 1,5 m až místy 2 m mezi sebou. Tuto linii nazýváme "seismické položení". Na jednom refrakčním položení budíme seismickou energii mnohonásobnými údery těžkého kladiva v sedmi až devíti bodech na 1 refrakční položení.

3.1.3 Zpracování MRS

Záznamy dat uložené aparaturou ve formátu SEG-2 jsou zpracovávány interpretačním programem RIS (Valtr, 2014) vyvinutým na základě Palmerovy GRM s chybou asi 5 % hloubky. Výsledkem zpracování je vertikální řez pod linií měření s vyznačenými kvazihomogenními bloky, v nichž je uvedena průměrná rychlost šíření podélné seismické vlny v jednotlivých blocích. Podle rychlosti šíření podélné seismické vlny a znalosti dalších doplňujících údajů je možné odvodit některé IG parametry hornin.

Výsledky zpracování refragované vlny jsou vkresleny do řezů v přílohách 3 až 5 modrou barvou, povrch podloží pak černou linií.

Rychlosti v průniku pod nejhlubší refrakční rozhraní jsou znázorněny formou isovel (isolinií rychlosti šíření) seismické P-vlny přerušovanou tenkou světle modrou čarou.

3.1.4 Výsledné parametry MRS a jejich vztah k IG parametrům hornin

Výsledné seismické parametry horninového prostředí jsou rychlosti šíření seismických podélných, eventuálně příčných vln, frekvenční charakteristika prostředí a pozorovaný útlum amplitud. Na této konkrétní lokalitě je výsledkem především znalost rozložení rychlostí šíření seismických podélných vln (V_P) podél proměřených profilů do hloubky až 40 m. V_P dobře koreluje s objemovou hmotností ρ většinou dle vztahu:

$$\rho = a * V_P^n$$

kde veličiny a a n jsou určovány empiricky a patří mezi materiálové konstanty. Bez jejich laboratorního zjištění je možno vztah mezi V_P a ρ použít pro relativní rozlišení litologicky podobných hornin dle objemové hmotnosti.

V_P je závislá i na elastických parametrech prostředí:

$$V_P = \sqrt{(E * (1 - \nu) / ((\nu + 1) * (1 - 2 * \nu)))}$$

kde ν je Poissonovo číslo a E je Youngův modul pružnosti. Při znalosti rychlosti šíření i příčných seismických vln (V_S) lze určit i konkrétní hodnoty těchto elastických parametrů (V_S na této lokalitě nebyla měřena).

Na hodnotu V_P má dále vliv pórovitost a charakter výplně pórů. Obecně platí, že rychlosti V_P jsou v méně porézních a ve zvodnělých horninách vyšší, než v horninách s vysokou porózitou a horninách nezvodnělých. V_P je přímo úměrná tlaku působícímu na horninu, respektive stáří hornin, jež snižuje pórovitost, respektive zvyšuje cementaci. V_P je rovněž přímo úměrná zhutnění zemin a je možno tuto závislost odvodit za podmínky konstantní vlhkosti zemin pomocí nacejchování penetračním měřením. (Této závislosti V_P na hutnosti využívají i stavební kompaktometry).

Do vertikálních řezů bylo vepsáno fialově přibližné zatřídění hornin a zemin podle rozpojitelosti a těžitelnosti podle ČSN 73 3050 a červeně i přibližné zatřídění hornin a zemin podle rozpojitelosti a těžitelnosti do tří tříd podle ČSN 73 6133 (viz příloha 2a). Zatřídění bylo provedeno podle distribuce rychlostí šíření seismické P-vlny podle výsledků metody MRS:

Tabulka D.1 – Klasifikace do tříd rozpojitelosti a těžitelnosti

Třída	Pevnost v tlaku	Střední hustota diskontinuit		
		vzdálenost v mm		
ČSN 73 6133	MPa	< 150	150 až 250	> 250
R 1	> 150	II	III	III
R 2	50 až 150	II	III	III
R 3	15 až 50	II	III	III
R 4	5 až 15	I	II	II
R 5	1,5 až 5	I	I	I
R 6	< 1,5	I	I	I
F 1 až F 6				I
S 1 až S 5				I
G 1 až G 5				I
G a S s kameny a balvany 100 mm až 250 mm v objemu nad 50 % anebo s balvany nad 250 mm do 0,1 m ³ v objemu 10 % až 50 % celkového objemu rozvolňované horniny (nepatří pro těžbu z deponie mladší 5 let).				II

Třída 1. – těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy (buldozery, rypadla, ručně).

Třída 2. – pro těžbu a rozpojování horniny je nutno použít speciální rozpojovací mechanizmy (rozrývače, skalní lžíce, kladiva), lze použít trhací práce, pokud je to z hlediska výsledné fragmentace a/nebo hospodárnosti výhodné.

Třída 3. – k rozpojování je nutné použít trhací práce. K rozpojování lze použít kladiva, rozrývače či jiné technologie, pokud by použití trhacích prací ohrozilo okolní stavby (obydlené oblasti).

3.2 Metoda těžké dynamické penetrace (TDP)

Metoda TDP je velmi efektivní terénní metoda pro zjištění mechanického stavu podloží. Byla použita souprava těžké dynamické penetrace typu Nordmeyer LMSR-Vk pro lehké, střední i těžké penetrační sondování s parametry odpovídajícími SPT dle DIN 4094 (2003) a STN 721032 (1997). Ocelové soutyčí o průměru 32 mm s normovým hrotem s vrcholovým úhlem 90° o průměru 43.7 mm a ploše v řezu 15 cm² zaráží beran o hmotnosti 30, 50 nebo 63 kg s konstantní výškou pádu 50 cm nebo 75 cm. Počet úderů beranu nutný pro zaražení hrotu o dalších 10 cm hlouběji (N) je zjišťován počítadlem či operátorem. V hloubkovém intervalu 0,5 až 1 m (v případě potřeby nebo požadavku objednatele nebo řešitele i v intervalu menším) je odečítána hodnota kroutícího momentu M_v (F_s) překonání plášťového tření momentovým klíčem.

Pro toto měření byla použita konstelace TDP (normový hrot s vrcholovým úhlem 90° o průměru 43.7 mm a ploše v řezu 15 cm² zaráží beran o hmotnosti 50 kg s konstantní výškou pádu 50 cm.

Po ukončení sondáže se soutyčí vytáhne mechanickým heverem. Následně se změří v sondě (pokud se hned nezavalí) elektrokontaktním hladinoměrem hladina podzemní vody.

Z výše uvedených odečítaných hodnot je v hloubkovém intervalu 10 cm vypočten měrný dynamický penetrační odpor Q_d (MPa) (Bondarik, Wojcechovski) nebo dle tzv. Holandského vzorce:

$$q_d = M \cdot H / [A \cdot e \cdot (M+P)] = M \cdot H \cdot N / [A \cdot s \cdot (M+P)]$$

kde: M – hmotnost kladiva

H – výška pádu kladiva

A – plocha hrotu

s – délka vniku (10 resp. 20 cm)

N – počet úderů na vnik

P – celková hmotnost zařízení působící na hrot

Početní a grafické vyhodnocení je prováděno pomocí vlastního počítačového programu.

Při provádění a vyhodnocování DP jsme se řídili stávajícími platnými předpisy a normami, dotýkajícími se problematiky dynamického penetračního sondování, především pak slovenské technické normy STN 72 1032 – Dynamická penetrační zkouška (platná ve SR od března 1997) a ČSN EN ISO 22476-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – část 2: Dynamická penetrační zkouška.

3.2.1 Odvození geotechnických parametrů z výsledků TDP

Se znalostí geologického profilu v místě TDP můžeme pro výpočet deformačního modulu přetvárnosti E_{def} použít následující vzorce, nebo jejich kombinaci:

$$E_{def} = n \cdot q_{dyn} \quad (1)$$

$$E_{def} = 9 \cdot q^{0,6}_{dyn} \quad (2)$$

Nejlepší výsledky bývají odvozeny z empirického vztahu (1) s empiricky zjištěným parametrem $n = 5.3$ platným pro štěrk s jemnozrnnou zeminou (G-F), a pro jílovitý štěrk (GC) $n = 3.8$ atd. až pro jíly $n=2$. Empirického vztah (2) vykazuje větší chybu oproti parametrům zjištěným ze statického PLT. Pro tuto lokalitu byly použity i další korelační empirické vztahy a sady převodních koeficientů podle očekávaného geologického profilu.

Geologická interpretace průběhu penetračního odporu proběhla pouze na základě interpretačních zkušeností autora podle geologické rešerše, proto je nutné nakládat s popisy vrstev s určitou rezervou a nebrat je za dogma. Hodnoty konzistence a ulehlosti zemin jsou tudíž orientační (chybí kalibrace na vrtný popis zemin).

Obr. 3: Bod těžké dynamické penetrace TDP-5



4. Průběh terénních prací

Terénní práce proběhly v období od 30. listopadu do 1. prosince 2022.

Metodou MRS byly prozkoumány celý zadavatelem specifikovaný úsek trasy stoky AB, viz příloh 1b až 1e. Trasa byla v oblasti u ohřívání vody pro koupaliště po domluvě se zástupci zadavatele mírně narovnána, viz příloha 1d nahoře (u TDP-9). Celkem bylo podél tras plánovaných výkopů proměřeno metodou MRS asi 2310 m (s krokem geofonů, a tedy i výsledné geologické informace od 0.75 m až po 2 m) s ověřením interpretace ve 12 bodech vpichy TDP (bod TDP-1 vynechán, pro opačnou stranu ulice, celkem provedeno 24 bm TDP do hloubek od 0.4 do 5.6 m), viz dále následující protokoly provedených vpichů TDP.

Hloubka povrchu pevnějšího skalního podloží se podle výsledků TDP a MRS pohybuje v širokém intervalu od 0.3 m (AB 200 m) po více než 5 m (AB1265 m) pod povrchem terénu.

Pozice profilů geofyzikálních měření a bodů TDP byla odměřena GPS nebo laserovým dálkoměrem Leica od okolních objektů zaměřených v mapovém podkladu poskytnutém zadavatelem a zakreslena do příloh 1a až 1e.

Všechny pozice roztažení MRS a bodů TDP byly fotograficky dokumentovány a body TDP byly i vytyčeny dřevěnými kolkami nebo sprejem.

5. Výsledky průzkumu

5.1 Výsledky průzkumu metodou MRS

Interpretací použité geofyzikální metody (MRS) a podle výsledků geologického ohledání lokality, rešerše archivních dat a výsledků 12 vpichů TDP byl na podkladě výsledků metody MRS vytvořen 10 x převýšený geologicko-geofyzikální řez profilu/stoky AB podle MRS a TDP, viz přílohy 2a až 2g.

Horninové prostředí v dosahu MRS bylo rozděleno podle distribuce rychlostí šíření seismické P-vlny na pevnější skalní podloží a pokryv, který se většinou skládal ze dvou vrstev:

- Svrchní nejsnadněji těžitelná vrstva pokryvu se vyznačuje nejnižšími rychlostmi šíření seismické P-vlny V_p (320 až 395 m/s). Vrstva je tvořena snadno těžitelnými nekypřejšími / nejméně pevnými, nejvíce porušenými zeminami jako promrzající vrstva, nedávno přemístěné (deluviální) zeminy či navážkami.

Linie ohraničující zdola tuto vrstvu (tmavě modrou slabou čarou) je povrchem mírně pevnějších/ulehlejších/vlhčích zemin, místy skeletové horniny.

- Pod ní leží vrstva pokryvu tvořená o něco ulehlejšími / pevnějšími / vlhčími zeminami eluviodeluviálními zeminami až skeletovou horninou eventuálně vlhčími zeminami, která je tvořena většinou eluvii s úlomky až místy s bloky matečné horniny (úlomky pískovců, eventuálně aleuropelitů s pískovci) až skeletové horniny přecházející do velmi silně navětralé poloskalní horniny R5-R4) s V_p většinou v intervalu od 438 m/s do 1380 (pod h.p.v.) m/s.

Linie ohraničující zdola tuto vrstvu **modrou nejsilnější čarou** je nejsilnějším refrakčním rozhraním přibližně v místě povrchu pevnější skalní horniny (R4 / R4-R3). Zde jde nejpravděpodobněji o permské pískovce, arkózové pískovce, vápnité pískovce, eventuálně i prachovce ve střídání s pískovcem.

Na této lokalitě jde dle výsledků TDP i MRS často o pozvolný přechod eluvií do skalní horniny typický pro převládající horniny.

Rychlosti šíření seismické P-vlny pod nejhlubším refrakčním rozhraním jsou znázorněny formou isolinií rychlostí šíření seismických P-vln – isovel (čím hlouběji je daná isovela, tím porušenější a rozvětralejší je zde hornina). Podle zahloubení isovel byly do řezů vkresleny světle fialovo-modrou přerušovanou čarou i tektonické poruchy dle MRS, (pokud byly zachyceny nad dnem výkopu), po kterých lze očekávat přítoky podzemních vod do výkopů v deštivém počasí.

Do řezů je fialově vepsáno **zatřídění podle těžitelnosti hornin a zemin dle ČSN 733050** a do legendy příloh 2 i podle **ČSN 736133** (červeně).

Hladina podzemní vody nebyla často TDP ani MRS v průlinovém prostředí zachycena a opírá se pouze o odborný odhad na podkladě rešerší archivních HG dat (viz kapitola 2.2), výsledky TDP (pozorování vlhkosti tyčí), a očekáváme ji v hloubkách o málo mělčích, než je úroveň hladiny potoka (0 až 0.3 m).

TDP byly většinou zachyceny pouze vlhké zeminy v hloubkách specifikovaných v hlavičce protokolů TDP.

Pouze v případě deštivého počasí je možné, že by výkopem byla zachycena podzemní voda stékající po propustnějších (píscitějších) vrstvách do puklin v podložních skalních horninách.

V místech zjištění nebo poblíže byla h.p.v. zakreslena do řezů v přílohách 2 symbolem:  nebo v případě, že nebyla zachycena přesně do určité hloubky MRS ani TDP, byla označena jako h.p.v. je hlouběji než aktuální hloubka tímto symbolem: .

5.2 Odhad chyby měření MRS

Měření MRS bylo zatíženo šumem způsobeným větrem a dopravou (D10) a chybou z možných inverzí rychlosti šíření seismických vln směrem do hloubky v oblasti navážek, stavebních antropogenních prvků a bloků skalních hornin s hlinitopísčitém pojivem jako vyvětralé lavice odolnější horniny (pískovce) v méně odolných rozvětralých jílovitějších horninách (v optimálním případě rychlosti V_p do hloubky rostou), kde může dojít k nedetekovatelnosti takovéto inverzní vrstvy. Chyba způsobená nepřesným odečtem časů prvního nasazení může být odhadnuta až na ± 35 cm (díky silné proměnlivosti konzistence zemin v oblasti navážek v náspe silnice). Chyba způsobená nepřesným určením rychlosti šíření seismických P-vln v pokryvu může být až 7 %. Celková chyba určení hloubky povrchu skalního podloží metodou MRS je odhadována na 7 % $\pm$ 35 cm.

Větší chyba je představitelná u mylné detekce vlny od užší vrstvy pískovce nad prachovcem, která mohla být zaměněna za obrubník (taková geologická situace je poměrně).

Měření MRS bylo omezeno inverzemi rychlosti šíření seismických P-vln v prostředí nepravidelně a hluboko podél puklin rozvětrávajících hornin. Isolinie rychlosti šíření seismických P-vln pod nejhlubší rozhraní (isovele) je nutno brát pouze relativně. Tam, kde se isovele zahlubují, je relativně méně mechanicky kvalitní hornina a naopak.

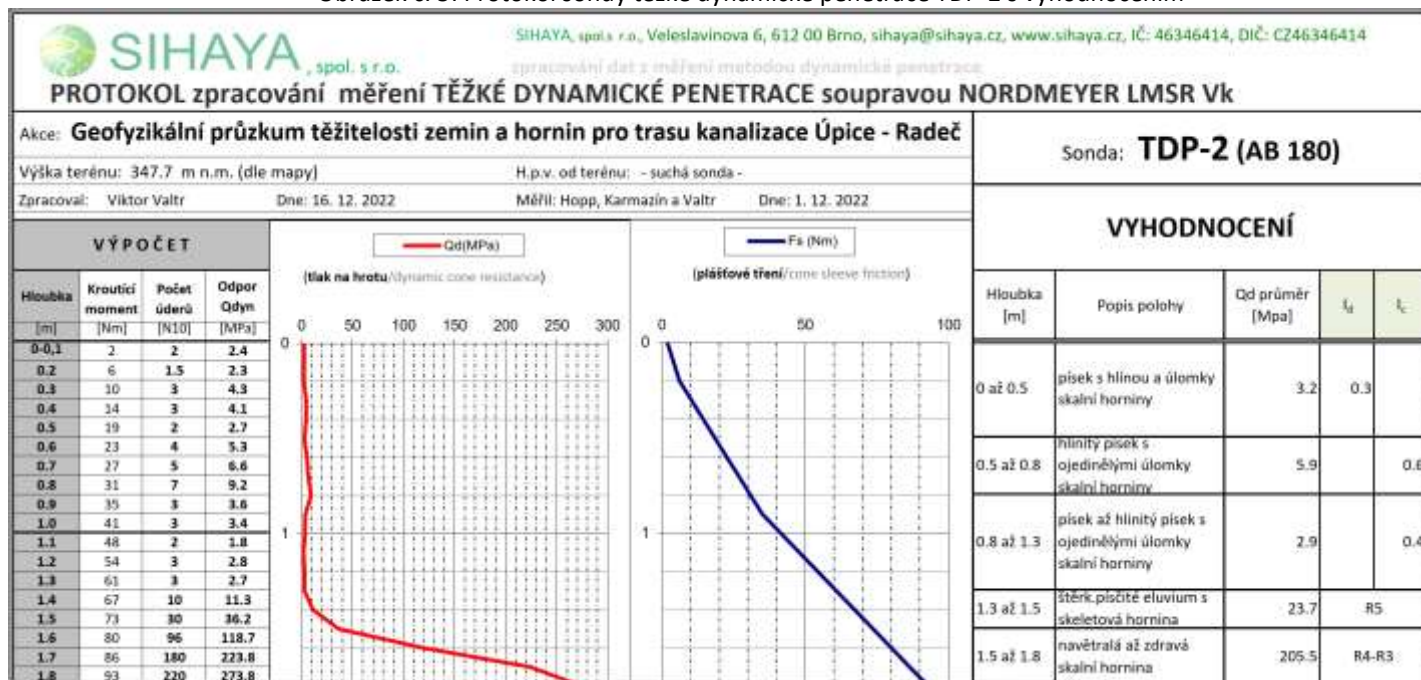
Obr. 4: Měření MRS v obtížných podmínkách intenzivního provozu



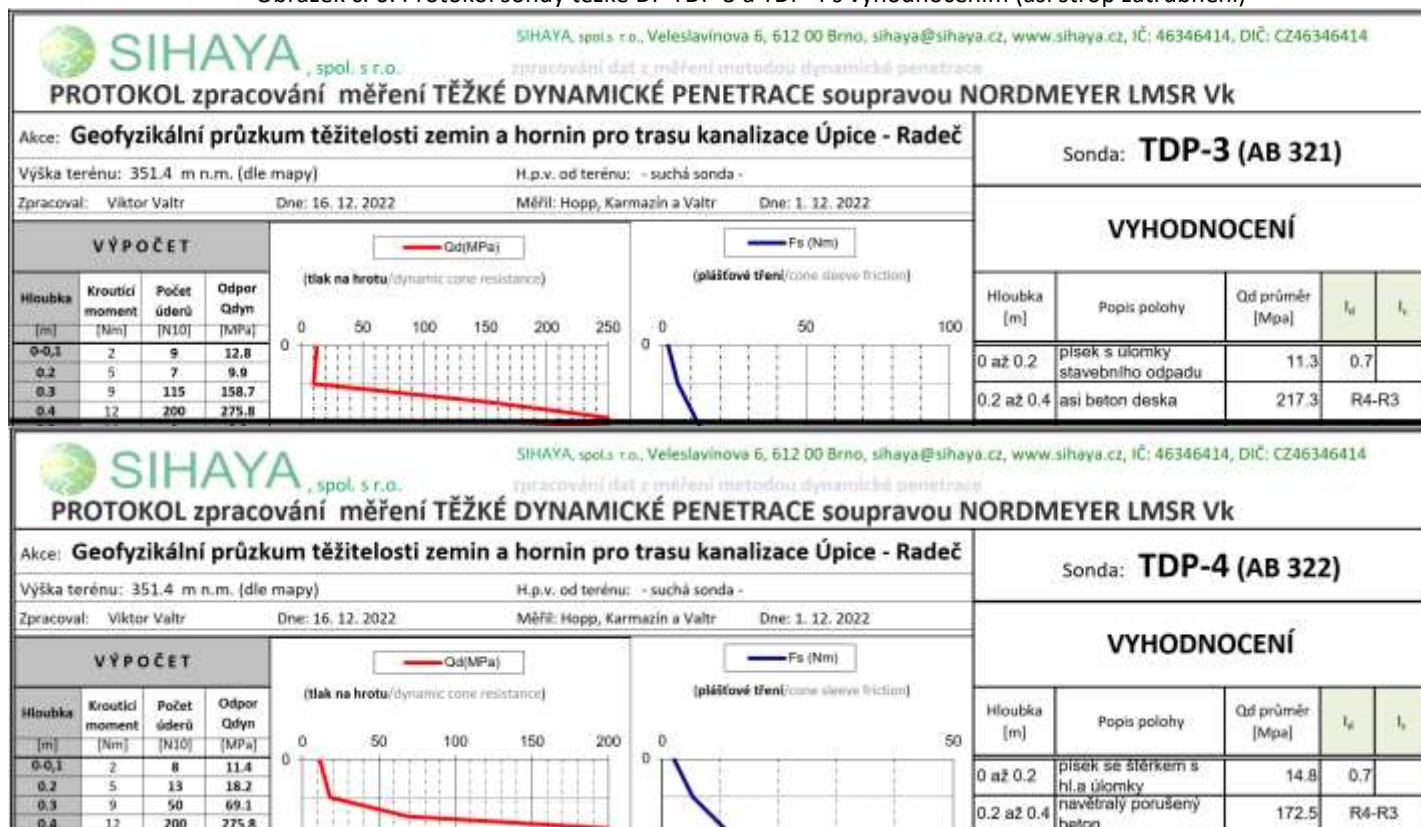
5.3 Výsledky TDP

Výsledkem TDP jsou následující tabulky naměřených dat kroutícího momentu a počtu úderů na 10 cm průřez N_{10} a grafy parametrů Q_d a F_s s geotechnickým vyhodnocením sond (průměrnými hodnotami pro vybrané kvazihomogenní bloky zemin pro tyto parametry: I_c a I_d) a s popisy vrstev:

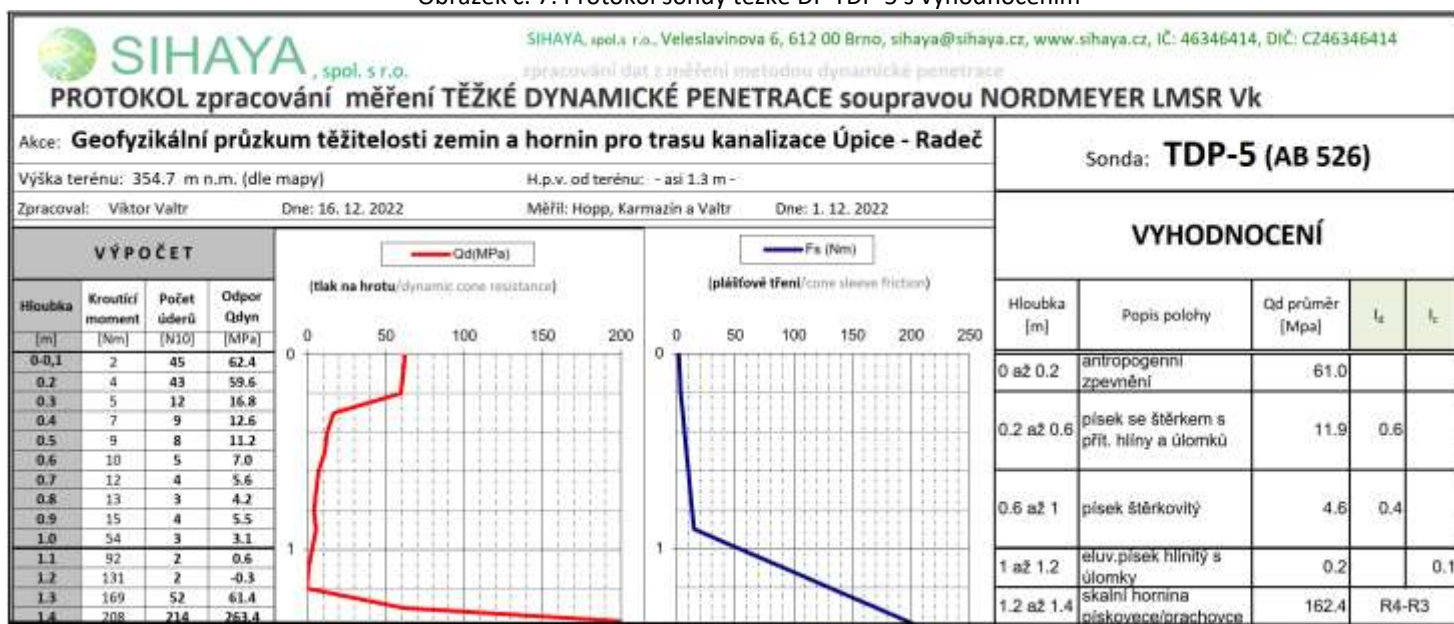
Obrázek č. 5: Protokol sondy těžké dynamické penetrace TDP-2 s vyhodnocením



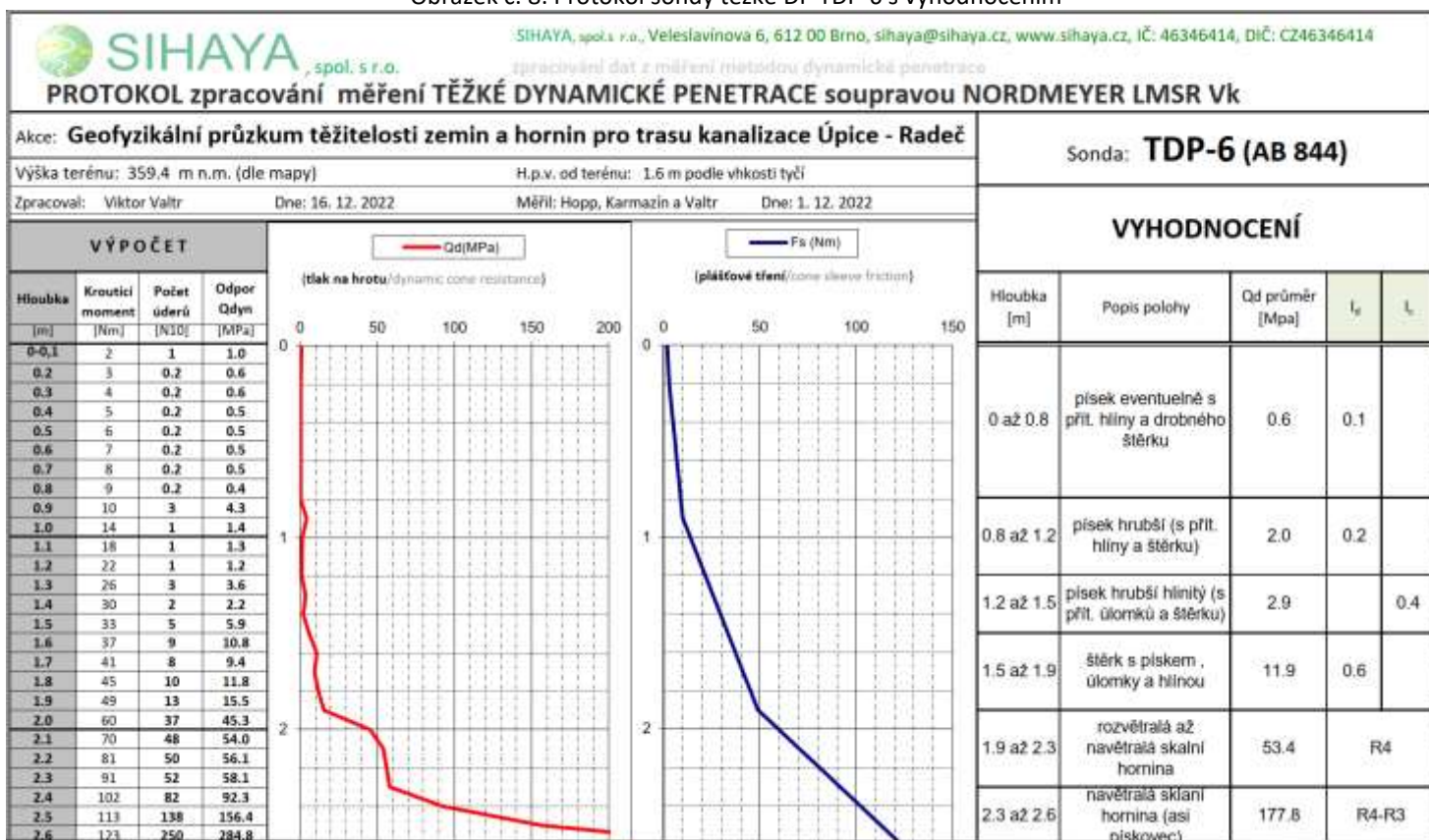
Obrázek č. 6: Protokol sondy těžké DP TDP-3 a TDP-4 s vyhodnocením (asi strop zatrubnění)



Obrázek č. 7: Protokol sondy těžké DP TDP-5 s vyhodnocením



Obrázek č. 8: Protokol sondy těžké DP TDP-6 s vyhodnocením

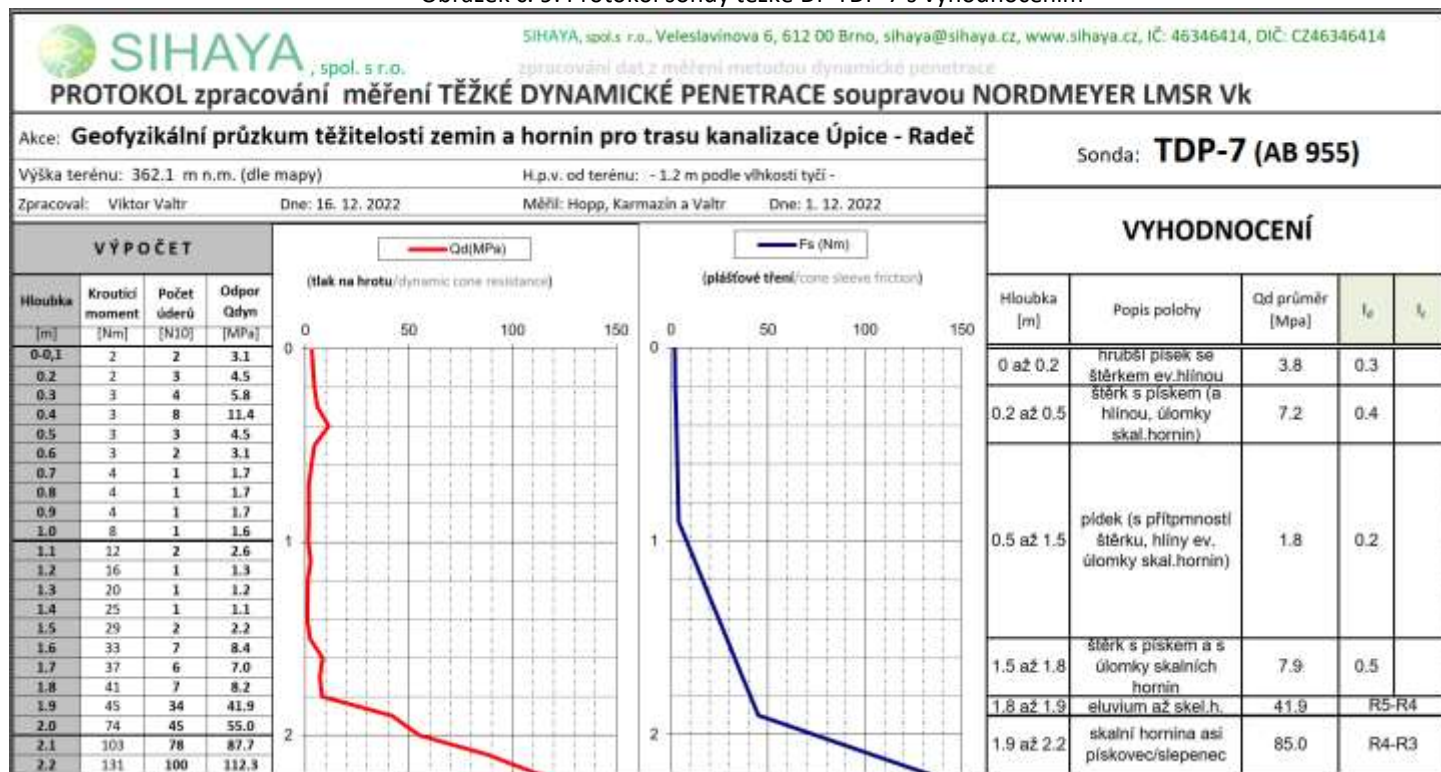


Zatřídění R3 ve vyhodnoceních DP výše je nutno chápat jako hodnotu pro spodní část nejnižší vrstvy, kde se penetrační hrot zastavil. Výsledky DP jsou vneseny do geologicko-geofyzikálních řezů pro malé měřítko pouze částečně a sloužily především pro nakalibrování výsledků MRS.

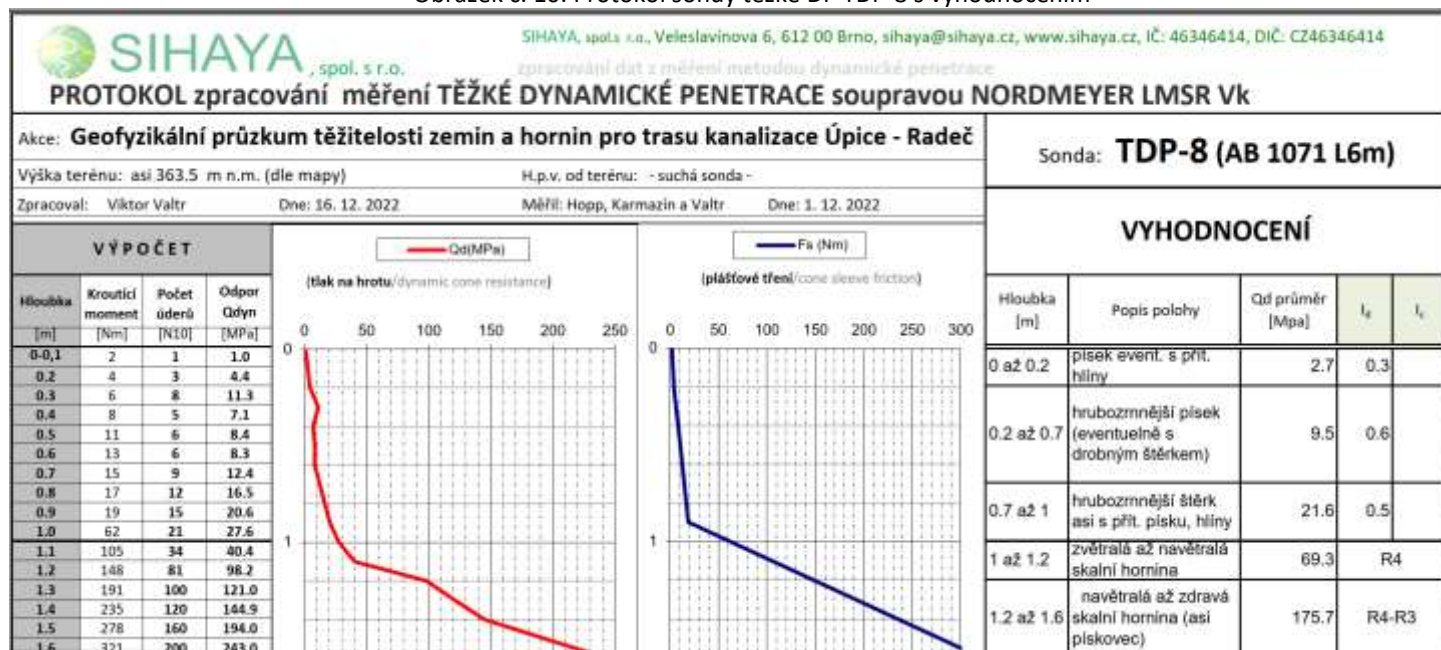
Geologická interpretace průběhu penetračního odporu proběhla pouze na základě interpretačních zkušeností autora podle geologické rešerše, proto je nutné nakládat s popisem

vrstev s určitou rezervou a nebrat je za dogma. Hodnoty konzistence a ulehlosti zemin jsou tudíž orientační (chybí kalibrace na přesný vrtný popis zemin).

Obrázek č. 9: Protokol sondy těžké DP TDP-7 s vyhodnocením

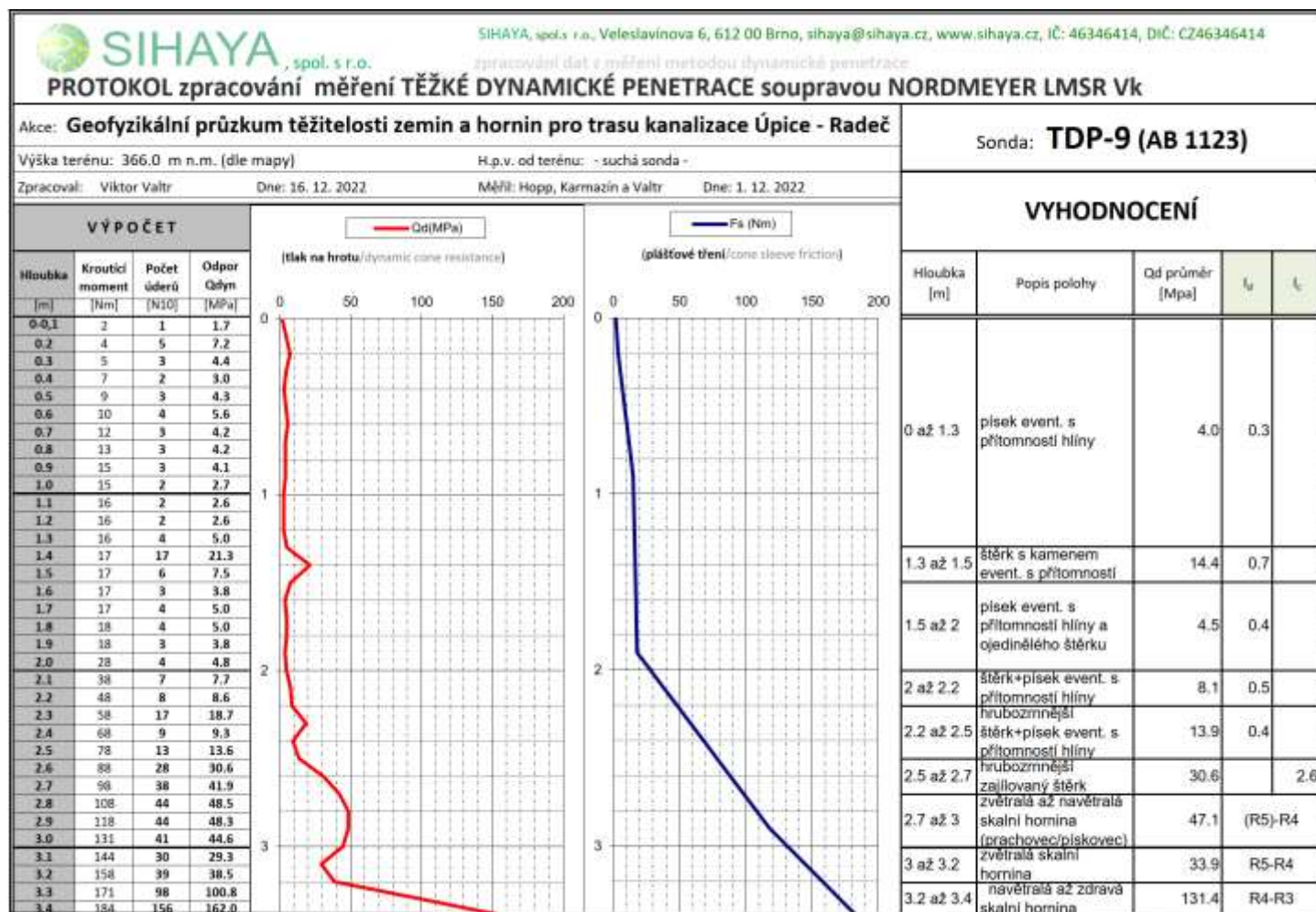


Obrázek č. 10: Protokol sondy těžké DP TDP-8 s vyhodnocením



Zatřídění podle těžitelnosti hornin a zemin (dle ČSN 733050) je podle distribuce rychlostí šíření seismických P-vln a výsledků TDP vepsáno fialovými arabskými číslicemi do vertikálních řezů v příloze 2 a do legendy těchto příloh i podle ČSN 736133 (červeně).

Obrázek č. 11: Protokol sondy těžké DP TDP-9 s vyhodnocením

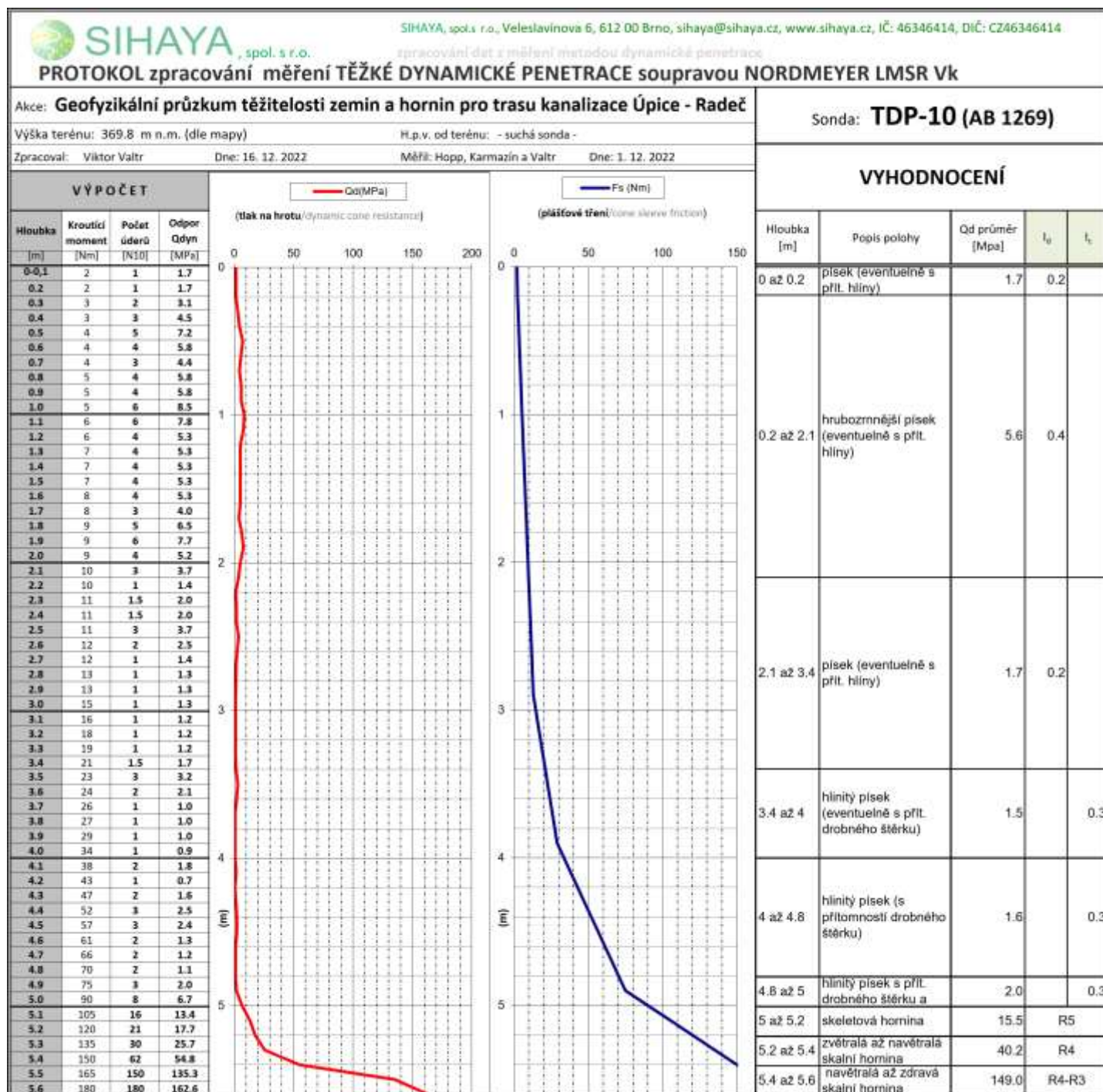


Zatřídění podle těžitelnosti hornin a zemin (dle ČSN 733050) v trase protlaku bylo zpracováno podle obou metod (TDP a MRS), ale v úseku pod pojížděnou částí D10 jde pouze o interpolaci výsledků.

Obrázek č. 12: Pozice TDP-6 u začátku parkoviště na AB 844 m

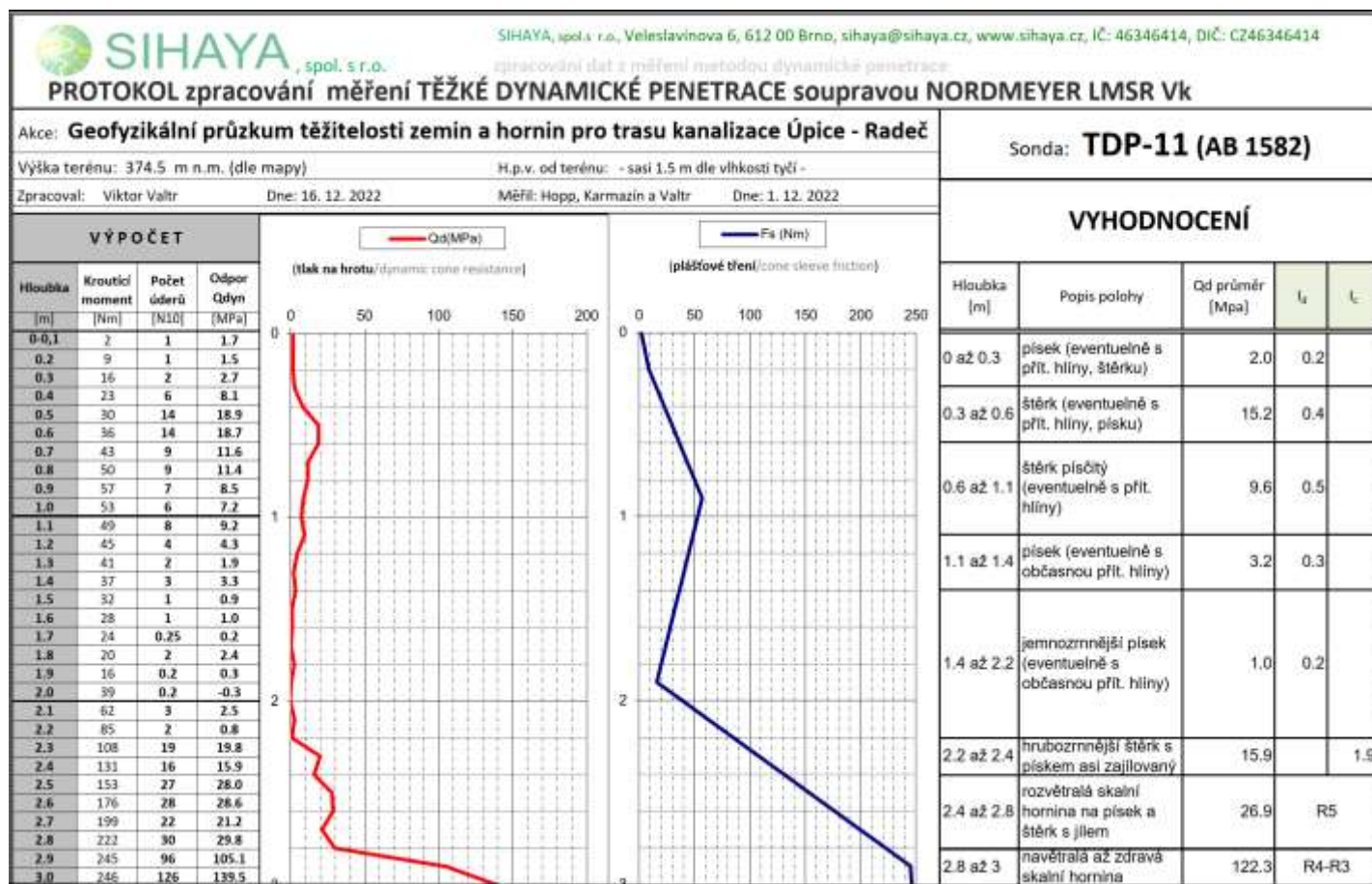


Obrázek č. 13: Protokol sondy těžké DP TDP-10 s vyhodnocením

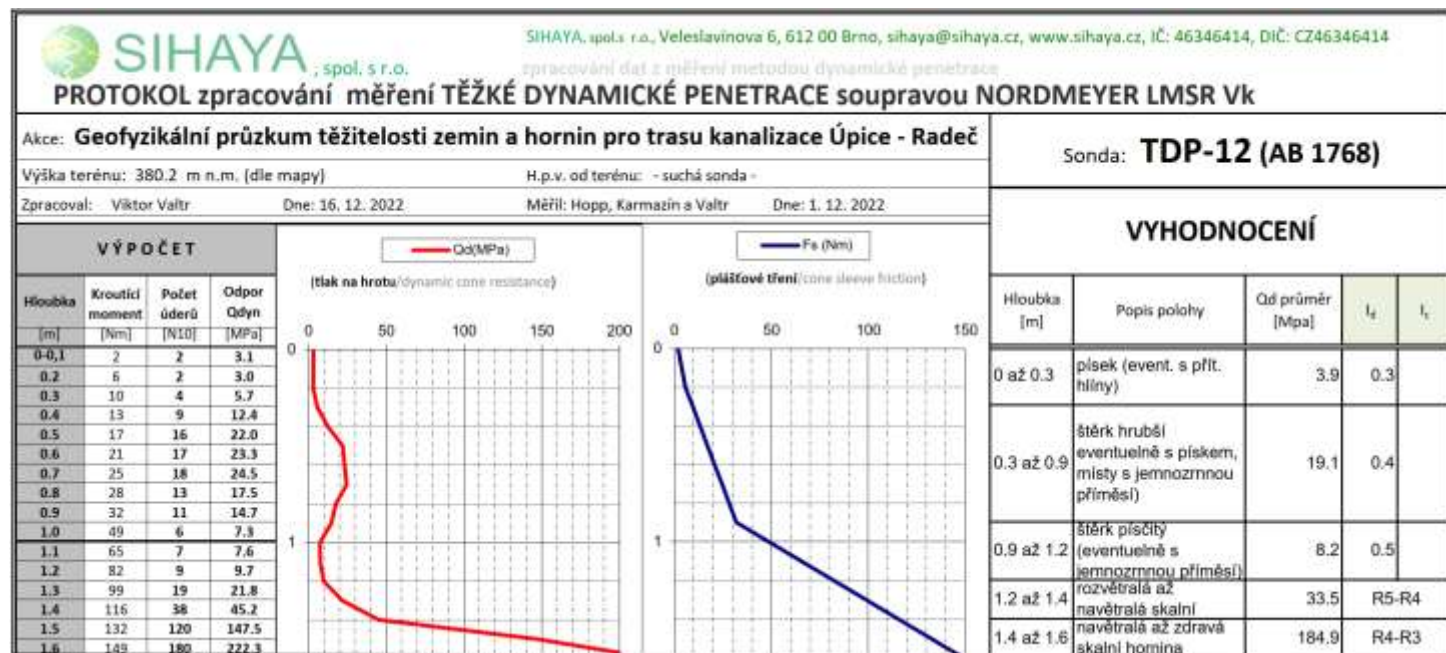


Vzhledem k častému subhorizontálnímu uložení vrstev pískovce/prachovce/slepence může být těžitelnost ve výkopech o něco málo vyšší než udávaná v řezech, kvůli obtížnosti vypáčení i tenčí subhorizontální desky odolnějšího horniny z relativně úzkého výkopu. Rovněž nelze vyloučit **výskyt tenkých lavic**, více zpevněných křemenných pískovců v souboru jinak zvětralých hornin (prachovců, vápnitých jemnozrnných pískovců) či lokální výskyt kvádrových bloků skalních hornin s vyšší těžitelností, které byly menší či tenčí než rozlišovací schopnost P-vln (0,3 až 0,5 m). V jiném případě může seismická vlna klouzat pouze po odolnější vrstvě a přehlédnout lépe těžitelnou horninu níže.

Obrázek č. 14: Protokol sondy těžké DP TDP-11 s vyhodnocením



Obrázek č. 15: Protokol sondy těžké DP TDP-12 s vyhodnocením



6. Shrnutí výsledků a závěr

Terénní práce proběhly od 30. 11. do 1. 12. 2022. Metodou MRS byla prozkoumána celá trasa stoky AB (2314 m) s ověřením interpretace ve 12 bodech vpichy TDP (celkem 24 bm TDP).

Hloubka povrchu pevnějšího skalního podloží se podle výsledků TDP a MRS pohybuje v intervalu od 0.3 m po více než 5 m (pod AB1265 m) pod povrchem terénu. Pozice profilů geofyzikálních měření a bodů TDP byla odměřena laserovým dálkoměrem a zakreslena do příloh 1a až 1f. Všechny pozice roztažení MRS a bodů TDP byly fotograficky dokumentovány.

Interpretací výsledků metod MRS a TDP a dle výsledků geologického ohledání lokality a rešerše archivních dat byl vytvořen geologicko-geofyzikální řez proměřené trasy výkopu stoky AB prezentovaný v přílohách 2a až 2g i s vyznačeným zatříděním zemin a hornin podle těžitelnosti dle ČSN 733050 a do legendy příloh i podle ČSN 736133.

Orientační přepočít na procentuální zastoupení při hloubce výkopu podle celé trasy do hloubky 2.5 m je shrnut této tabulce:

Zpracování prezentativního podílu ploch trasy se zatříděním podle těžitelnosti do třídy = až 7 podle ČSN 733050 podél stoky AB - Úpice, předpokládaná hloubka výkopu 2,5 m							třída těžitelnosti procenta tříd relativně v jednotlivých plochách/vrstvách							Výsledný součet ploch podle parametru třída těžitelnosti dle ČSN 733050						
Celková																				
1.křivka č.	2.křivka č.	úsek 1	úsek 2	úsek 3-kor	sumaAB		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0	1	1095.04	1616.63	893.49	3565.18	m2 - mezi povrchem a 1. refraktorem	5	40	55	0	0	0	0	178.26	1426.072	1960.85	0	0	0	0
1	2	350.74	364.47	393.94	1109.15	m2 - mezi refraktory 1 a 2	0	0	25	70	5	0	0	0	0	277.288	776.405	55.4575	0	0
2	3	50.72	14.83	36.27	101.82	m2 - mezi refraktorem 2 a 1.isovelou o rychlosti 1200	0	0	0	60	40	0	0	0	0	0	61.092	40.728	0	0
3	4	0	0	8.15	8.15	m2 - mezi isovelou o rychlosti 1200 a isovelou o rychlosti 1500	0	0	35	65	0	0	0	0	0	0	2.8525	5.2975	0	0
4	5	0.06	5.29	29.91	35.26	m2 - mezi isovelou o rychlosti 1500 a isovelou o rychlosti 1800	0	0	0	80	20	0	0	0	0	0	0	28.208	7.052	0
5	6	12.78	25.1	76.65	114.53	m2 - mezi isovelou o rychlosti 1800 a isovelou o rychlosti 2200	0	0	0	60	40	0	0	0	0	0	0	68.718	45.812	0
6	7	89.23	35	117.33	241.56	m2 - mezi isovelou o rychlosti 2200 a isovelou o rychlosti 2600	0	0	25	75	0	0	0	0	0	0	0	60.39	181.17	0
7	8	256.21	55.79	67.99	379.99	m2 - mezi isovelou o rychlosti 2600 a isovelou o rychlosti 3100	0	0	15	80	5	0	0	0	0	0	0	56.9985	303.992	18.9995
8	9	81.01	38.34	42.39	161.74	m2 - mezi isovelou o rychlosti 3100 a isovelou o rychlosti 3600	0	0	0	85	15	0	0	0	0	0	0	0	137.479	24.261
9	10	24.18	7.52	0.14	31.84	m2 - mezi isovelou o rychlosti 3600 a isovelou o rychlosti 4100	0	0	75	25	0	0	0	0	0	0	0	0	23.88	7.96
10	11	7.25	17.39	0	24.64	m2 - mezi isovelou o rychlosti 4100 a isovelou o rychlosti 4700	0	0	25	75	0	0	0	0	0	0	0	0	6.16	18.48
11 a pod ní		2.79	7.14		9.93	m2 a to vše při předpokládané hloubce výkopu: 2,50 m	0	0	15	85	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4895	8.4405
0 m2 a to vše při předpokládané hloubce výkopu: 2,50 m							0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sumaplocha							5783.79	5772.5												
třída těžitelnosti dle ČSN 733050														1	2	3	4	5	6	7
suma ploch celkem v třídách [m²]														178.3	1426.1	2238.1	840.3	815.8	707.0	78.1
suma ploch celkem v třídách v procentech														3.1%	24.7%	38.7%	10.5%	5.5%	12.2%	1.4%

Tzn., že při výkopových pracích podél celé stoky AB (do hloubky 2.5 m) by bylo zastiženo:

- 3.1% zemin ve třídě těžitelnosti (ČSN 733050) **1**,
- 24.7 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **2**,
- 38.7 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **3**,
- 14.5 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **4**,
- 5.5 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **5**,
- 12.2 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **6**,
- a 1.4 % zemin a hornin ve třídě těžitelnosti **7**.

Všechny výsledky jsou podrobněji popsány v kapitole 5.

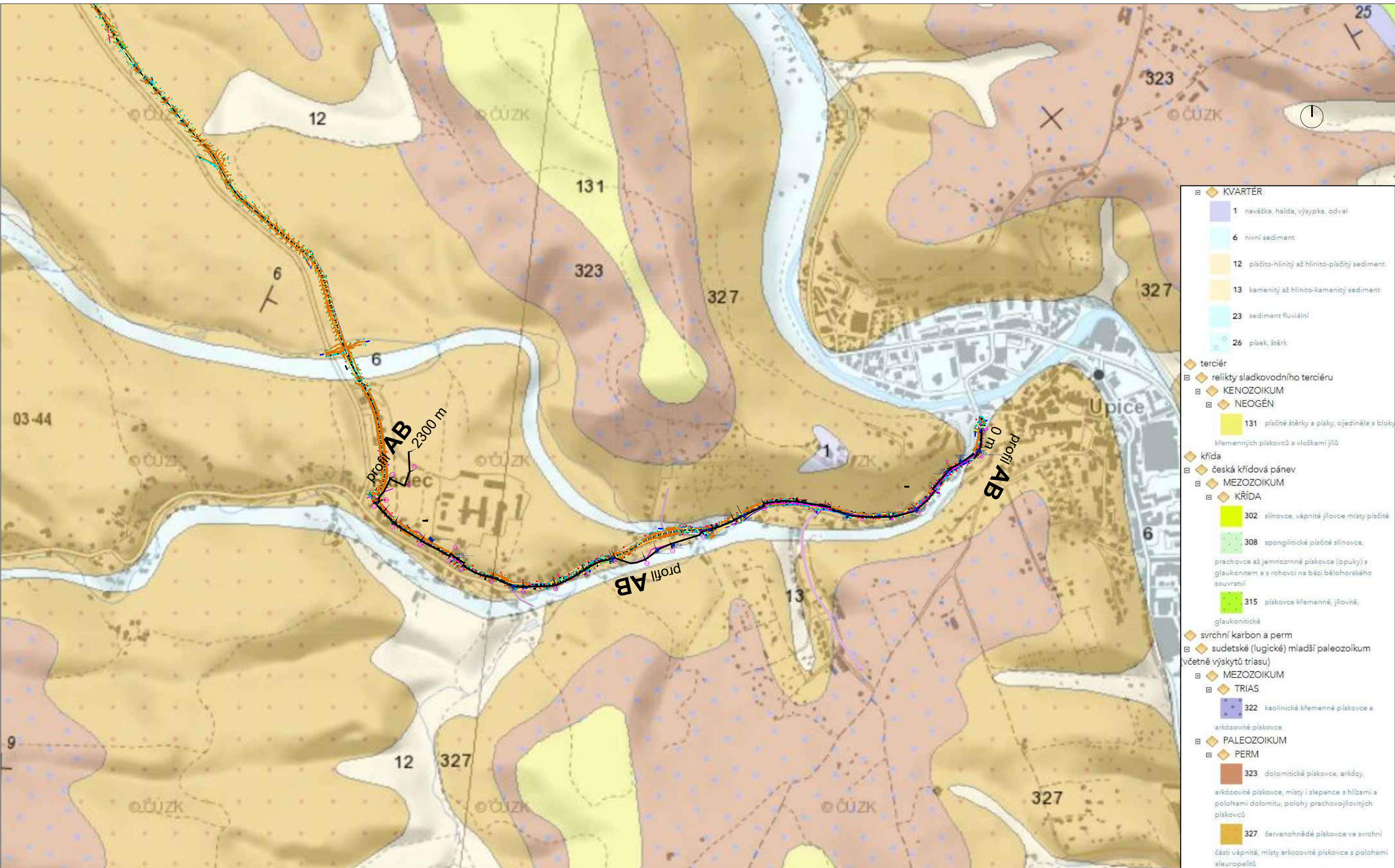
Vypracoval zodpovědný řešitel geofyzikálních prací: Mgr. Viktor Valtr

V Brně, dne 23. prosince 2022

SIHAYA GEOLOGICKÝ
spol. s r.o. PRŮZKUM
Veleslavínova 6, Brno 612 00, ČR
Mgr. Viktor Valtr - jednatel
tel. / fax: 549 211 828, www.sihaya.cz
DIČ: CZ46346414 IČO: 46346414

Viktor Valtr





Legenda:

osa výkopu kanalizace
profil **AB** - název profilu (stoky kanalizace) MRS a TDP
60 m - metráž gf profilu podle stoky, od koupaliště (narovnání trasy) je kratší



581 m - metráž gf profilu
8 - číslo konce položení MRS

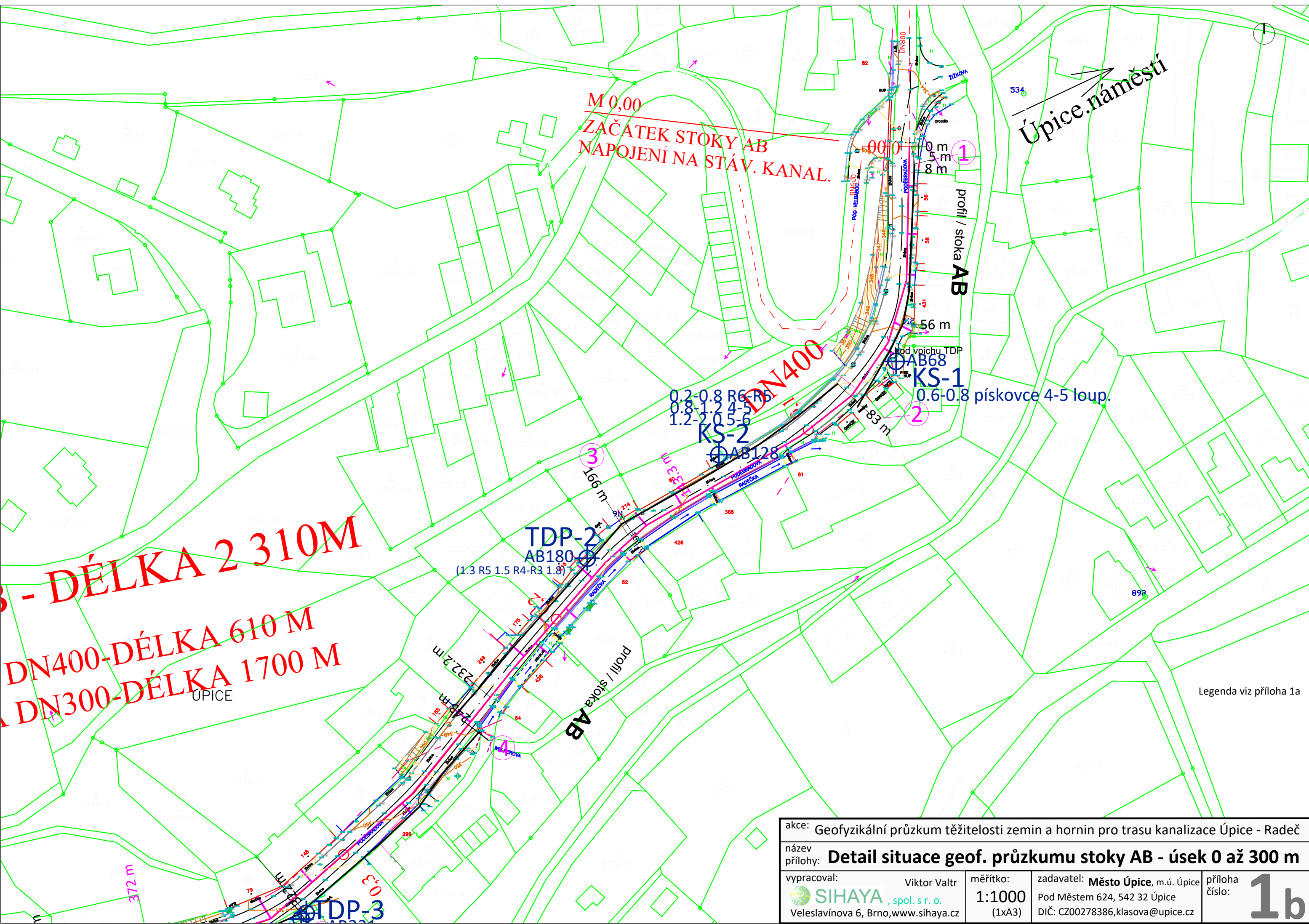
Legenda TDP a KS:

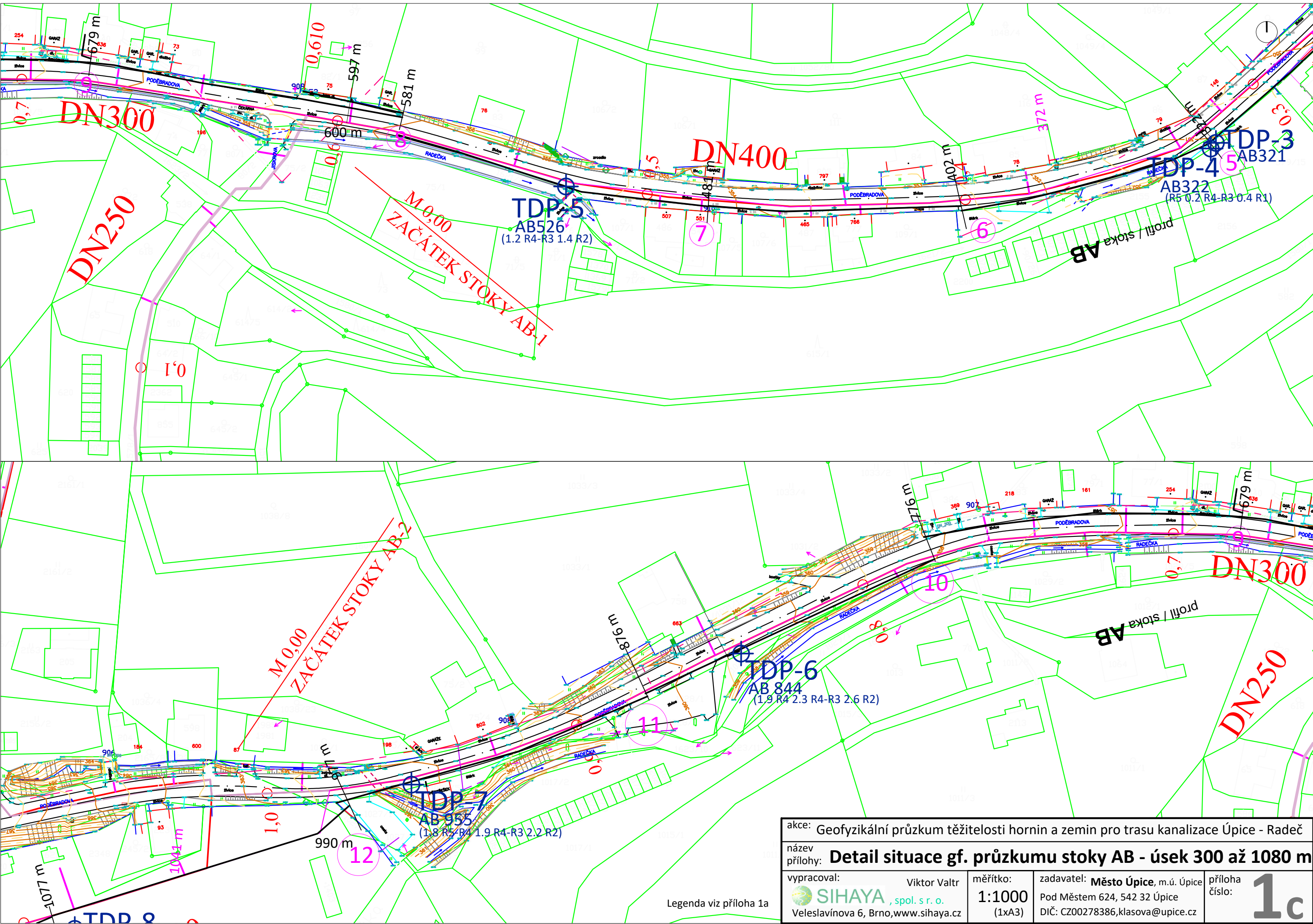
TDP-2 - název vpichu TDP
AB38 - metráž vpichu TDP na profilu AB
- bod vpichu TDP nebo KS
(1.2 R4-R3 1.4 R2) - orientační hloubka R4-R3 a R2 dle TDP

akce: Geofyzikální průzkum těžitelosti zemin a hornin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč

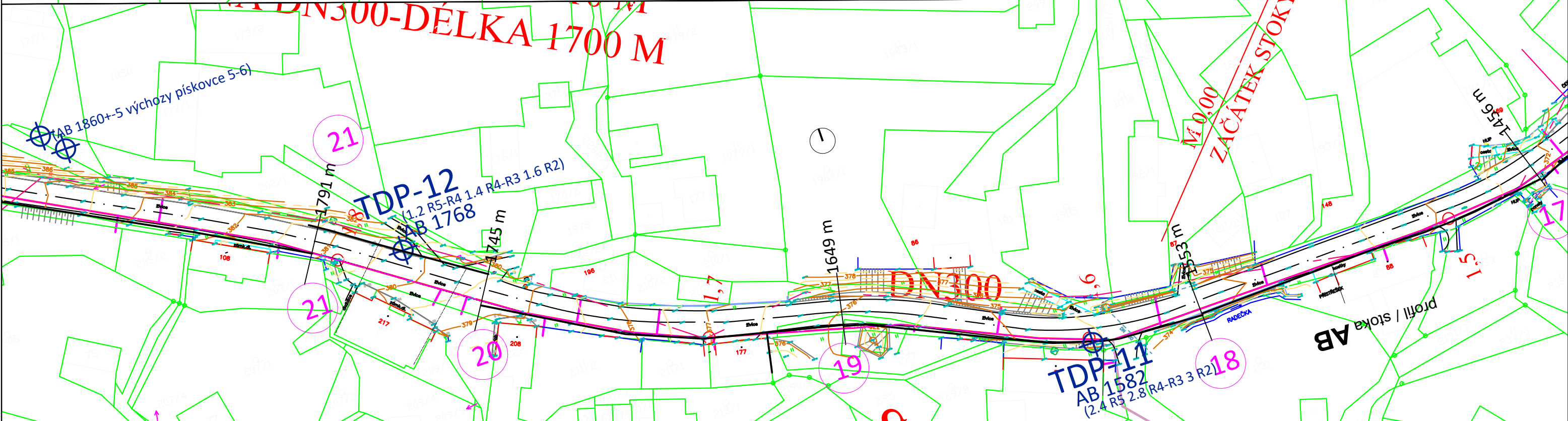
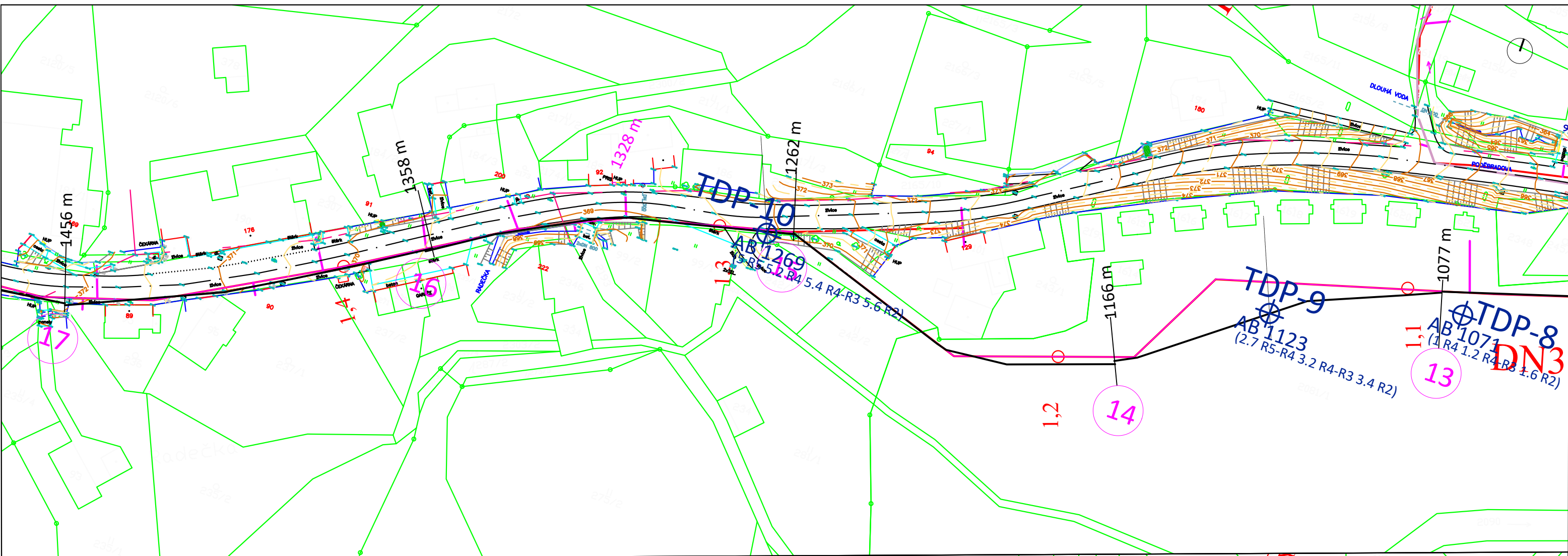
název přílohy: **Situace geof. průzkumu na geologické mapě - celek**

vypracoval: SIHAYA , spol. s r. o. Velešlavínova 6, Brno, www.sihaya.cz	Viktor Valtr	měřítko: 1:10000 (1x A3)	zadavatel: Město Úpice , m.ú. Úpice Pod Městem 624, 542 32 Úpice DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz	příloha číslo: 1a
---	--------------	------------------------------------	---	--------------------------





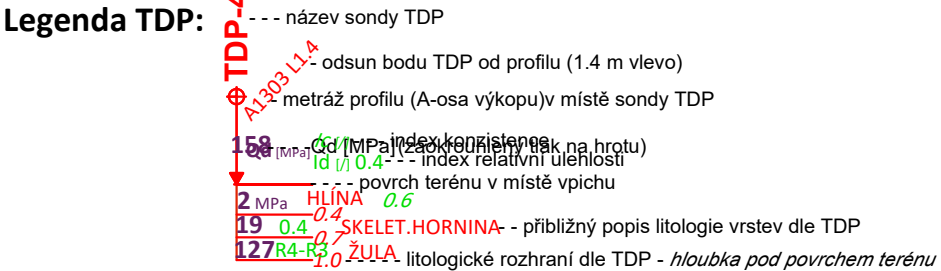
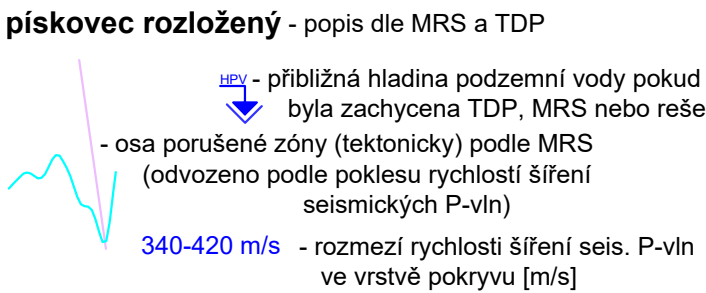
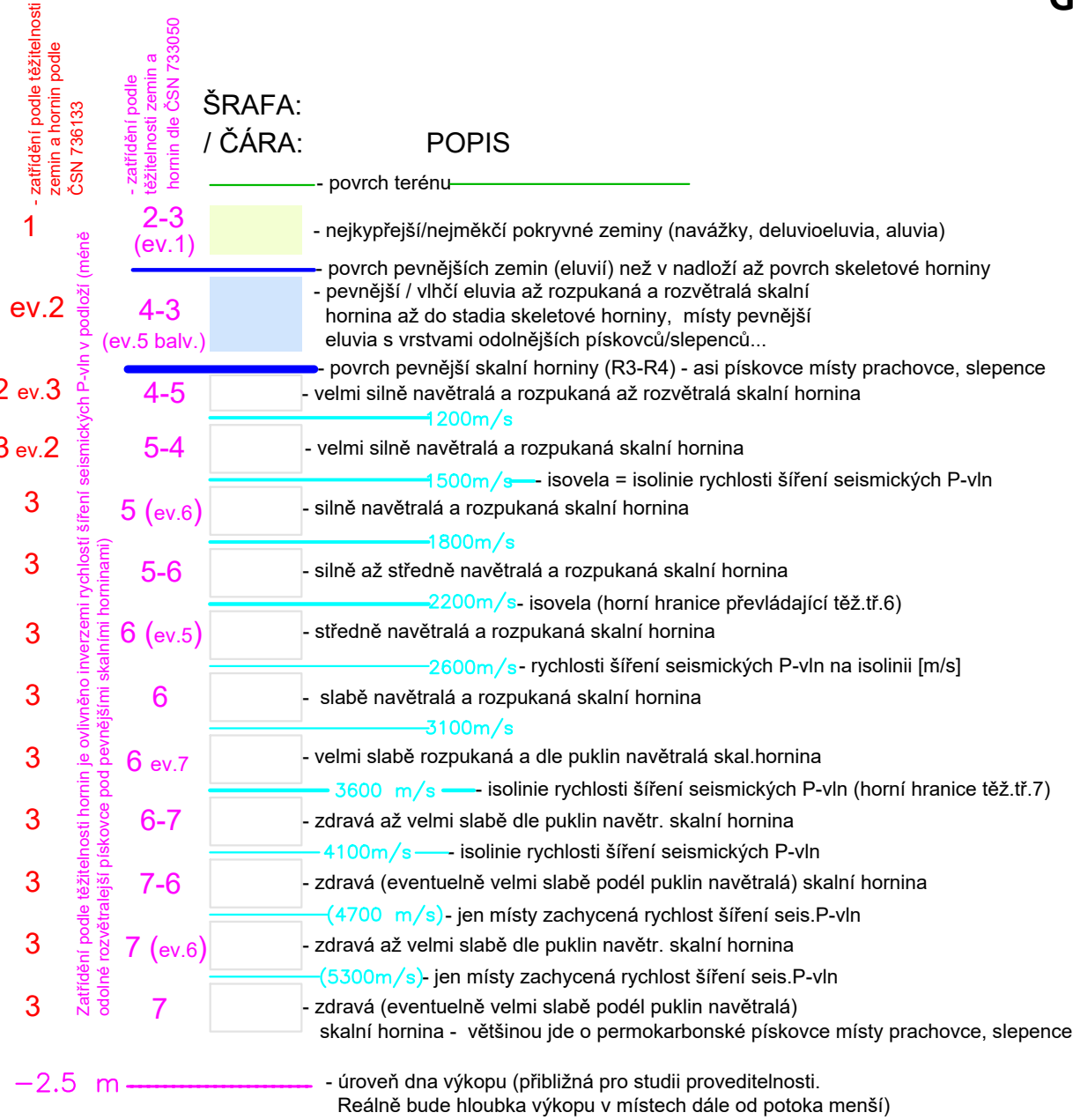
akce: Geofyzikální průzkum těžitelosti hornin a zemín pro trasu kanalizace Úpice - Radeč			
název přílohy: Detail situace gf. průzkumu stoky AB - úsek 300 až 1080 m			
vypracoval: Viktor Valtr		měřítko: 1:1000 (1x A3)	
SIHAYA spol. s r. o. Veveřská 6, Brno, www.sihaya.cz		zadavatel: Město Úpice, m.ú. Úpice Pod Městem 624, 542 32 Úpice DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz	
Legenda viz příloha 1a		příloha číslo: 1c	



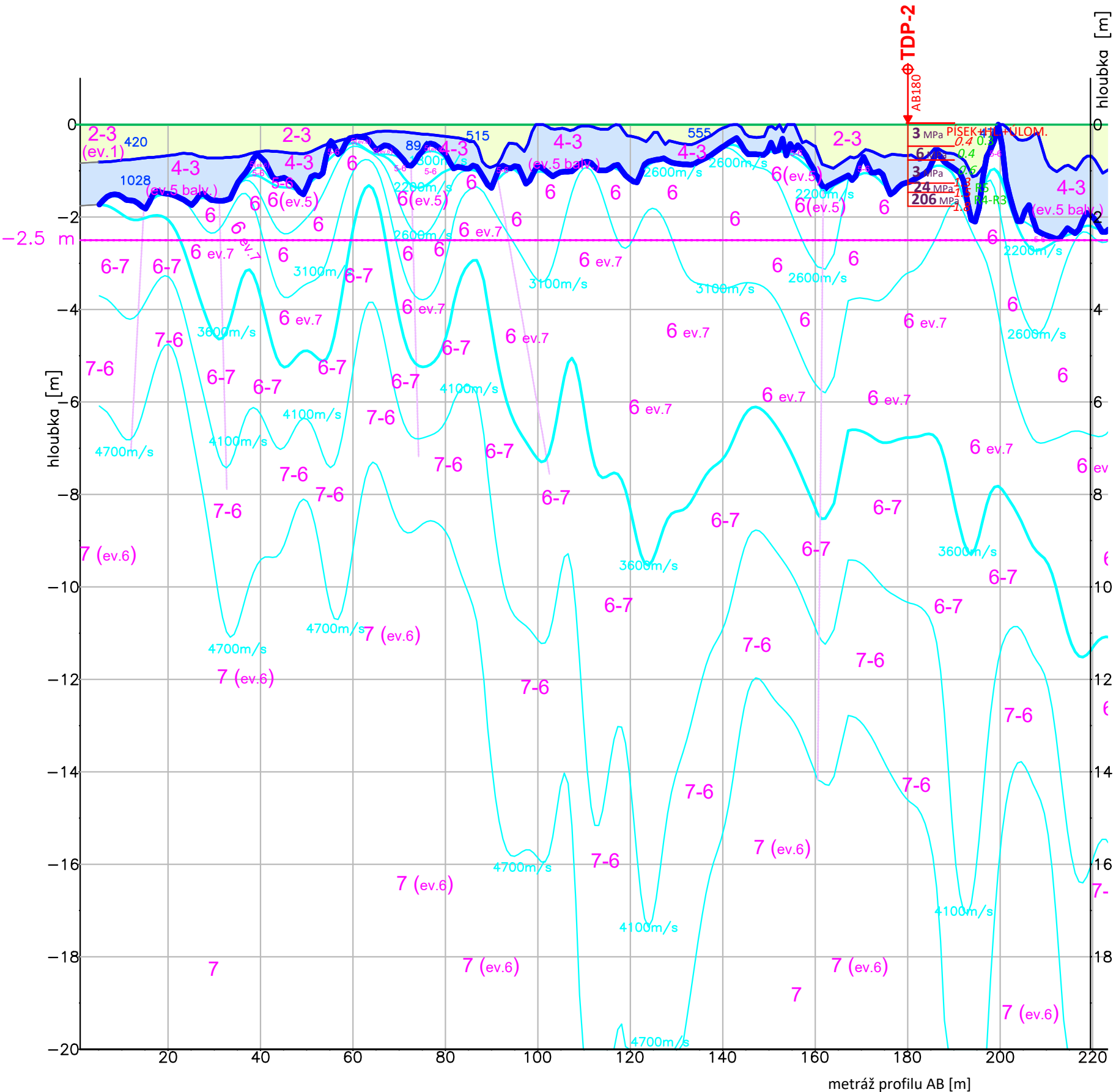
Legenda viz příloha 1a

akce: Geofyzikální průzkum těžitelosti hornin a zemin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč			
název přílohy: Detail situace průzkumu stoky AB - úsek 1060 až 1880 m			
vypracoval: Viktor Valtr		měřítko: 1:1000 (1x A3)	
SIHAYA spol. s r. o. Vešslavínova 6, Brno, www.sihaya.cz		zadavatel: Město Úpice, m.ú. Úpice Pod Městem 624, 542 32 Úpice DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz	
		příloha číslo: 1d	

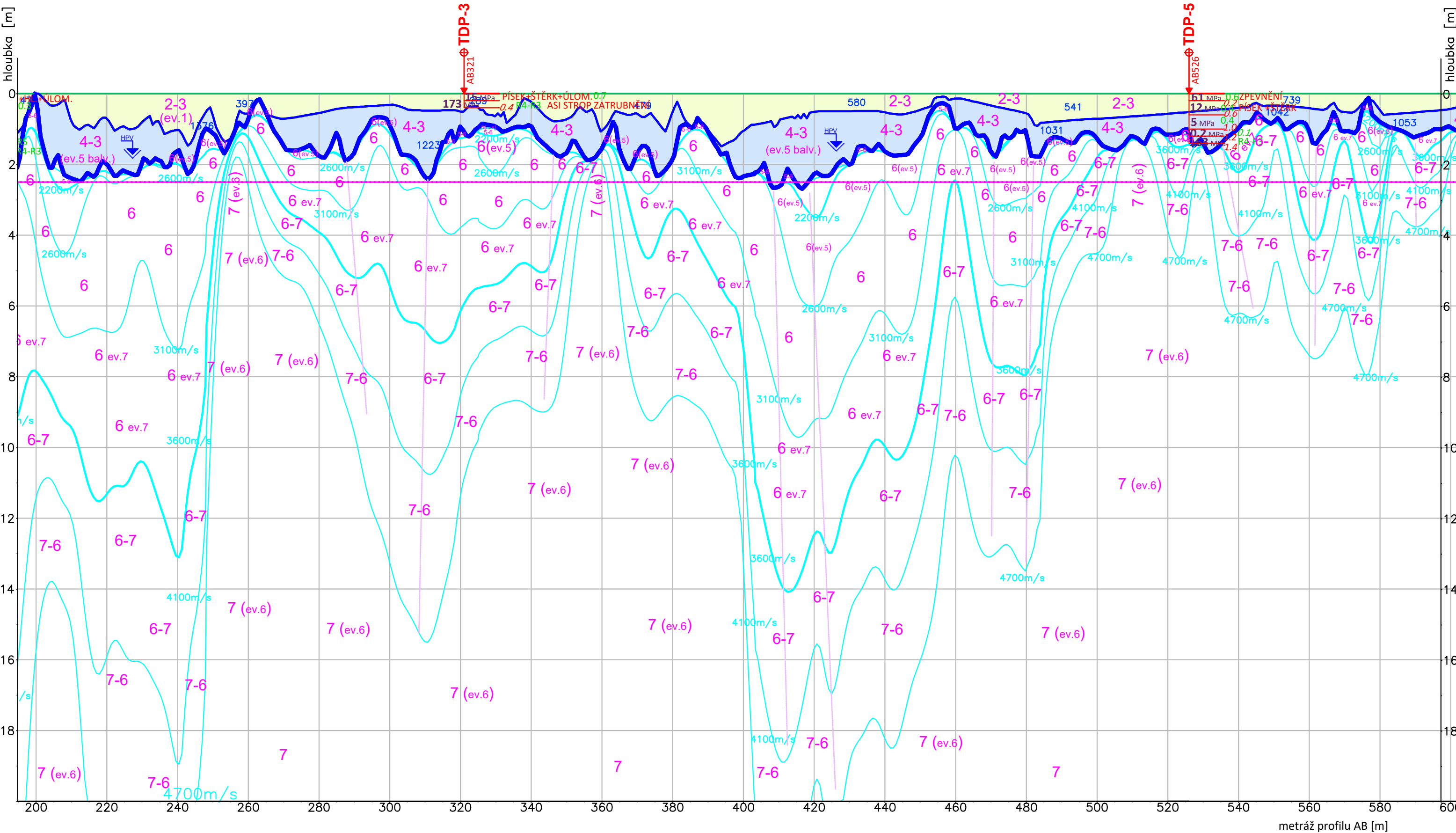
Legenda:



Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 0 až 200 m



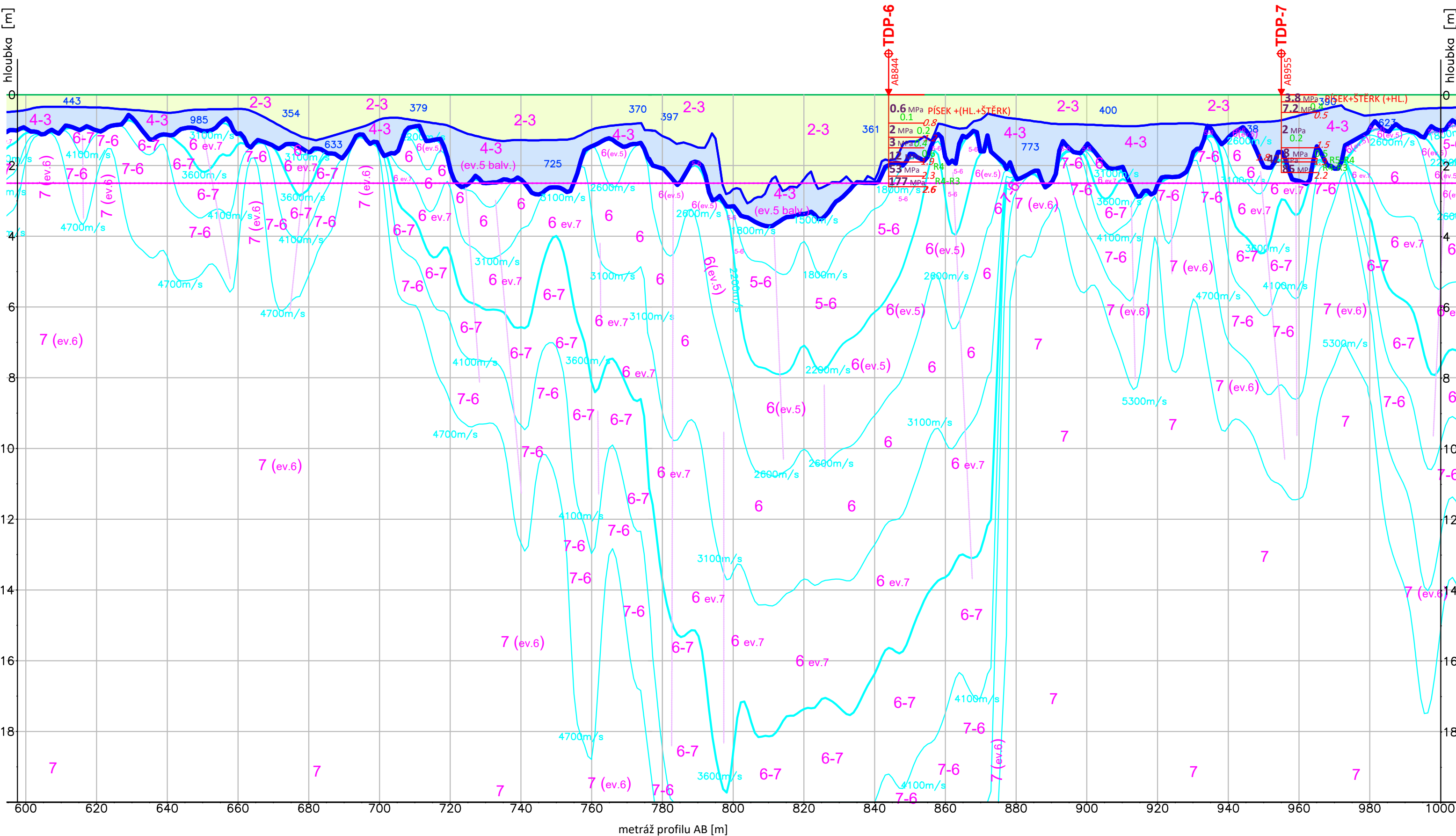
Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 200 až 600 m



Legenda viz příloha 2a

akce: Geofyzikální průzkum těžitelosti zemin a hornin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč		zhotovitel:  SIHAYA , spol. s r. o. Velešlavínova 6, Brno, www.sihaya.cz	měřítko: (A3) 1:1000 /1:100	zadavatel: Město Úpice , m.ú.Úpice Pod Městem 624, 542 32 Úpice DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz	příloha číslo: 2b
název přílohy: Geologicko-geofyzikální řezy trasou stoky AB					

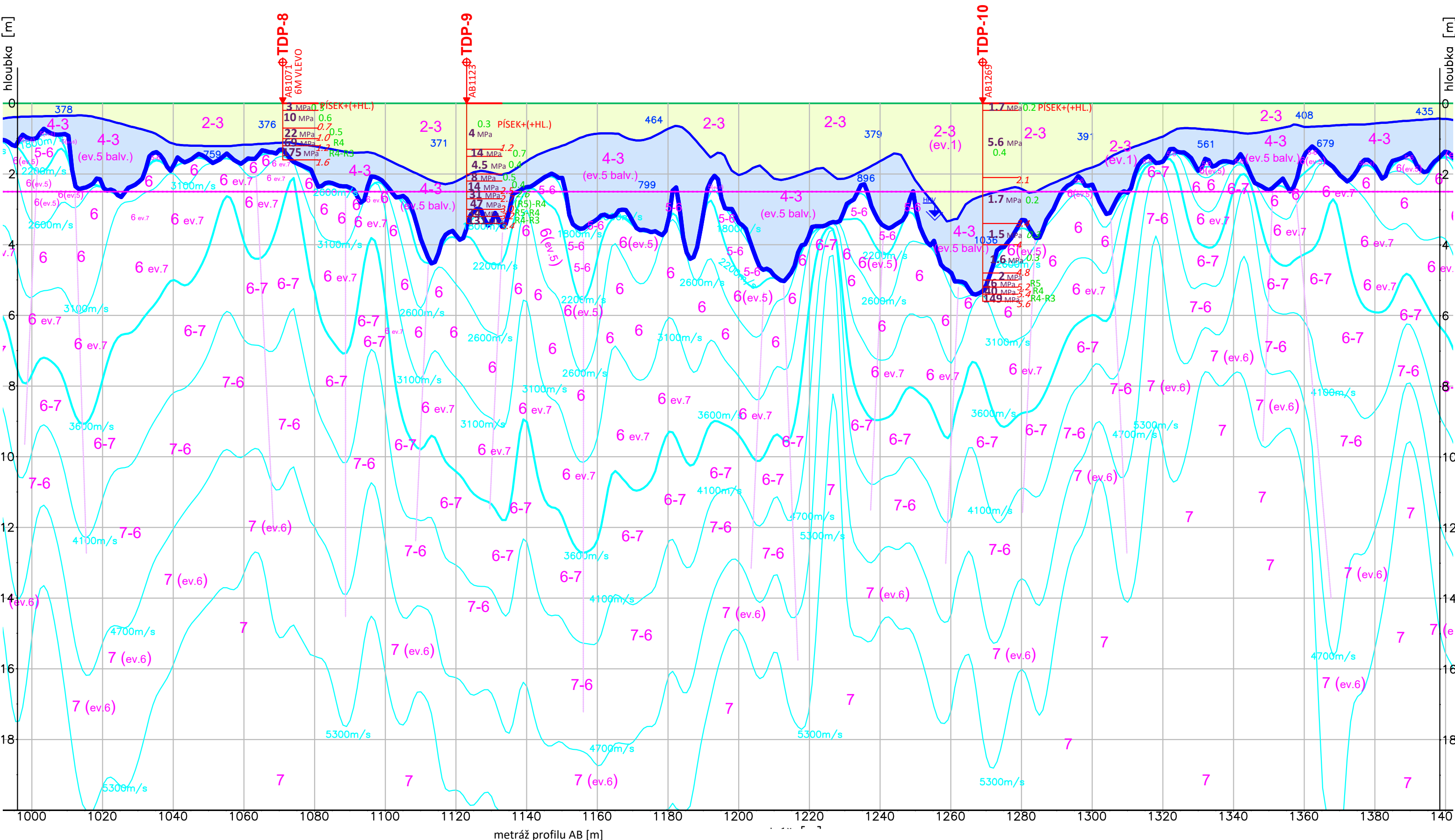
Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 600 až 1000 m



Legenda viz příloha 2a

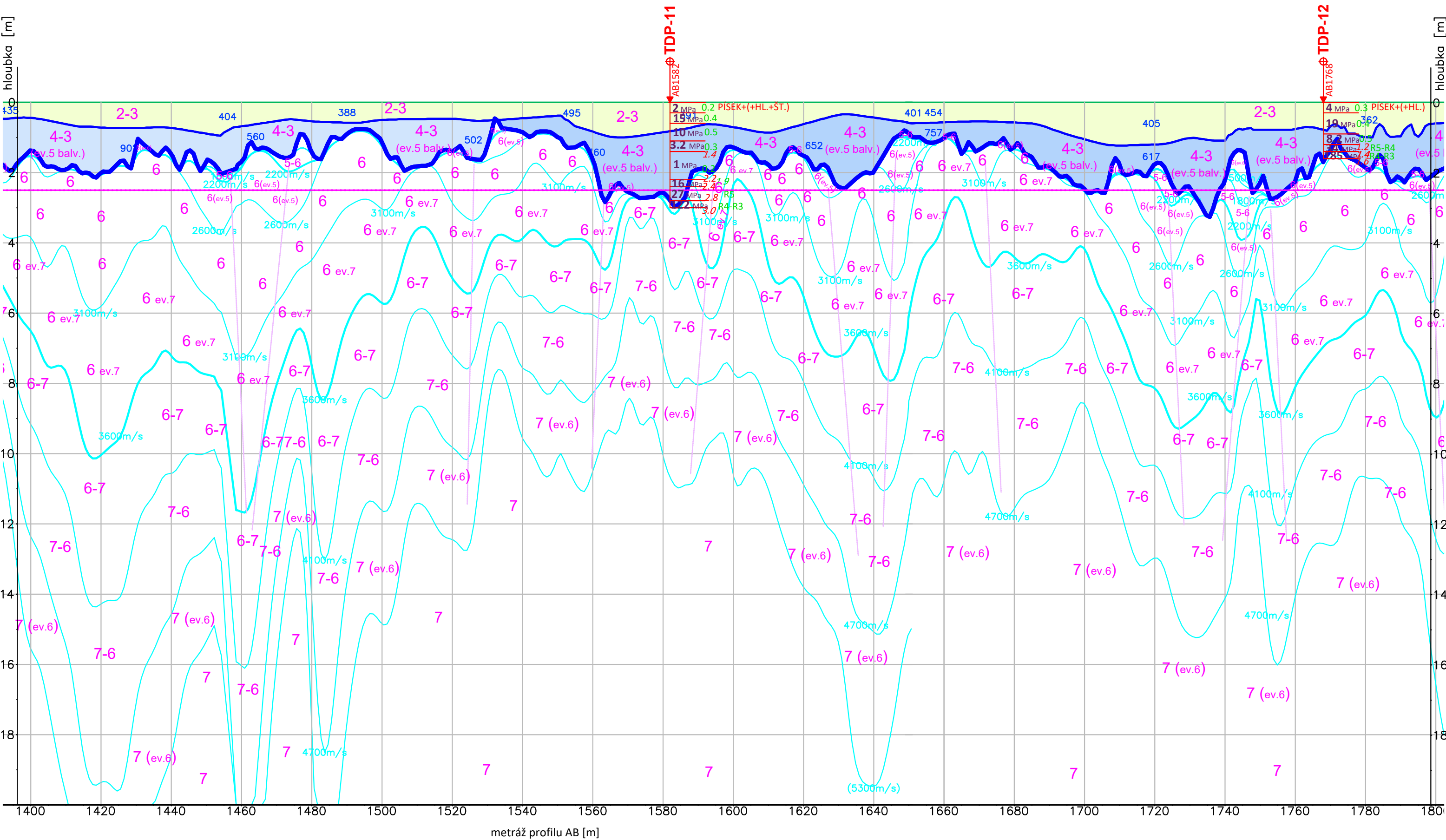
akce: Geofyzikální průzkum těžitelnosti zemin a hornin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč		zhotovitel:  SIHAYA , spol. s r. o. Velešlavínova 6, Brno, www.sihaya.cz	měřítko: (A3) 1:1000 /1:100	zadavatel: Město Úpice , m.ú.Úpice Pod Městem 624, 542 32 Úpice DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz	příloha číslo: 2c
název přílohy: Geologicko-geofyzikální řezy trasou stoky AB					

Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 1000 až 1400 m



Legenda viz příloha 2a

Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 1400 až 1800 m



Legenda viz příloha 2a

akce: Geofyzikální průzkum těžitosti zemin a hornin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč
název přílohy: **Geologicko-geofyzikální řezy trasou stoky AB**

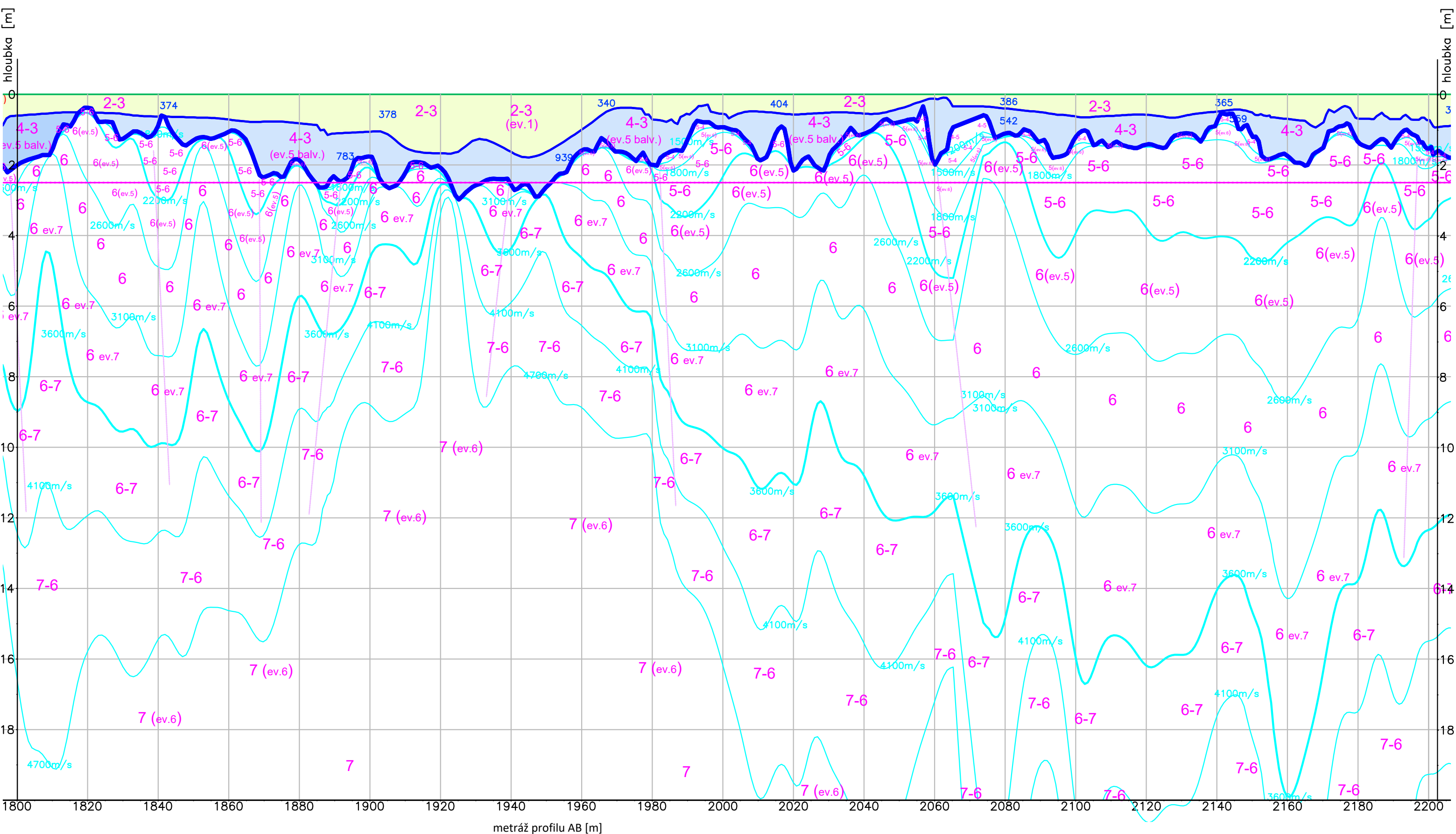
zhotovitel: Viktor Valtr
SIHAYA, spol. s r. o.
Velešlavínova 6, Brno, www.sihaya.cz

měřítko: (A3)
1:1000
1:100

zadavatel: **Město Úpice**, m.ú.Úpice
Pod Městem 624, 542 32 Úpice
DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz

příloha číslo: **2e**

Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 1800 až 2200 m



Legenda viz příloha 2a

akce: Geofyzikální průzkum těžitelosti zemin a hornin pro trasu kanalizace Úpice - Radeč

název
přílohy: **Geologicko-geofyzikální řezy trasou stoky AB**

zhotovitel:

 **SIHAYA**, spol. s r. o.
Veleslavínova 6, Brno, www.sihaya.cz

Viktor Valtr

měřítka: (A3)

1:1000
/1:100

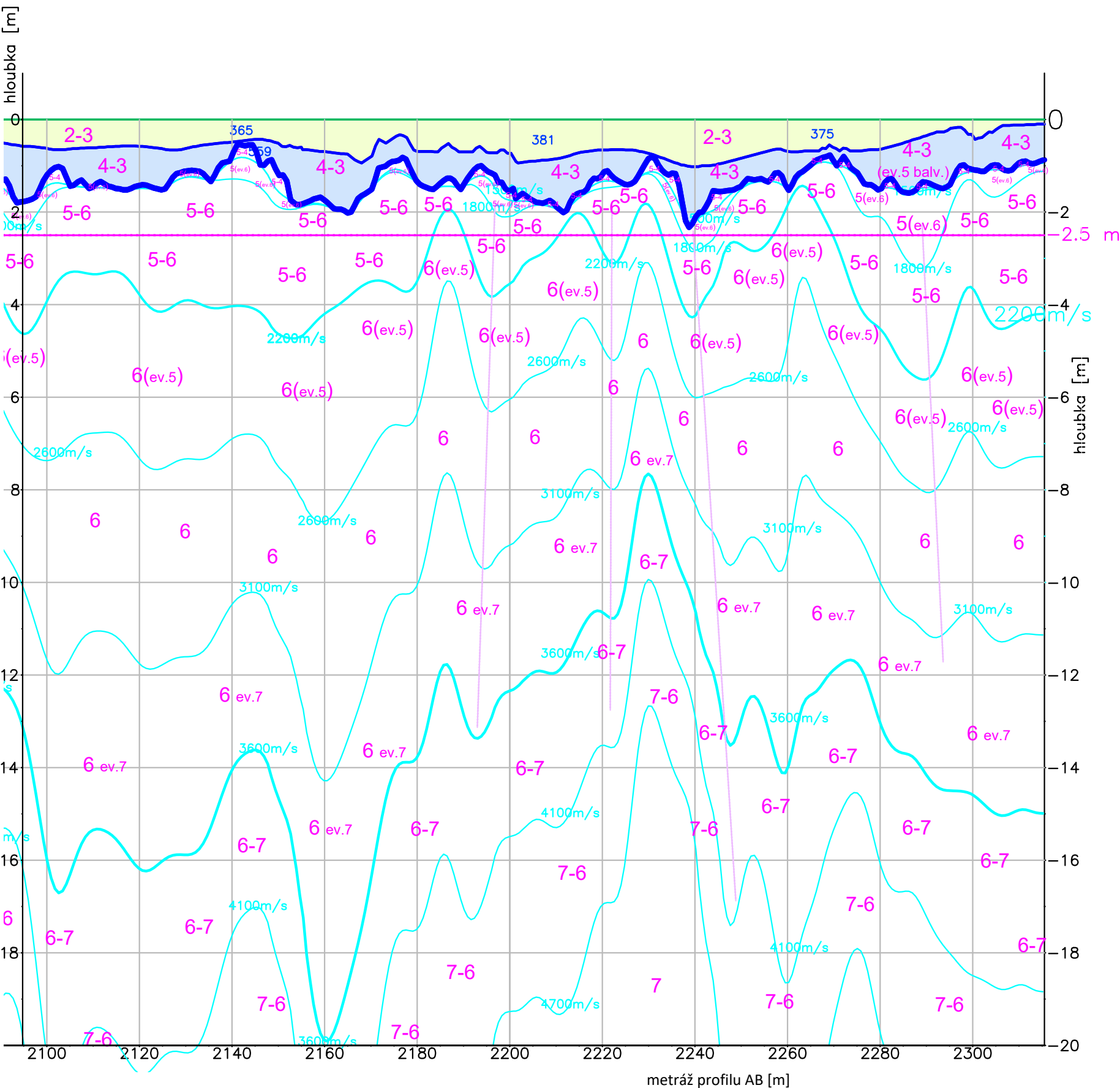
g) zadavatel: **Město Únice**, m.ú.Únice

Pod Městem 624, 542 32 Úpice
DIČ: CZ00278386, klasova@upice.cz

e příloha
číslo:

2f

Geologicko-geofyzikální řez osou výkopu - stoka AB - úsek 2100 až 2312 m - konec



Legenda:

ŠRAFA: / ČÁRA:	POPIS
—	- povrch terénu
1	- nejčistější/nejměkčí pokryvné zeminy (navážky, deluvioeluvia, aluvia)
1 ev.2	- povrch pevnějších zemin (eluvíí) než v nadloží až povrch skeletové horniny
2 ev.3	- pevnější / vlhčí eluvia až rozpukaná a rozvětralá skalní hornina až do stadia skeletové horniny, místy pevnější eluvia s vrstvami odolnějších pískovců/slepenců...
3 ev.2	- povrch pevnější skalní horniny (R3-R4) - asi pískovce místy prachovce, slepence
3	- velmi silně navětralá a rozpukaná až rozvětralá skalní hornina
3	- velmi silně navětralá a rozpukaná skalní hornina
3	- silně navětralá a rozpukaná skalní hornina
3	- silně až středně navětralá a rozpukaná skalní hornina
3	- středně navětralá a rozpukaná skalní hornina
3	- slabě navětralá a rozpukaná skalní hornina
3	- velmi slabě rozpukaná a dle puklin navětralá skal.hornina
3	- zdravá až velmi slabě dle puklin navětr. skalní hornina
3	- zdravá (eventuelně velmi slabě podél puklin navětralá) skalní hornina
3	- zdravá až velmi slabě dle puklin navětr. skalní hornina
3	- zdravá (eventuelně velmi slabě podél puklin navětralá) skalní hornina - většinou jde o permokarbonské pískovce místy prachovce, slepence

pískovec rozložený - popis dle MRS a TDP

HPV - přibližná hladina podzemní vody pokud byla zachycena TDP, MRS nebo rešerší
- osa porušené zóny (tektonicky) podle MRS (odvozeno podle poklesu rychlostí šíření seismických P-vln)
340-420 m/s - rozmezí rychlosti šíření seis. P-vln ve vrstvě pokryvu [m/s]

Legenda TDP:

--- název sondy TDP
- odsun bodu TDP od profilu (1.4 m vlevo)
- metráž profilu (A-osa výkopu) v místě sondy TDP
- index konistosti
- index relativní ulehlosti
- povrch terénu v místě vpichu
- přibližný popis litologie vrstev dle TDP
- litologické rozhraní dle TDP - hloubka pod povrchem terénu