

Geofyzikální průzkum pro jižní obchvat Velkého Meziříčí, úsek km 1.11 až 1.25

Závěrečná zpráva



Brno

srpen 2023

Zhotovitel:



SIHAYA, spol. s r.o.

Veleslavínova 6

612 00 Brno

www.sihaya.cz

sihaya@sihaya.cz

autor zprávy: Viktor Valtr

Zadavatel:

GEOSTAR, spol. s r.o.

Tuřanka 111

Brno-Slatina 627 00

tomas.kopecny@geostar.cz

www.geostar.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

Interní název zakázky:

Geofyzikální průzkum těžitelnosti zemin a hornin metodou MRS pro jižní obchvat Velkého Meziříčí, úsek km 1.11 až 1.25

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

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1: GEOSTAR, spol. s r.o. (digitální výtisk)

Výtisk č. 2: 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.....	5
3.1 Metoda mělké refrakční seismiky (MRS).....	5
3.1.1 Princip průzkumu MRS	5
3.1.2 Použitá aparatura a geometrie měření MRS.....	6
3.1.3 Zpracování MRS.....	6
3.1.4 Výsledné parametry MRS a jejich vztah k IG parametrům hornin.....	6
4. Průběh terénních prací	8
5. Výsledky průzkumu	9
5.1 Výsledky průzkumu metodou MRS	9
5.2 Odhad chyby měření MRS	9
6. Shrnutí výsledků a závěr	10

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1a:	Přehledná situace průzkumu na geologické mapě 1:50000
Příloha 1b:	Detailní situace průzkumu na vrstevnicové a ortofoto mapě
Příloha 2a a 2c:	Geologicko-geofyzikální řezy profilů A až D

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Měření MRS na profilu A.....	7
Obr. 2: Měření MRS na profilu B, C a D	8

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]	kroučícího momentu plášťového tření
N	[i]	počet úderů nutný pro zaražení hrotu o dalších 10 cm hlouběji
Q _d	[MPa]	měrný dynamický penetrační odpor

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
JV	jádrový vrt
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 jižního obchvatu Velkého Meziříčí jsme byli zadavatelem pověřeni provedením geofyzikálního průzkumu těžitelnosti zemin a hornin metodou MRS (mělké refrakční seismiky seismických P-vln) pro úsek zářeze obchvatu v km 1.11 až 1.25 za účelem zatřídění zemin a hornin podle těžitelnosti (podle ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133) a zjištění průběhu pevnějšího skalního podloží a mocností nejméně únosné svrchní vrstvy (většinou navážek).

2. Popis lokality

Lokalita leží v jižní části Velkého Meziříčí u betonárny, viz příloha 1a a 1b, v mírném svahu kóty 463 m. Povrch tvoří kromě remízků louka a pole.

2.1 Geologická charakteristika

Na této lokalitě byly v kvartérním pokryvu vrty zadavatele zachyceny pod navážkami deluvia a eluvia tvořená úlomky syenitů štěrkem, kameny až pískem s hlínou. Předkvartérní podloží je tvořeno karbonskými syenity (podle geologické mapy až granity).

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.
- geologický výklad výsledků gf. měření je opřen o výsledky geologického ohledání okolí lokality a o rešerši dat z Geofondu a IG průzkumu zadavatel (21 jádrových vrtů pro 22 stožárů vedení VVN).

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 podložních 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 trhavinu (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 rychlosti 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 rozpojitelnosti a těžitelnosti podle ČSN 73 3050 a červeně i přibližné zatřídění hornin a zemin podle rozpojitelnosti 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 rozpojitelnosti 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 8				I
S 1 až S 5				I
G 1 až G 5				I
G a S s kamennými a balvanovými 100 mm až 250 mm v objemu nad 50 % anebo s balvanovými nad 250 mm do 0,1 m ³ v objemu 10 % až 50 % celkového objemu rozvořované horniny (neplatí 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).

Obr. 1: Měření MRS na profilu A



4. Průběh terénních prací

Terénní práce proběhly dne 23. srpna 2023.

Metodou MRS byly prozkoumány profily A až D v rozsahu specifikovaném zadavatelem, viz přílohy 1a až 1b. Celkem bylo proměřeno metodou MRS 5 roztažení o délce 73.5 m s krokem geofonů, a tedy i výsledné geologické informace od 1.5 m s ověřením interpretace vrty zadavatele.

Hloubka povrchu pevnějšího skalního podloží se podle výsledků MRS pohybuje v širokém intervalu od 0.05 m po více než 6 m pod povrchem terénu.

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

Všechny pozice roztažení MRS byly fotograficky dokumentovány a vytyčeny dřevěnými kolky nebo sprejem.

Obr. 2: Měření MRS na profilu B, C a D



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 jádrových vrtů zadavatele byl na podkladě výsledků metody MRS vytvořen 2 x převýšený geologicko-geofyzikální řez profilu A, B až D, viz přílohy 2a až 2c.

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 405 m/s). Vrstva je tvořena snadno těžitelnými nekypřejšími / nejméně pevnými, nejvíce porušenými zeminami jako promrzající vrstva, nedávno přemístěné (deluviální) zeminy či navážkami (častěji asi na vrcholku kóty 463).

Linie ohraničující zdola tuto vrstvu (tmavě **modrou** slabou čarou) je povrchem mírně pevnějších/ulehlejších/vlhčích zemin, ve spodní části nejhlubší vrstvy pokryvu i skeletové horniny.

- Pod ní leží vrstva pokryvu tvořená o něco ulehlejšími / pevnějšími / vlhčími zeminami eluviodeluviálními zeminami než v nadloží (až skeletovou horninou v nejnižší vrstvě pokryvu, která je tvořena většinou eluvii s úlomky až místy s bloky matečné horniny - úlomky syenitu nebo žul přecházející do velmi silně navětrané skalní horniny R5-R4) s V_p většinou v intervalu od 460 m/s do 1380 m/s (pod h.p.v., byla vyznačena světle modrou čarou -...- v přílohách 2, kde byla zachycena).

Linie ohraničující zdola tyto 2 vrstvy tmavě **modrou nejsilnější čarou** je nejsilnějším refrakčním rozhraním přibližně v místě povrchu pevnější skalní horniny (R4 / R4-R3). Zde jde nejpravděpodobněji o karbonské syenity (či granity).

Na této lokalitě jde dle výsledků MRS často o pozvolný přechod eluvií do skalní horniny často 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), 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 MRS v průlinovém prostředí zachycena a je hodnocena přesněji podle vrtů ve zprávě zadavatele.

5.2 Odhad chyby měření MRS

Měření MRS bylo zatíženo šumem způsobeným větrem a provozem betonárky a dopravou v jejím areálu 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 balvany granitoidů v méně odolných rozvětralých 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 náspu 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.

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.

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).

6. Shrnutí výsledků a závěr

Terénní práce proběhly dne 23. srpna 2023. Metodou MRS byly prozkoumány profily A až D (s krokem geofonů, a tedy i výsledné geologické informace od 1.5 m) s ověřením interpretace vrty zadavatele. Celkem bylo proměřeno 368 m metodou MRS.

Hloubka povrchu pevnějšího skalního podloží se podle výsledků MRS pohybuje v širokém intervalu od 0.05 m po více než 6 m pod povrchem terénu.

Pozice profilů geofyzikálních měření byla odměřena GPS nebo laserovým dálkoměrem Leica od okolních objektů zaměřených v mapovém podkladu poskytnutém zadavatelem a zakreslena do příloh 1a a 1b. Interpretací výsledků metod MRS a dle výsledků JV zadavatele, geologického ohledání lokality a rešerše archivních dat byl vytvořen geologicko-geofyzikální řezy profilů A až D prezentovaný v přílohách 2 i s vyznačeným zatříděním zemin a hornin podle těžitelnosti dle ČSN 733050 a do legendy příloh i podle ČSN 736133.

Všechny výsledky jsou podrobněji popsány v kapitole 5.

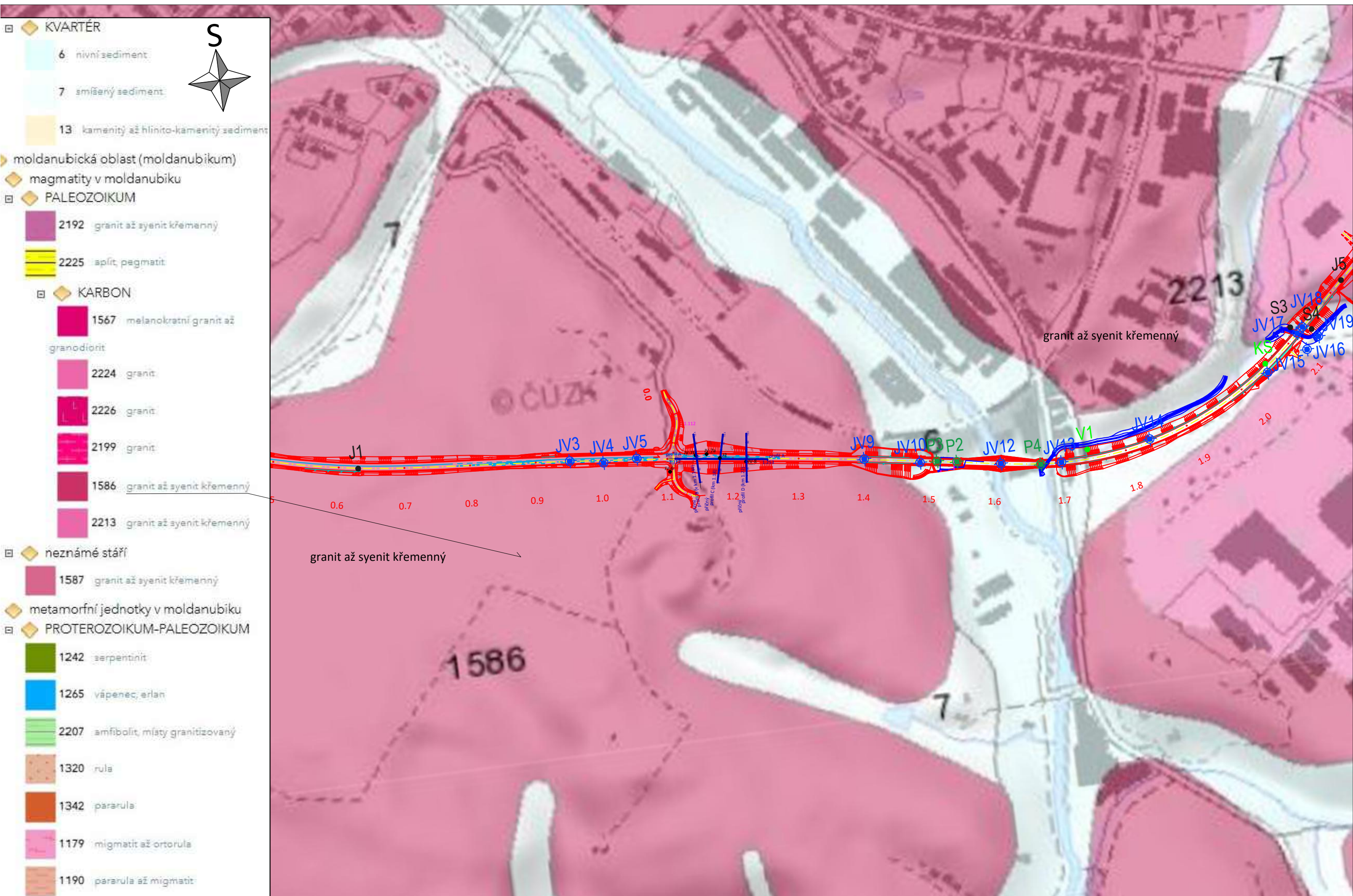
Vypracoval zodpovědný řešitel geofyzikálních prací: Mgr. Viktor Valtr

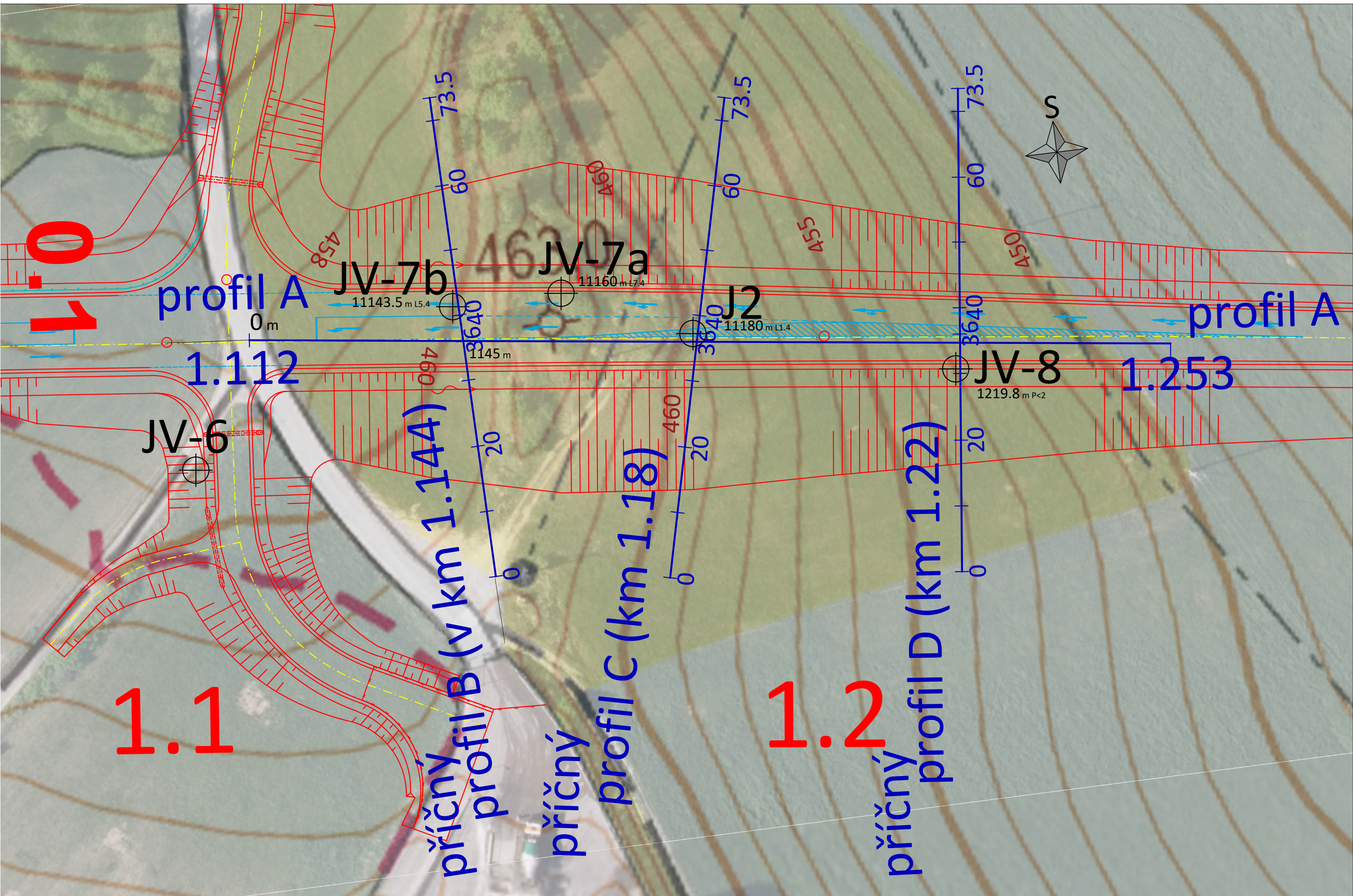
V Brně, dne 28. srpna 2023

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

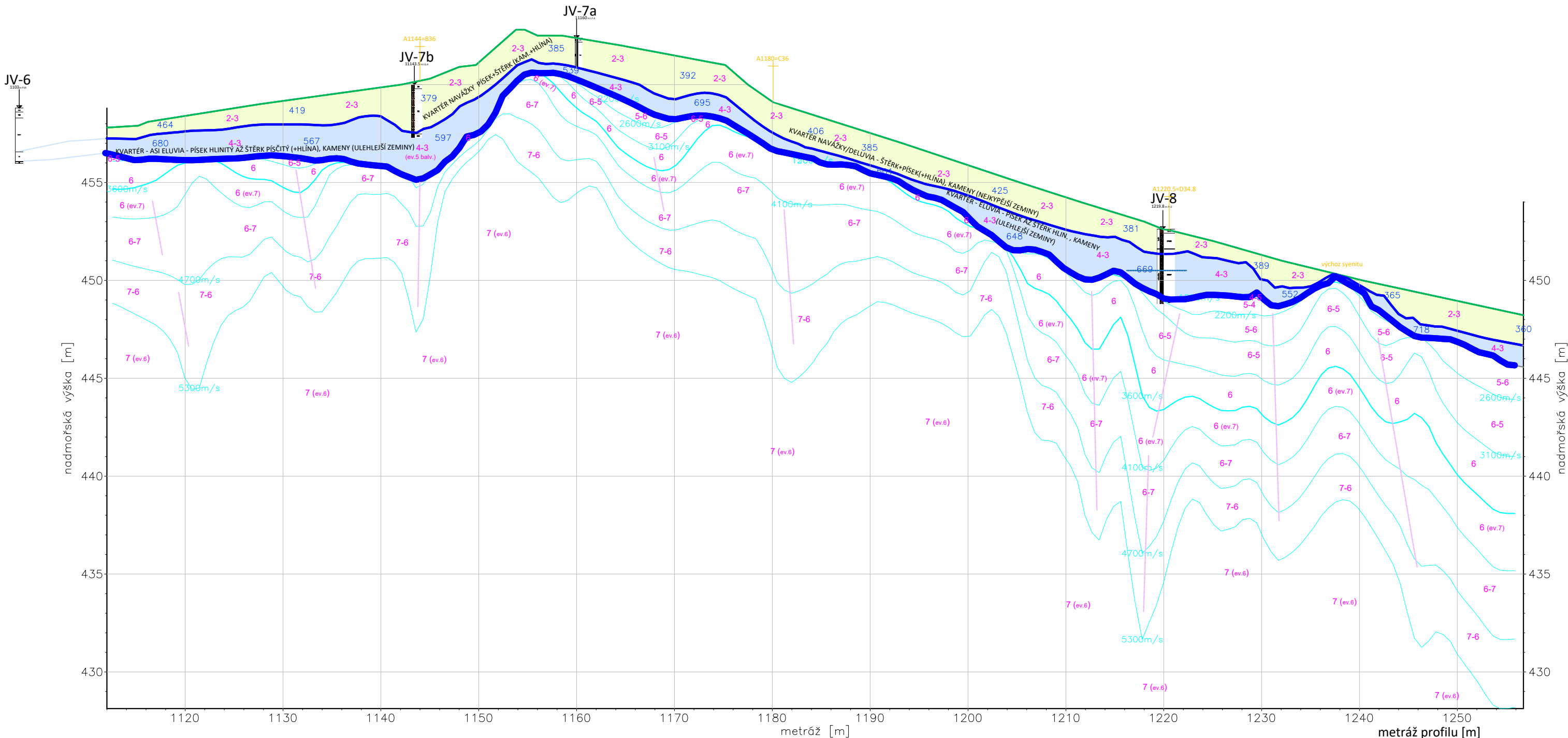
Viktor Valtr







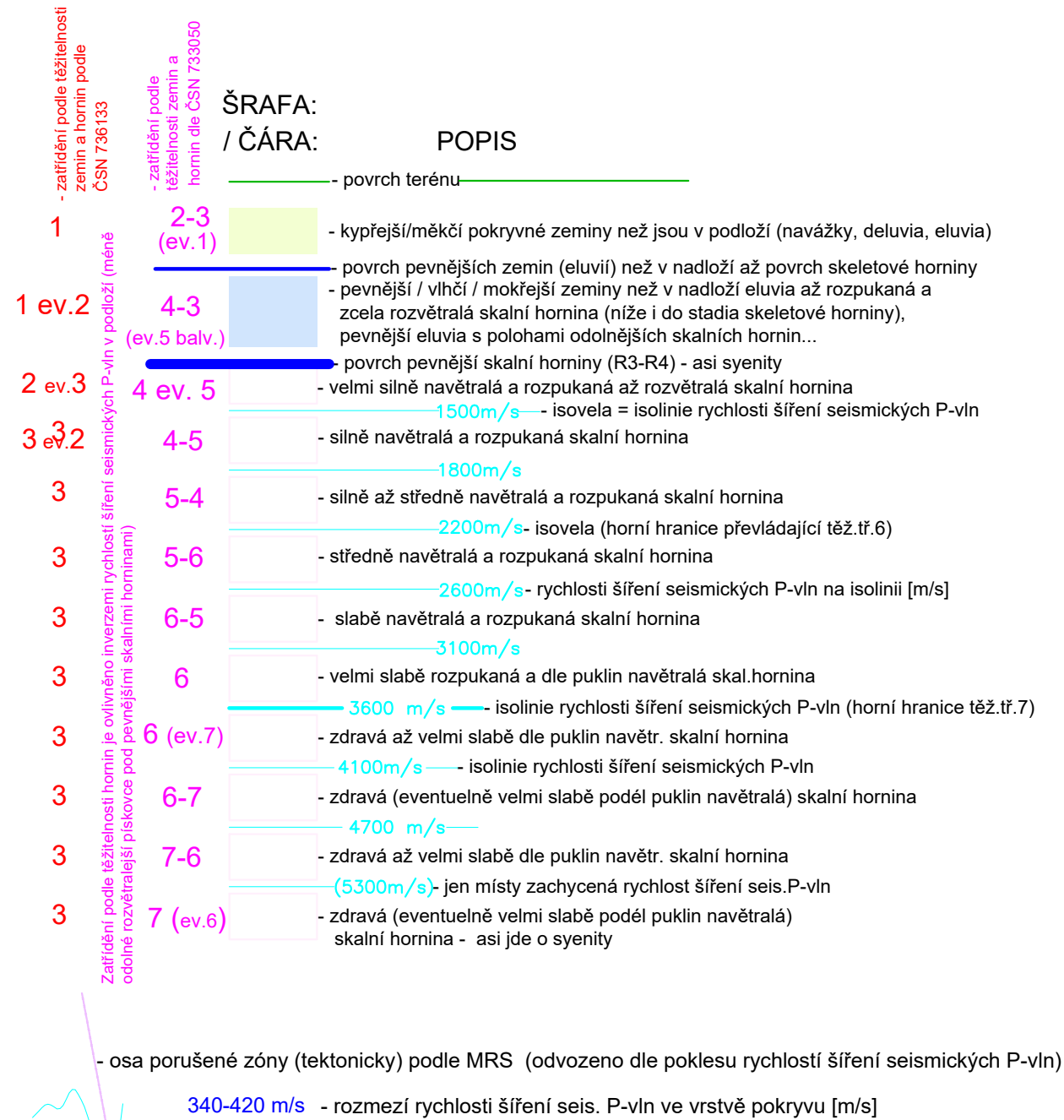
Geologicko-geofyzikální řez osou zářezu komunikace- profil A



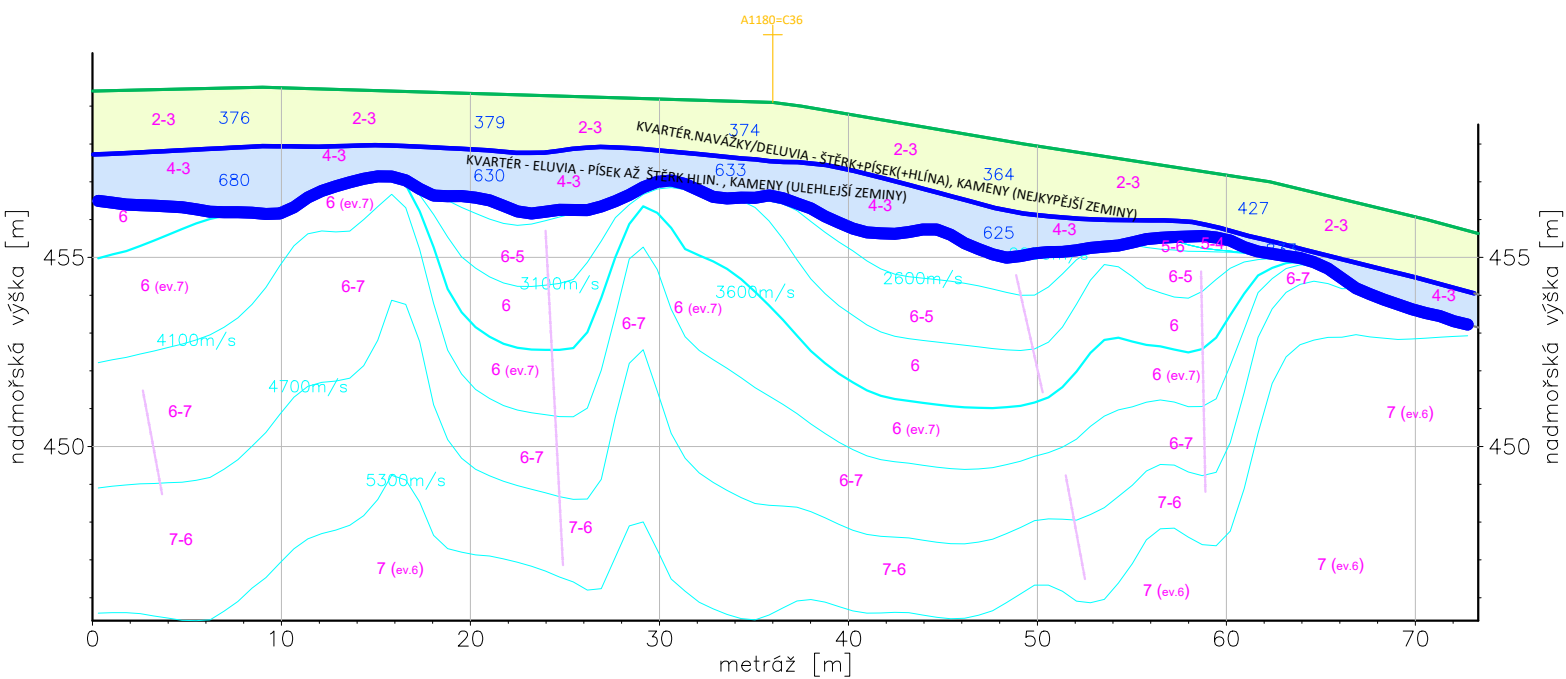
Legenda viz příloha 2b

akce: Geofyzikální průzkum pro jižní obchvat Velkého Meziříčí, úsek km 1.11 až 1.25			
název přílohy: Geologicko-geofyzikální řez profilu A (osou zářezu)			
vypracoval:	Viktor Valtr	měřítka: (A3) 1:400 /1:200	zadavatel: GEOSTAR , spol. s r.o. Tuřanka 111, Brno 627 00 www.geostar.cz
 SIHAYA , spol. s r. o. Velešlavínova 6, Brno, www.sihaya.cz		příloha číslo: 2a	

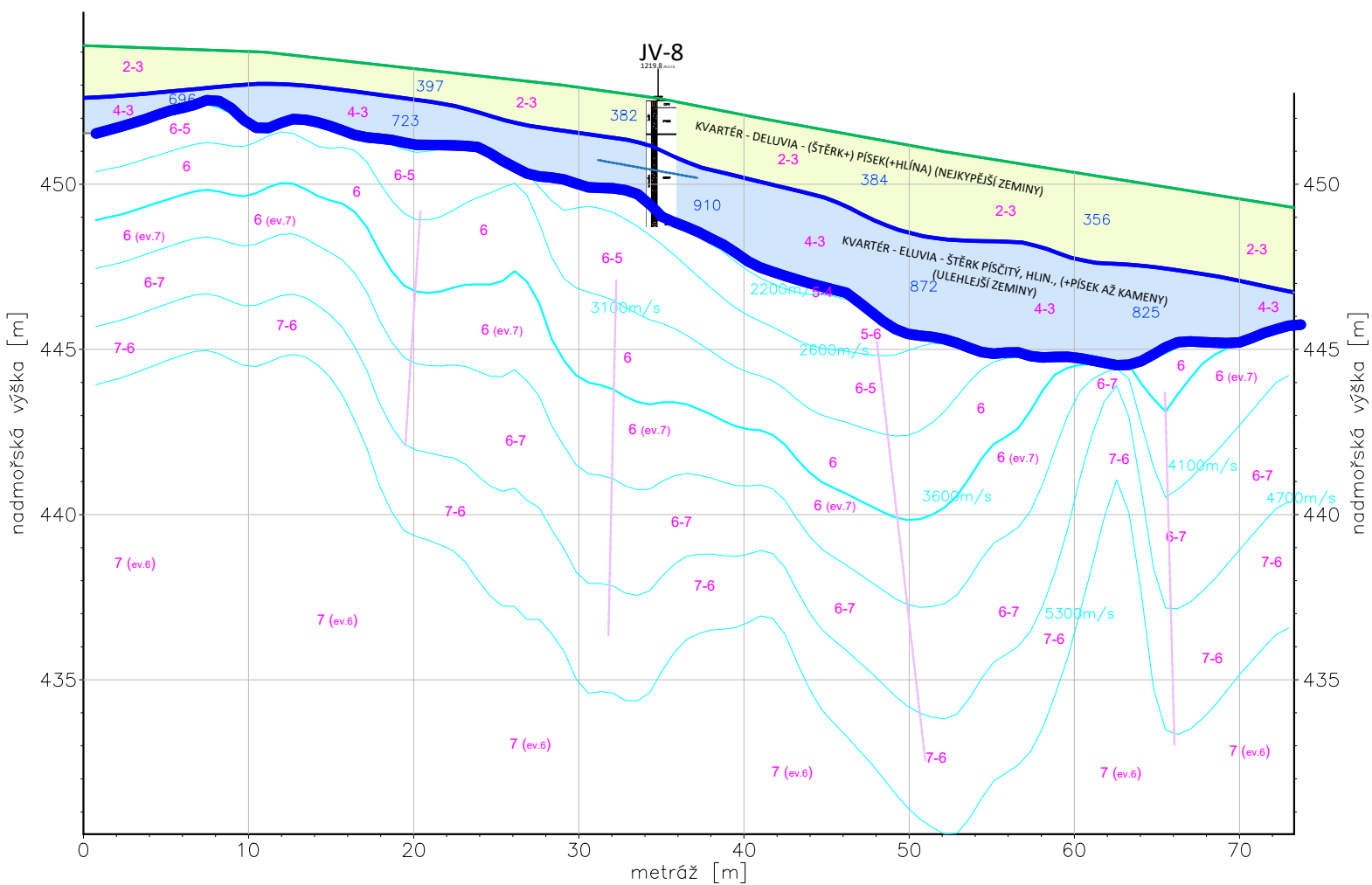
Legenda:



Příčný geologicko-geofyzikální řez profilu C - km 1.180



Příčný geologicko-geofyzikální řez profilu D v km 1.220



Legenda viz příloha 2b

akce: Geofyzikální průzkum pro jižní obchvat Velkého Meziříčí, úsek km 1.11 až 1.25			
název přílohy: Geologicko-geofyzikální řezy profily C a D (příčky v km 1.18 a 1.22)			
vypracoval: Viktor Valtr		zadavatel: GEOSTAR spol. s r.o.	
SIHAYA , spol. s r. o.		Tuřanka 111, Brno 627 00	
Veveřská 6, Brno, www.sihaya.cz		www.geostar.cz	
měřítko: (A3) 1:400 /1:200		příloha číslo: 2c	