

Základní korozní průzkum pro akce: "Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"

Závěrečná zpráva



Brno

březen-duben 2025

Zhotovitel:

SIHAYA, spol. s r.o.
Veleslavínova 6, 612 00 Brno
www.sihaya.cz, sihaya@sihaya.cz
mobil: +420 605 265 963
autor zprávy: Viktor Valtr

Zadavatel:

LB projekt s.r.o.
Mojmírovo náměstí 3105/6a
Telefonní číslo: +420 704 659 947
Email: ille@lbprojekt.cz, www.lbprojekt.cz
IČO: 29262747 DIČ: CZ29262747

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

web: www.sihaya.cz
mob.: +420 605 265 963
e-mail: sihaya@sihaya.cz

Geofyzikální práce pro inženýrskou geologii, hydrogeologii a ekologii, těžitelnosti, korozní průzkumy

Interní název zakázky:

Základní korozní průzkum pro akce: "Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"

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

Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací číslo 587/2024 v oboru korozního průzkumu

ROZDĚLOVNÍK

VÝTISK Č.	1:	LB PROJEKT s.r.o. (digitální výtisk)
VÝTISK Č.	2:	archiv firmy SIHAYA, spol. s r.o.

LITERATURA

- [1] ČSN 03 8372: Zásady ochrany proti korozi nelineových zařízení uložených v zemi nebo ve vodě. Praha: ÚNM, 1977.
- [2] MINISTERSTVO DOPRAVY A SPOJŮ. Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací. Technické podmínky (TP 124). - Schváleno MDS – OPK č. j.: 30085/99-120 ze dne 20. 12. 1999 s účinností od 1. 1. 2000. - Praha: JEKU s.r.o., PONTEX, s.r.o., 1999.
- [3] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Digitální geologická mapa ČR 1:50 000. - List citací: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/index.php?> - Praha: ČGS, 2010.
- [4] ČESKÉ DRÁHY, s. o., DIVIZE DOPRAVNÍ CESTY, O. Z., SEKCE TECHNICKÁ, ODDĚLENÍ MOSTŮ A TUNELŮ: Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů. Služební rukověť ČD SR 5/7 (S). - Praha: JEKU s.r.o., PONTEX, s.r.o., 1997.
- [5] ČSN 03 8362 Měděná referenční elektroda k měření potenciálu. Podzemní kovová konstrukce – půda (1976).
- [6] ČSN 03 8365 Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi (1988).
- [7] ČSN 03 8373 (038373) Zásady provozu, údržby a revize ochrany proti korozi kovových potrubí a kabelů s kovovým pláštěm uložených v zemi (12/1977 - doposud)
- [8] ČSN 03 8375 Ochrana kov. potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi (1972).
- [9] ČSN 03 8363 (038363) Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou (1979-dosud)
- [10] ČSN EN ISO 18086 (038369) Koroze kovů a slitin – Stanovení koroze stříd.proudy – Kritéria ochrany (2021)
- [11] Správa železnic, státní organizace, Odbor traťového hospodářství: SŽ S13: Ochranná opatření pro omezení vlivu BP pro stavby na železnici - Praha: Správa železnic, s.o., 2023 (od 1.11.2023 nahrazuje ČD SR 5/7).

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek č. 1: Počty traťových kolejí a systémy trakčních proudových soustav v ČR (výřez)	3
Obrázek č. 2: <i>Měření SP-BP na bodě ZKP-1</i>	4
Obrázek č. 3: <i>Měření SP-BP a VES na bodech ZKP</i>	4
Tabulka č. 1 Klasifikace intenzity bludných proudů podle ČSN 038365	8
Tabulka č. 2 Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 038372	8
Tabulka č. 3 Vyhodnocení stupně agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8372 a podklad pro stanovení stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů ve smyslu technických podmínek DS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /2/ (TP 124) pro SO mezi body ZKP-1 až ZKP-3 :	9
Tabulka č. 4 – tabulka číslo 1 v technických podmínkách MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ [literatura 2] (TP 24):	11
Tabulka č. 5 – tabulka Přílohy G v SŽ S13: Stupně základních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů /literatura 11/:	11

OBSAH

1. Úvod	4
2. Popis a geologie lokality	4
3. Metodika měření.....	5
3.1 Metoda vertikálního elektrického sondování (VES)	5
3.1.1 Princip průzkumu VES a použitá aparatura	5
3.1.2 Interpretace křivek VES	5
3.2 Metoda spontánní polarizace –měření bludných proudů (SP-BP).....	6
3.2.1 Princip a geometrie průzkumu SP-BP	6
3.2.2 Použitá aparatura, geometrie a zpracování měření.....	6
4. Průběh terénních prací – podmínky měření.....	6
5. Výsledky průzkumu	6
5.1 potencionální zdroje bludných proudů lokality	6
5.2 Vyhodnocení zemních odporů a hustoty bludných proudů	7
5.2.1 Hodnocení zemních odporů podle ČSN 038372	7
5.2.2 Hodnocení intenzity a směru BP dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372.....	7
5.3 Vyhodnocení ZKP dle technických podmínek MD 124 a stanovení stupně ochranných opatření	9
5.4 Doporučení pro zpracovatele stavby – návrh korozní ochrany	10
6. Shrnutí výsledků ZKP a závěr	11

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1a:	Situace s body ZKP na geologické mapě (1 x A4)
Příloha 1b:	Situace s body ZKP a s výslednými vektory intenzity elektrického pole BP a hodnotami výpočtových proudových hustot J (1 x A4)
Příloha 2:	Geologicko-geofyzikální schematický řez dle VES s výsledky ZKP (1 x A4)
Příloha 3a až 3c:	Grafy časových průběhů měřených intenzit elektrického pole bludných proudů a jejich okamžitých směrů na bodech ZKP (1 x A4)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

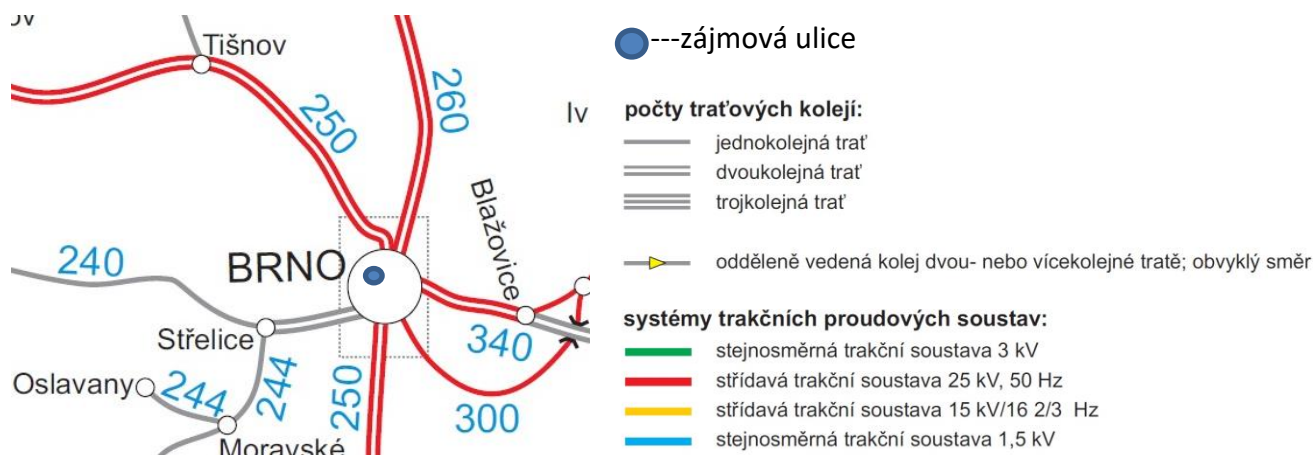
Fyzikální

symbol	Jednotka	Popis
J	[A/m ²]	výpočtová proudová hustota
J^+	[A/m ²]	proudová hustota kladné složky BP
J^-	[A/m ²]	proudová hustota záporné složky BP
J_{prevl}	[A/m ²]	proudová hustota převládajících BP (z E^+)
J_v	[A/m ²]	přepočtená proudová hustota (a její průměrná hodnota J_v^{ϕ})
K_s	[]	celkový sací koeficient konstrukce
K_p	[]	koeficient prostředí
K_k	[]	koeficient konstrukce
E	[mV/m]	intenzita elektrického pole BP
E^{++}	[mV/m]	velikost kladné složky intenzity elektrického pole BP
E^{--}	[mV/m]	velikost záporné složky intenzity elektrického pole BP
E^{+-}	[mV/m]	intenzita elektrického pole převládajících BP (z kladné i záporné složky BP)
ρ_z	[Ω m]	rezistivita (elektrická) hornin
ρ_{zd}	[Ω m]	zdánlivá rezistivita hornin

Zkratky

Zkratky	Jednotka	Popis
AB/2	[m]	poloviční rozteč proudových elektrod ~ fiktivní hloubka (metoda VES)
BP		bludné proudy
DSP		dokumentace k žádosti o vydání stavebního povolení
JZ		jihozápad
MN	[m]	napěťové elektrody (metoda VES)
M_1, N_1		nepolarizovatelné elektrody 1. páru elektrod (většinou směr J-S, metoda SP-BP)
M_2, N_2		nepolarizovatelné elektrody 2. páru elektrod (většinou směr Z-V, SP-BP)
SP		(metoda) spontánní polarizace
SP-BP		(metoda) spontánní polarizace ve variantě pro měření BP
TP		technické podmínky
VES		(metoda) vertikálního elektrického sondování
WP		(metoda) odporové profilování Wennerovým uspořádáním el.
ZKP		základní korozní průzkum

Obrázek č. 1: Počty traťových kolejí a systémy trakčních proudových soustav v ČR (výřez)



1. Úvod

V rámci přípravy akcí: "Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu" v Brně jsme byli zadavatelem pověřeni (objednávka č. OV-2025-0012 ze dne 18. 3. 2025) provedením základního korozního průzkumu (ZKP) pro tuto akci.

Úkolem bylo zajistit potřebné podklady pro stanovení korozního ohrožení projektovaných ocelových a žb. konstrukcí, viz přílohy 1, a návrh stupně protikorozních opatření dle TP 124 MD a parametry základového prostředí podle ostatních příslušných norem (ČSN 03 8365, ČSN 03 8363, ČSN 03 8372 a ČSN 03 8375). Pravděpodobná hloubka uložení inženýrských sítí tu je 2 až 3 m pod povrchem terénu (navážky nad kvartérním pokryvem). Předkládaná zpráva je sestavena ve formě dle technických podmínek TP124 MD [viz *lit.* 2].

Obrázek č. 2: Měření SP-BP na bodě ZKP-1



2. Popis a geologie lokality

Vlastní lokalita leží v Brně na ulici Zemkova s 260 m vzdálenou tramvajovou a deset m vzdálenou trolejbusovou tratí (stejnoseměrná trakce 600 V) a s blízkými průběhy inženýrských sítí. Povrch terénu je tvořen náspem komunikace a chodníků a na části trávníkem u silnice i s antropogenně zpevněnými povrchy v blízkosti komunikací, viz přílohy číslo 1. Kvartérní pokryv je pod všudypřítomnou navážkou (náspy komunikací) tvořen hlínou až jílem, eventuálně místy s písky a štěrky s hlínou, nad neogenním jílem vápnitým nad velmi hluboko zanořenými horninami brněnského masivu, viz geologická mapa na příl. 1a.

Obrázek č. 3: Měření SP-BP a VES na bodech ZKP



3. Metodika měření

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

- vertikální elektrické sondování (VES), jež umožňuje kvantitativně určovat rezistivity jednotlivých vrstev a hloubky rozhraní těchto vrstev. VES bylo použito v rámci ZKP pro určení rezistivit hornin základových půd projektovaných objektů. Z výsledků metody VES lze sestavit geologicko-geoelektrický rezistivní řez a odvodit pravděpodobnou relativní zrnitost, propustnost, anebo i porušenost hornin.
- metoda spontánní polarizace (SP) pro měření velikosti bludných proudů (BP).
- geologický výklad výsledků geofyzikálních měření je opřen o výsledky geologického ohledání okolí lokality a rešerše archivních dat.

3.1 Metoda vertikálního elektrického sondování (VES)

3.1.1 Princip průzkumu VES a použitá aparatura

Tato metoda zjišťuje rezistivitu hornin v různých hloubkách pod bodem měření. Hloubkový dosah zvyšuje vzdalováním proudových elektrod AB. Měřením napětí při vzdalování proudových elektrod AB získáme tzv. odporovou křivku – křivku závislosti zdánlivých rezistivit ρ_{zd} na fiktivní hloubce $AB/2$ – jejíž interpretací získáme skutečné rezistivity a mocnosti jednotlivých vrstev. Při seřazení bodů VES do linie lze sestavit geologicko-geoelektrický řez. Měření VES bylo provedeno přístrojem GEA 6 se zdrojem proudu v obvodu AB s volitelným výstupním napětím až 400 V. Bylo použito Schlumbergerovo uspořádání elektrod při rozestupech proudových elektrod $AB/2 = 1$ až 83 m při třech rozestupech měřících elektrod.

3.1.2 Interpretace křivek VES

Naměřené křivky VES byly kvantitativně interpretovány (program VIS, Chyba, Valtr, 2022). Na základě získaných dat o mocnostech a rezistivitách jednotlivých vrstev byl sestaven vertikální řez v příloze 2. Výsledky kvantitativní interpretace křivek VES mají tato mezení:

- v důsledku platnosti tzv. principu ekvivalence lze při interpretaci VES zjistit poměrně přesné hodnoty buď jen příčného odporu, tj. součinu mocnosti a rezistivity příslušné vrstvy, nebo hodnoty podélné vodivosti, tj. podílu mocnosti a rezistivity příslušné vrstvy. Neznáme-li rezistivity jednotlivých vrstev, je určení mocnosti příslušné vrstvy (nebo hloubky jejich rozhraní) zatíženo chybou, úměrnou rozdílu mezi skutečnou a předpokládanou rezistivitou interpretované vrstvy. Přesnou hodnotu rezistivity lze určit z VES v blízkosti archivních vrtů.
- křivky VES (měřené v blízkosti výchozů méně vodivých hornin nebo betonových konstrukcí) mohou být ovlivněny přesahem jedné z elektrod do oblasti, kde vystupují méně vodivé horniny či konstrukce blíže k povrchu. Metoda VES je koncipována na sub-horizontálně zvrstvené prostředí, proto je vliv laterální nehomogenity těžko odstranitelný.
- nezanedbatelný je negativní vliv neizolovaných vodivých sítí na přesnost měření.

Tyto okolnosti mohou vést ke snížení přesnosti geofyzikální i geologické interpretace VES.

3.2 Metoda spontánní polarizace – měření bludných proudů (SP-BP)

3.2.1 Princip a geometrie průzkumu SP-BP

Touto metodou zjišťujeme parametry elektrického pole v zemi – měříme tzv. bludné proudy (BP). Na každém bodě ZKP je stanoven stejnosměrným voltmetrem (s intervalem odečtu hodnot 2 až 5 sekund s) rozdíl potenciálů mezi dvěma dvojicemi nepolarizovatelných elektrod orientovaných v navzájem kolmých směrech, vzdálených od sebe 10 až 25 m (viz příl. 1 a 3). Takto bylo na každém bodě měřeno pole BP po dobu delší než 15 minut. Časové průběhy naměřených rozdílů potenciálů a okamžité směry BP jsou vykresleny v příloze 3.

3.2.2 Použitá aparatura, geometrie a zpracování měření

Pro měření rozdílů elektrických potenciálů byla použita aparatura GEA 6 (kalibrovaná jednou za rok) a nepolarizovatelné elektrody Cu – Cu SO₄. Měřicí systém nepolarizovatelných elektrod byl kalibrován na každém stanovišti měření ve srovnávacím prostředí (vždy před zahájením odečítání hodnot a po ukončení odečítání hodnot rozdílu potenciálu). Naměřené hodnoty byly pak při zpracování o zjištěné kalibrační změny opraveny.

Technické parametry aparatury GEA 6:

- o mobilní aparatura s NTB, převodník 21 bitů, komutační i kompenzační měření
- o rozlišení na 5 μ V a 5 μ A, digitální záznam formátu ASCII tabulky, vnitřní odpor > 20 M Ω
- o rozsah měření napětí 5 μ V až 2,5 V a rozsah měření proudu 5 μ A až 5 A.

4. Průběh terénních prací – podmínky měření

Terénní práce proběhly dne 19. 3. 2025 v pracovní den a v pracovní době, teplota vzduchu se v průběhu měření pohybovala od 5° C do 8° C. Pracovníky byla vytyčena všechna stanoviště pro měření BP v blízkosti stavebních objektů plánované rekonstrukce. Nepolarizovatelné elektrody byly zapuštěny do hloubky 0,2 m pod spodní hranici vyschnutí zemin a plocha kontaktu byla vlhká s teplotou přes 5° Celsia (s teplovodní zálivkou). Takto byla proměřena 3 stanoviště ZKP (vždy po jednom bodu SP-BP a VES). Poloha jednotlivých bodů ZKP byla zaměřena dálkoměrem od objektů patrných v mapě, a je zakreslena v situačních přílohách 1.

5. Výsledky průzkumu

5.1 potencionální zdroje bludných proudů lokality

Potencionálními zdroji BP v prostoru projektované stavby jsou:

- o elektrická zařízení tramvajové (260 m na J) a trolejbusové tratě MHD Brno u bodu ZKP-1 (stejnosměrná trakce 600 V)
- o produktovody s katodovou ochranou (plynovody) a jiné inženýrské sítě
- o blízká uzemněná elektrická zařízení v provozovnách
- o vliv růstu hustoty osídlení a vliv výstavby
- o přirozená pole BP.

5.2 Vyhodnocení zemních odporů a hustoty bludných proudů

Pro stanovení agresivity horninového prostředí na kovová zařízení byla v každém měřeném bodě určena:

- o velikost rezistivity v požadovaném intervalu hloubek podle hloubky založení a také
- o velikost intenzity a proudové hustoty bludných proudů, viz kapitola 3.

Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372.

5.2.1 Hodnocení zemních odporů podle ČSN 038372

Zemní odpor ρ_z (rezistivita) je výsledkem interpretace měření VES, která je ve formě vertikálního geologicko-geofyzikálního řezu prezentována v příloze 2 i s vyznačením rozhraní interpretovaných vrstev, s údaji o jejich rezistivitách (černě) a s výsledky ZKP. Na této lokalitě se vyskytují do hloubky založení vrstvy s širokým rozmezím rezistivit ρ_z . Pro výpočet proudových hustot na jednotlivých bodech ZKP je použita nejnižší zjištěná hodnota rezistivity v intervalu od povrchu terénu až do pravděpodobné hloubky založení objektů (kromě stavbou odstraněných vrstev jako ornice a vlivu inženýrských sítí). Tyto nejnižší hodnoty rezistivit jsou pro všechny body ZKP uvedeny v následující tabulce 3.

Stupeň agresivity prostředí podle kritéria rezistivity:

Nejmenší zjištěné hodnoty rezistivity vrstev v hloubkovém intervalu od povrchu podorničního horizontu až do hloubky založení objektů se pohybovaly pod jednotlivými body VES od 9 Ωm do 16 Ωm (jemnozrnné zeminy). To odpovídá dle kritéria rezistivity zeminy IV. stupni agresivity základového prostředí na ocel, tzn. agresivita prostředí na ocel je zde podle kritéria rezistivity **velmi vysoká** (dle ČSN 03 8372), viz tabulka 3 s výsledky ZKP.

5.2.2 Hodnocení intenzity a směru BP dle ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372

Měření BP bylo provedeno a zpracováno dle ČSN 03 8365, viz kapitola 3.2. Časové průběhy opravených naměřených intenzit elektrického pole BP [mV/m] mezi odpovídajícími elektrodami na všech stanovištích ZKP jsou prezentovány v příloze 3 (podle TP124), kde jsou i grafy okamžitých směrů a velikostí měřených intenzit elektrického pole BP, z nichž lze soudit i na proměnlivost zdrojů BP i jejich směrů v místě a v čase.

Z hodnot rozdílu potenciálů na příslušných dvou elektrodách (M_1 , N_1 a M_2 , N_2) byl pro každé stanoviště vypočten aritmetický průměr a tato hodnota podělená vzdáleností elektrod představuje velikost intenzity elektrického pole BP v daném směru.

Pro hodnocení velikosti BP uvádí ČSN 03 8365 tři kategorie, viz tabulka č. 1. Na všech bodech ZKP byly zjištěny **střední BP** (průměrně střední BP).

Z nejnižších hodnot rezistivit v zájmové oblasti do hloubky založení stavby a z velikosti intenzity elektrického pole (opravených o polarizaci elektrod), byla pro jednotlivé body určena velikost proudové hustoty J (pro kladné J^+ a záporné BP J^-) a v určitých případech i pro převládající BP E^+ vypočtena J_{prevl} . Hodnoty vypočtených proudových hustot jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Pokud byly v obou směrech naměřeny kladné i záporné intenzity elektrického pole BP, ale počty naměřených kladných a záporných hodnot intenzit v různých směrech si navzájem neodpovídají a převládající intenzity elektrického pole BP mají směr do kladných hodnot v jednom a do záporných hodnot v kolmém směru, (viz pravé části příloh 3), pak by mohlo dojít

vyhodnocením podle normy ke snížení výsledné hodnoty proudových hustot oproti skutečné hodnotě. Proto byla v těchto případech vypočtena i hodnota proudové hustoty z převládajících složek intenzity elektrického pole BP bez ohledu na znaménko (při formálním otočení směru příslušné elektrody M_1 nebo M_2 to normovému postupu neodporuje).

Tato proudová hustota je v příloze č. 4 označena J_{prevl} . Pokud byla tato proudová hustota J_{prevl} větší než proudová hustota vypočtená z kladných a záporných složek intenzity elektrického pole BP, pak byla použita jako výpočtová proudová hustota v tabulce č. 3 pro výpočet přepočtených proudových hustot dle TP124 [3].

Stupeň agresivity prostředí závisí především na velikosti rezistivity a velikosti vektoru proudové hustoty v měřeném místě a určuje se podle tabulky č. 2.

Tabulka č. 1 Klasifikace intenzity bludných proudů podle ČSN 038365

Naměřená intenzita elektrického pole podle postupu z ČSN 03 8365		Vyhodnocení intenzity bludných proudů podle ČSN 03 8365
<0.5	mV/m	slabé bludné proudy
0.5 až 5	mV/m	střední bludné proudy
>5	mV/m	silné bludné proudy

Tabulka č. 2 Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 038372

Stupeň agresivity prostředí na ocel podle ČSN 03 8372		Rezistivita (měrný elektrický odpor) [Ω m]	Proudová hustota	
			[μ A/m ²]	[mA/m ²]
I.	velmi nízká	>100	<0.1	<1•10 ⁻⁴
II.	střední	50 až 100	0.1 až 3	1•10 ⁻⁴ až 3•10 ⁻³
III.	zvýšená	23 až 50	3 až 100	3•10 ⁻³ až 0.1
IV.	velmi vysoká	<23	>100	>0.1

Stupeň agresivity prostředí podle kritéria proudové hustoty dle ČSN 03 8372:

Zjištěné hodnoty výpočtových proudových hustot BP J i J_{prevl} na všech bodech ZKP odpovídají III. až IV. stupni (průměrně IV.) agresivity podle kritéria proudové hustoty (čtyřstupňové škály dle ČSN 03 8372), agresivita prostředí na ocel zde tedy z hlediska proudové hustoty převládá **velmi vysoká** (je zvýšená až většinou velmi vysoká), viz jedenáctý a dvanáctý sloupec v tabulce 3 s výsledky ZKP, viz tab. 3.

Situace měření s výsledky:

Poloha projektovaných stavebních objektů, bodů VES a ZKP s výsledky je vykreslena v situaci v příloze 1. Do ní jsou zakresleny polohy jednotlivých stanovišť měření ZKP i jednotlivých elektrod (M_1 , M_2 a N) použitých pro měření E. U každého stanoviště jsou černě zakresleny zjištěné vektory elektrického pole převládajících bludných proudů nebo i záporné a kladné složky jsou-li významné.

Směry výsledných vektorů intenzity elektrického pole BP jsou v přílohách 1 zakresleny černou šipkou s délkou úměrnou velikosti proudové hustoty (převládajících) BP a jsou proměnlivé v čase (viz přílohy 3) i v místě a naznačují vliv BP s větším množstvím antropogenních zdrojů poblíž bodů ZKP, přičemž intenzity elektrického pole stoupají k ZKP-2, viz příloha číslo 1b.

5.3 Vyhodnocení ZKP dle technických podmínek MD 124 a stanovení stupně ochranných opatření

Hodnoty výpočtových proudových hustot jsou uvedeny v tabulce č. 3 i s výsledky hodnocení agresivity zemního prostředí na ocel na jednotlivých stanovištích. Pokud jde o stanovení stupně ochranných opatření pro navrhovanou konstrukci, je třeba (pokud má alespoň určitá část konstrukce vyšší vodivost než podloží, železné konstrukční prvky, a uzemnění na více než jednom místě) postupovat ve smyslu tabulky č. 1 technických podmínek MD (TP 124) „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ [3], která je prezentována v této zprávě v tabulce č. 4.

Podle této tabulky „Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu BP“ jsou zkoumané oblasti členěny do 5 skupin (základní ochranná opatření stupeň č. 1 až 5) podle kritéria přepočtené hodnoty proudové hustoty J_v , která je dána vztahem:

$$J_v = K_s \cdot J$$

kde K_s je celkový sací koeficient konstrukce (mostu, žb. objektu, ocelového objektu)
a J je výpočtová proudová hustota stanovená v souladu s ČSN 03 83 72.

Sací koeficient konstrukce (mostu) je vyjádřen empirickým vzorcem:

$$K_s = K_{sm} + K_k + K_p$$

kde K_s je celkový sací koeficient (mostní) konstrukce (který může nabýt hodnot 0 až 10, přičemž 0 je pro kamenné mosty či jiné mosty bez ocelové výztuže)

K_{sm} je vlastní sací koeficient mostu a pro nové mosty nabývá dle rozměru a použitého typu konstrukce hodnot 1 až 5. K_k je koeficient konstrukce a nabývá hodnot:

- 0... pro elektricky izolačně oddělené konstrukce
- 1... částečné oddělení nebo rozdělení konstrukce
- 2... konstrukce tvoří elektricky vodivě nedělitelný celek

K_p je koeficient prostředí, který umožňuje zohlednit při hodnocení ZKP další případná nebezpečí koroze BP, jako např. blízkost měřírny.

Celkový sací koeficient konstrukcí K_s byl pro přepočet v tabulce č. 3 stanoven empiricky na hodnotu 2 (blízkost tramvajové linky a inženýrských sítí, pravděpodobný rozvoj).

Tabulka č. 3 Vyhodnocení stupně agresivity prostředí na ocel dle ČSN 03 8372 a podklad pro stanovení stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů ve smyslu technických podmínek DS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ /2/ (TP 124) pro SO mezi body ZKP-1 až ZKP-3:

ZKP pro akci "Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstr.vodovodu"		zpracováno podle ČSN 03 7365			zpracováno podle ČSN 03 8372						dle TP 124 i dle SŽ S13			Základní pasivní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů dle TP 124 i dle SŽ S13 stupeň číslo:	
bod ZKP název	Stavební objekt SO	intenzita elektrického pole BP		bludné proudy jsou zde:	minimální rezistivita do hl.zákl. [Ωm]	stupeň agresivity prostředí na ocel dle rezistivity	proudová hustota		stupeň agresivity prostředí na ocel dle proudové hustoty	výpočtová proudová hustota J[μA/m ²]	celkový sací koef. SO Ks	přepočtená proudová hustota Jv [μA/m ²]			
		E ⁺⁺ [mV/m]	E ⁻ [mV/m]				kladné složky J ₊ [μA/m ²]	záporné složky J ₋ [μA/m ²]							
ZKP-1	rekonstr. v a K Zemkova	0.672	0.318	střední	9	IV.	velmi vysoká	74.6466	35.346	III.	zvýšená	76	2		152
ZKP-2		4.413	není	střední	9	IV.	velmi vysoká	490.344	není	IV.	velmi vysoká	491	2	982	4
ZKP-3		0.796	0.451	střední	9	IV.	velmi vysoká	88.436	50.15	IV.	velmi vysoká	102	2	204	4
průměry na lokalitě:		2.0	=>střední		9.0	IV.	=>velmi vysoká			IV.	velmi vysoká<=	223.0		446.0	=>4

Poznámka: Koeficient K_s byl stanoven na hodnotu 2. Přepočtená proudová hustota byla vypočtena dle vztahu: $J_v = J \cdot K_s$. Nejvyšší zde zjištěná hodnota přepočtené proudové hustoty J_v je 982 μA/m² a její průměrná hodnota je 446 μA/m². Z toho plyne, že pro celou rekonstrukci mezi body ZKP-1 až ZKP-3 platí podle TP124 a i dle SŽ S13 základní ochranná opatření stupně číslo 4

Přepočtené proudové hustoty J_v se na bodech **ZKP-1 až ZKP-3 změřených u trasy rekonstrukce vodovodu a kanalizace** pohybují v intervalu od $152 \mu\text{A}/\text{m}^2$ do $982 \mu\text{A}/\text{m}^2$ a průměrná hodnota přepočtené proudové hustoty je $446 \mu\text{A}/\text{m}^2$. Z toho a z tabulky č. 3 plyne, že pro SO plánované **rekonstrukce kanalizace a vodovodu** na ulici Zemkova v Brně platí podle TP124 **základní ochranná opatření stupně číslo 4**, (viz tabulka č. 3, a v tabulce č. 4 oranžově zvýrazněno).

5.4 Doporučení pro zpracovatele stavby – návrh korozní ochrany

Pro všechny ocelové a žb součásti plánované oprava kanalizace a drobná rekonstrukce vodovodu na ulici Zemkova Brně mezi body (ZKP-1 až ZKP-3) doporučujeme provést základní ochranná opatření stupně číslo 4 podle TP124 MD [literatura 2], tj.:

- o v případě železobetonové či ocelové konstrukce s předpokladem sacího efektu BP (žb. konstrukce mostu, opěrné zdi, apod.) - provést kombinaci primární ochrany dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab. 3 a případné sekundární ochrany dle TP, čl. 5.2 a konstrukční opatření podle TP124 článek 5.3, a konstrukční opatření podle SR 5/7 (S), kapitola III, včetně propojení výztuže a včetně jejího vyvedení na povrch konstrukce

- předpokládáme snahu o (pokud možno) nevodivé oddělení stavby od spodní stavby základů (nevodivé dilatační/ hydroizolační zařízení/zálivka trnu nevodivým betonem), které je zároveň součástí ochrany horní stavby proti BP a snižuje sací efekt BP (v tom případě by konstrukce výše nad těmito prvky byly méně ohrožené BP).

- nutno provést povinné spojení výztuží v jednotlivých žb základových konstrukcích elektrickým svárem (pro minimalizaci počtu článků výztuž-beton-výztuž). (Mohlo by být provedeno po obvodu tělesa armokoše bodovými sváry $\varnothing 5 \text{ mm}$ u křížujících se výztuží, oboustranným svárem délky 100 mm u podélně svařovaných výztuží a koutovým oboustranným svárem 4 mm * 10 mm v případě spoje výztuže s ocelovou deskou)

- nutno provést povinné vyvedení spojené výztuže žb na povrch konstrukce SO do měřícího bodu na kovovou deskou s kontaktem, (viz obr. 4)

- optimální je izolovat tělesa železobetonových prvků základů od vodivějších (jílovitých/hlinitých) zemin svislou izolační fólií, nátěrem, či impregnační betonem v kontaktu se zemínou (eventuálně je možné při malé hmotnosti stavby použít i nekovové výztuže základů – plasty, dle zkušeností projektanta) nebo vodonepropustných nevodivých betonů. Pokud jde o založení konstrukcí na piloty spoléhající na třecí únosnost, tak by mělo postačit zvýšení krytí armování

- zajistit dostatečné krytí kovové výztuže použitím nevodivých (betonových, plastových) distančních podložek proti kontaktu armování – zemina

- o při eventuálních přeložkách úložných zařízení, pokud možno užívat nevodivé materiály:

- u všech ukládaných ocelových potrubí používat vnější izolaci „zesílenou“ u ocelových plynovodů nejlépe potrubí dle DIN 30670 N-v (extrudovaný polyetylén). Svárové spoje izolovat pomocí smršťovacích manžet či pásek.

- při uložení ocelových potrubí v ocelových chráničkách použít nevodivé uložení a utěsnění čel chrániček podle požadavků ČSN 03 8376.

Tabulka č. 4 – tabulka číslo 1 v technických podmínkách MDS „Základní ochranná opatření vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“ [literatura 2] (TP 24):

Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů (dle TP 124 MD)		
Základní ochranná opatření stupeň č.	Proudová hustota [A/m²] [μA/m²] hodnoty změřené nebo přepočtené koeficientem sacího efektu mostu K _s	Provedení základních ochranných opatření. Opatření dle číslic a písmen lze kombinovat na základě odborného posouzení.
1	$< 1 \cdot 10^{-7}$ $< 0.1 \mu\text{A/m}^2$	1. Primární ochrana dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab.3 A - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
2	$1 \cdot 10^{-7}$ až $3 \cdot 10^{-6}$ $\geq 0.1 \mu\text{A/m}^2$ až $< 3 \mu\text{A/m}^2$	2. Kombinace primární ochrany dle ČSN ISO 9690 (73 1215) a ČSN P ENV 206 (73 2403), tab.3 a případné sekundární ochrany dle TP, čl. 5.3 B - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
3	$3 \cdot 10^{-6}$ až $1 \cdot 10^{-4}$ $\geq 3 \mu\text{A/m}^2$ až $< 100 \mu\text{A/m}^2$	3. dtto ad 2 plus C - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.4, bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
4	$1 \cdot 10^{-4}$ až $3 \cdot 10^{-3}$ $\geq 100 \mu\text{A/m}^2$ až $< 3000 \mu\text{A/m}^2$	4. dtto ad 2 plus D - konstrukční opatření dle TP, čl. 5.3, včetně propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
5	$\geq 3 \cdot 10^{-3}$ $\geq 3000 \mu\text{A/m}^2$	5. dtto ad 4 plus E - dokumentace "Elektrické rozvody a zařízení pro kontrolu vlivu bludných proudů" umožňující elektrická a geofyzikální měření (DEM) včetně realizace ev. návrhu následných ochranných opatření.

Tabulka č. 5 – tabulka Přílohy G v SŽ S13: Stupně základních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů /literatura 11/:

Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů (dle Přílohy G ze SŽ S13: Ochranná opatření pro omezení vlivu BP pro stavby na železnici - Praha: Správa železnic, s.o., 2023, literatura 11)		
Základní ochranná opatření stupeň č.	Proudová hustota [A/m²] [μA/m²] hodnoty změřené nebo přepočtené koeficientem sacího efektu mostu K _s	Provedení základních ochranných opatření. Opatření podle číslic a písmen lze kombinovat na základě odborného posouzení.
1	$< 1 \cdot 10^{-7}$ $< 0.1 \mu\text{A/m}^2$	1. Primární ochrana dle ČSN EN 206 + A2 A - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
2	$\geq 1 \cdot 10^{-7}$ - $< 3 \cdot 10^{-6}$ $\geq 0.1 \mu\text{A/m}^2$ až $< 3 \mu\text{A/m}^2$	2. Kombinace primární ochrany dle ČSN EN 206 + A2 a případné sekundární ochrany podle tohoto předpisu B - bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
3	$\geq 3 \cdot 10^{-6}$ - $< 1 \cdot 10^{-4}$ $\geq 3 \mu\text{A/m}^2$ až $< 100 \mu\text{A/m}^2$	3. dtto ad 2 plus C - konstrukční opatření podle tohoto předpisu, bez propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
4	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$ - $< 1 \cdot 10^{-3}$ $\geq 100 \mu\text{A/m}^2$ až $< 1000 \mu\text{A/m}^2$	4. dtto ad 2 plus D - konstrukční opatření dle tohoto předpisu, včetně propojení výztuže a jejího vyvedení na povrch konstrukce
5	$\geq 1 \cdot 10^{-3}$ $\geq 1000 \mu\text{A/m}^2$	5. dtto ad 4 plus E - dokumentace "Elektrické rozvody a zařízení pro kontrolu vlivu bludných proudů" umožňující elektrická a geofyzikální měření včetně realizace ev. návrhu následných ochranných opatření.

6. Shrnutí výsledků ZKP a závěr

Dne 19. 3. 2025 v pracovní den a pracovní době byla v blízkosti plánovaných stavebních objektů rekonstrukce vytyčena a proměřena 3 stanoviště ZKP (vždy po jednom bodu SP-BP a VES). Poloha bodů ZKP byla zaměřena dálkoměrem a je zakreslena v situačních přílohách 1.

Vyhodnocení stupně agresivity základového prostředí na ocel dle ČSN 03 8372:

Metodou VES zjištěné nejmenší hodnoty rezistivity vrstev v hloubkovém intervalu od povrchu až do hloubky založení objektu odpovídají dle kritéria rezistivity zeminy IV. stupni – agresivita základového prostředí na ocel je zde tedy **dle kritéria rezistivity velmi vysoká**, (ČSN 03 8372), viz příloha 2 a tabulka 3.

Metodou SP-BP byly zjištěny **střední (průměrně střední) BP**, viz tabulka 3.

Hodnoty výpočtových proudových hustot převládajících BP bodů ZKP odpovídají III. až převládajících IV. stupni agresivity – je zde tedy **podle kritéria proudové hustoty (čtyřstupňové škály dle ČSN 03 8372) zvýšená až většinou velmi vysoká** agresivita prostředí na ocel, viz tabulka 3 s výsledky ZKP.

Vyhodnocení stupně základních ochranných opatření podle TP124 MD:

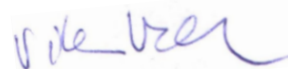
Návrh stupně základních ochranných opatření byl v souladu s TP 124 MD proveden podle hodnoty přepočtené proudové hustoty, která je daná vztahem: $J_v = K_s \cdot J$, kde J je proudová hustota výpočtová a K_s je sací koeficient konstrukce. Celkový sací koeficient konstrukcí K_s byl pro přepočet v tabulce č. 3 stanoven empiricky na hodnotu 2.

Tímto koeficientem vypočtené výsledné přepočtené proudové hustoty J_v mají průměrnou hodnotu $J_v^{\text{pr}} = 446 \mu\text{A}/\text{m}^2$ a dosahují maxima u bodu ZKP-2 $J_v^{\text{max}} = 982 \mu\text{A}/\text{m}^2$. Z toho a z tabulky č. 3 plyne, že pro všechny ocelové a žb součásti plánované rekonstrukce kanalizace a vodovodu na ulici Zemkova v Brně platí podle TP124 **základní ochranná opatření stupně číslo 4**, (viz tabulka č. 3, a tabulka č. 4 oranžově zvýrazněno).

Výsledky ZKP jsou podrobně popsány v kapitole 5 a doporučením pro zpracovatele stavby se zabývá **kapitola 5.4**.

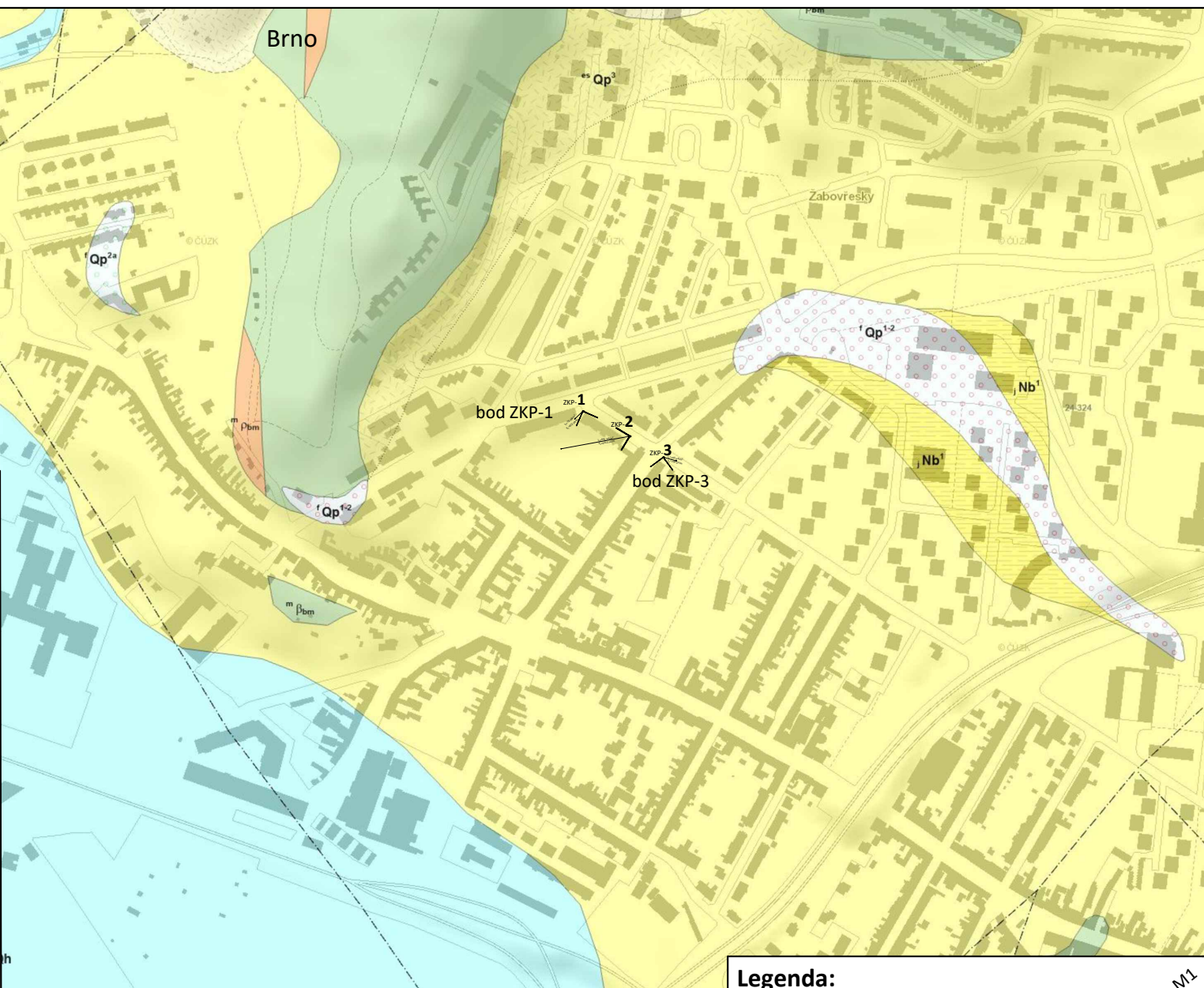
Zprávu vypracoval zodpovědný řešitel geofyzikálních prací: Mgr. Viktor Valtr

V Brně, dne 1. dubna 2025



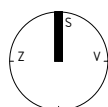
SIHAYA GEOLOGICKÝ
spol. s r.o. PRŮZKUM
Veleslavínova 6, Brno 612 00, ČR
Mgr. Viktor Valtr - jednatel
tel. / fax: 549 211 828, www.sihaya.cz
DIČ: CZ46346414 IČO: 46346414





Legenda:

Legenda geol.mapy:



ZKP --- název pf body ZKP
 profil 48 m
 metráž profilu
 profil body ZKP

spojnice nepolarizovatelných elektrod N s M1

střed bodu ZKP - nepolariz. elektroda N (N1 i N2)

spojnice nepolarizovatelných elektrod N s M2

přibližný rozsah stavby

ZKP-2 --- název bodu ZKP

ZKP-5

číslo bodu ZKP

výpočtová proudová hustota $J_s = 23 \text{ uA/m}^2$

$E_s = 0.82 \text{ mV/m}$

--- převládající směr výsledného vektoru intenzity elektrického pole bludných proudů (BP)

--- převládající nebo průměrná velikost intenzity elektrického pole BP

--- číslo bodu ZKP

akce:

ZKP pro akci: Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a
 "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"

název přílohy:

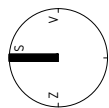
Celková situace ZKP na geologické mapě

měřítko: (A4)

1:7500

příloha číslo:

1a



Legenda:

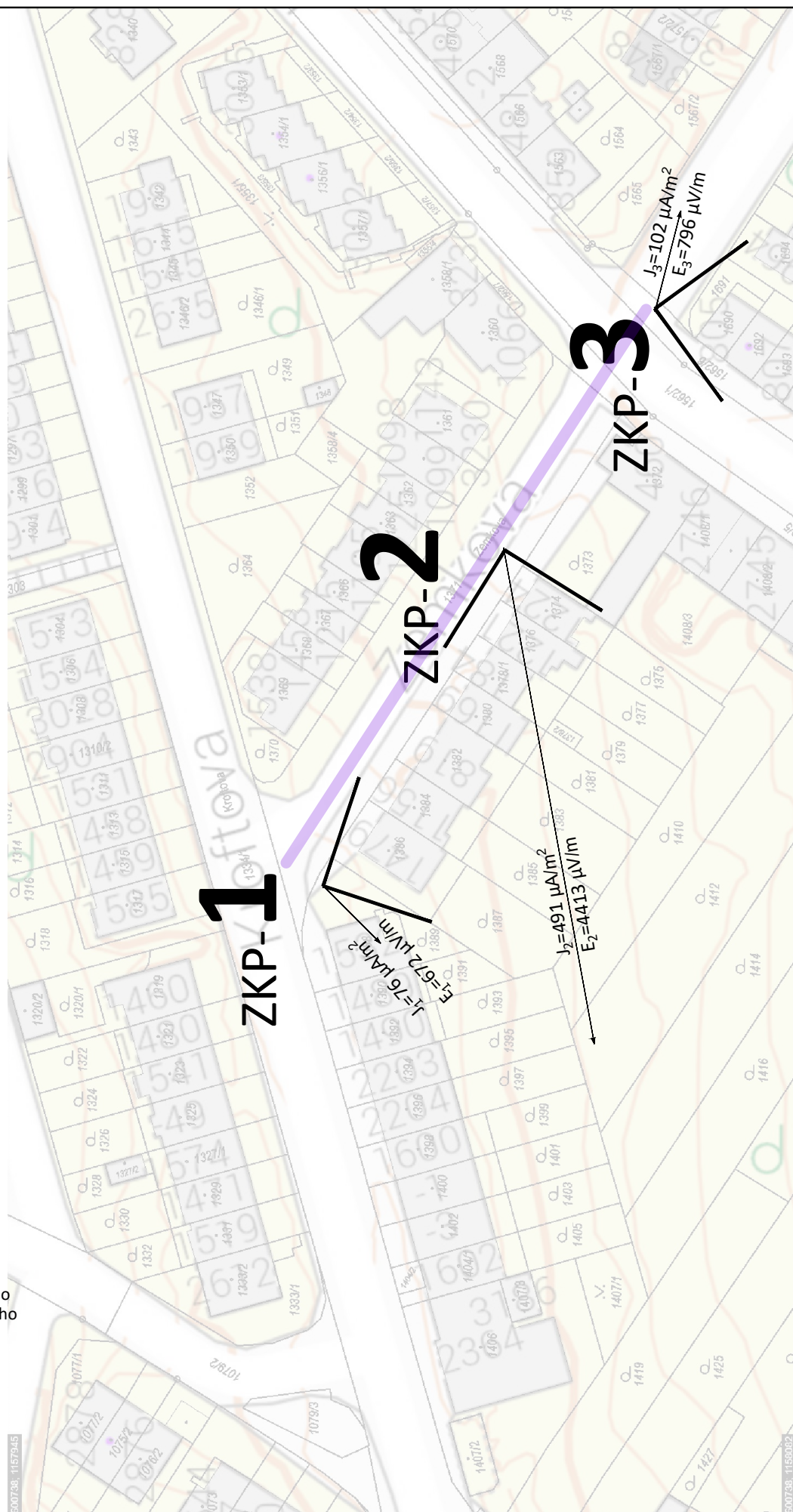
ZKP---název pf body ZKP

48 m---metráž profilu
---profil body ZKP

TIW---nepolarizovatelná elektroda M1
spojnice nepolarizovatelných elektrod N s M1---
střed bodu ZKP - nepolariz. elektroda N (N1 i N2)---
spojnice nepolarizovatelných elektrod N s M2---nepolariz. elektroda M2
(munkum)---
bod ZKP (základního korozního průřezu)

---přibližný rozsah stavby

$J_s = 23 \mu A/m^2$ ---výpočtová proudová hustota
 $E_s = 0.82 mV/m$ ---převládající směr výsledného vektoru intenzity elektrického pole bludných proudů (BP)
 $E_s^{++} = 0.82 mV/m$ ---převládající či průměrná velikost intenzity elektrického pole BP
---číslo bodu ZKP
ZKP-5---číslo bodu ZKP



akce: ZKP pro akci: Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a
"Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"

název přílohy:

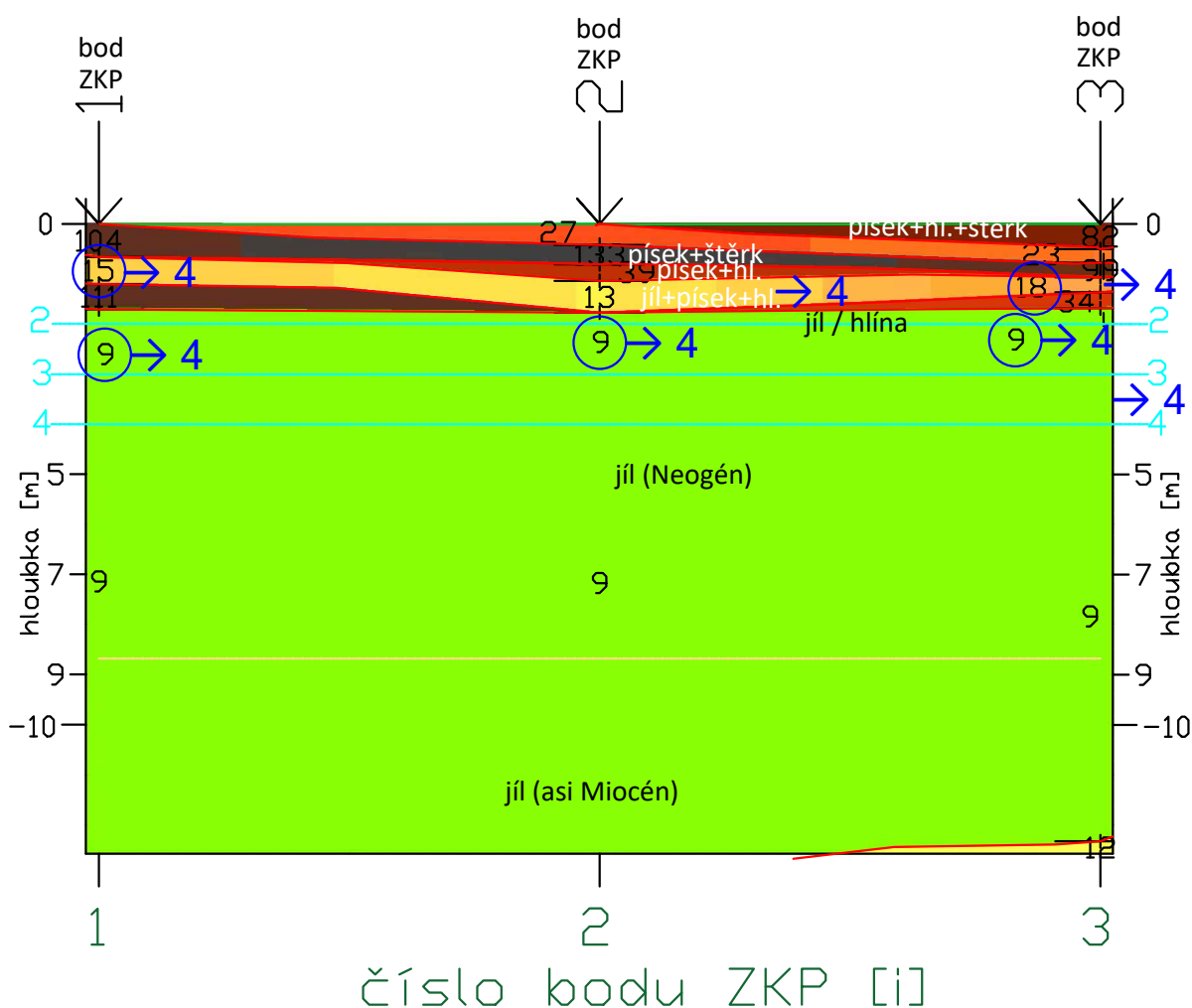
Situace ZKP s některými výsledky

měřítko:
(A4)

1:1000

1b

Geologicko-geofyzikální řez podél profilu body ZKP dle VES s výsledky ZKP pro akci: Brno, Zemkova - rekonstrukce kanalizace a dr. rek.vodovodu



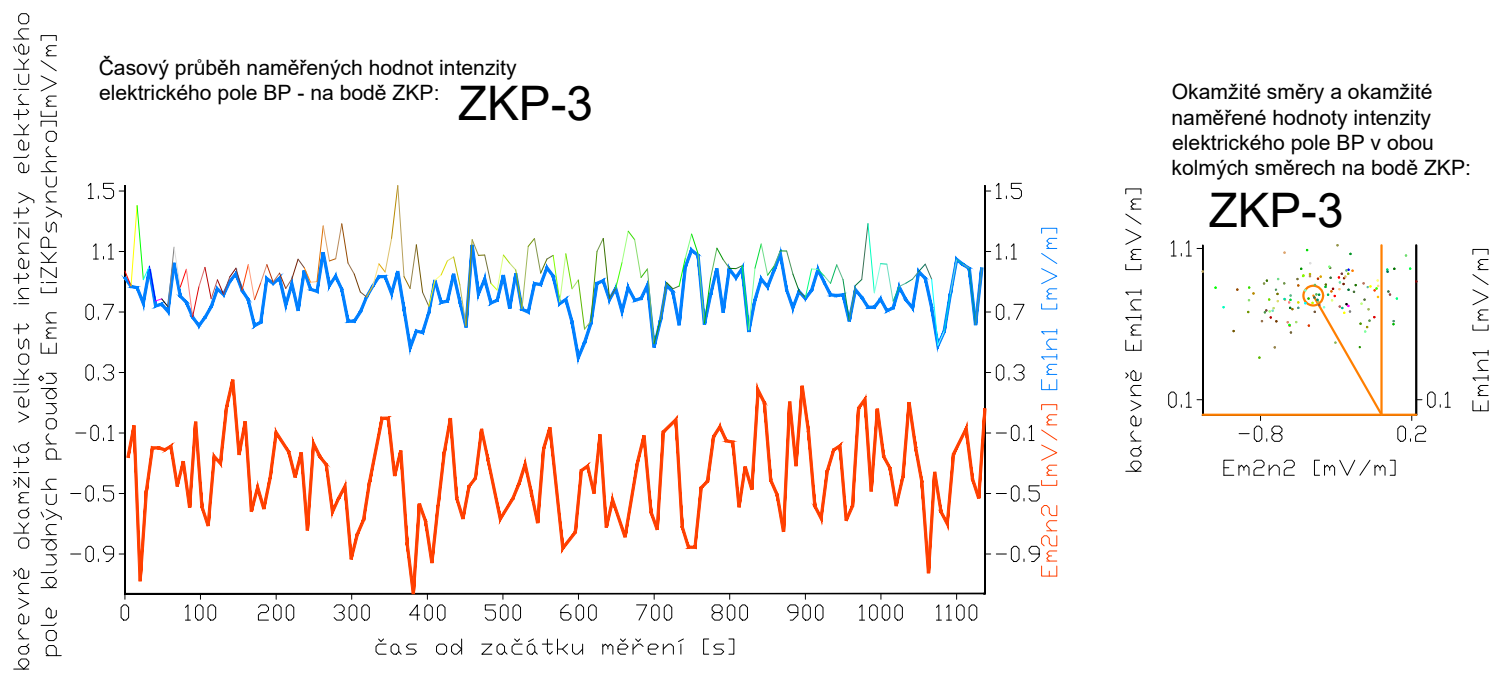
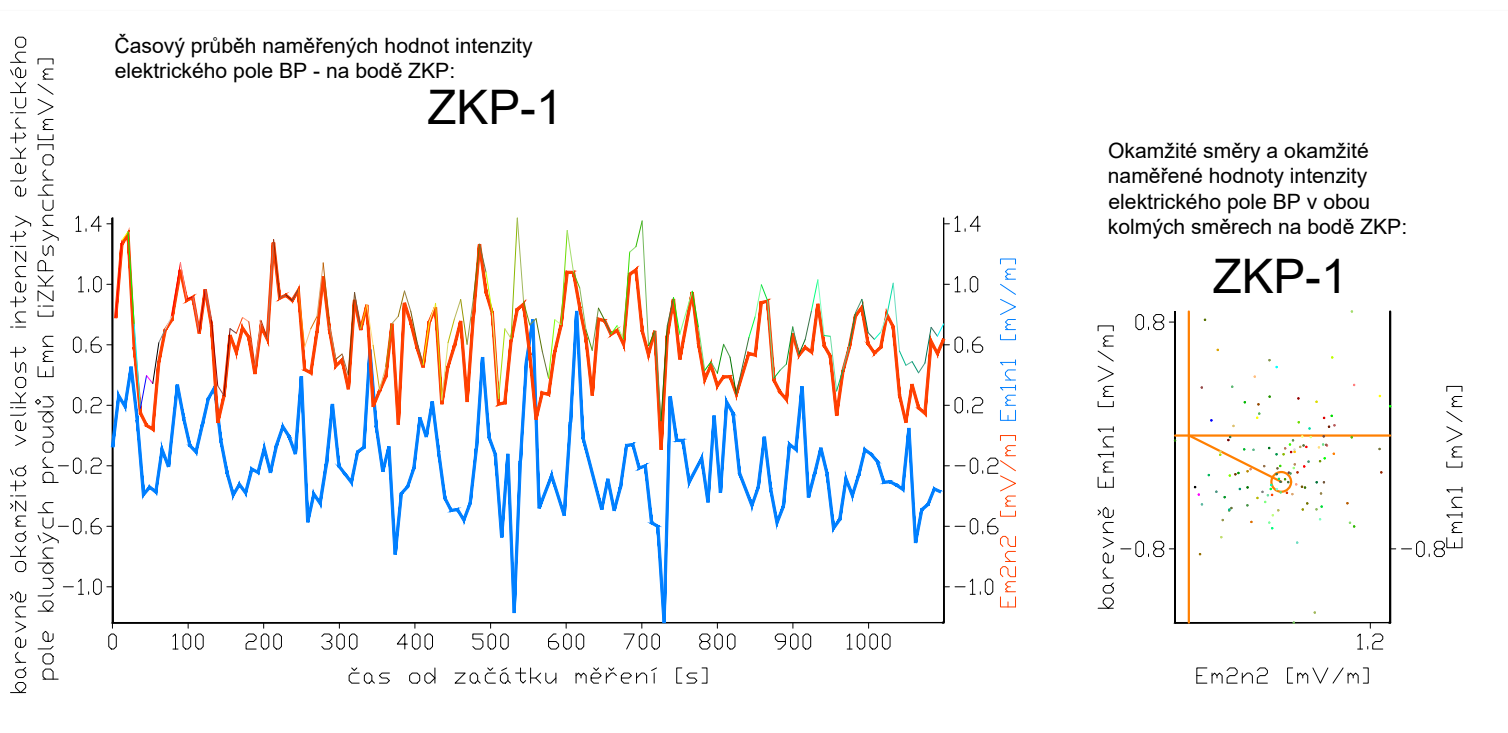
Legenda:

Legenda barevné výplně vrstev dle rezistivit dle VES:

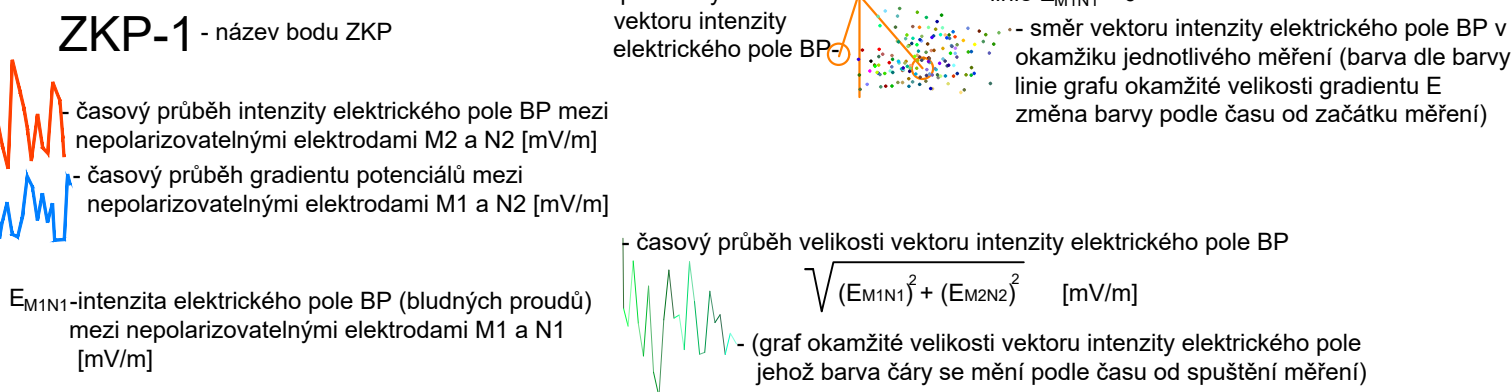


- 1 - číslo bodu VES a ZKP
- poloha a název bodu ZKP
- povrch terénu
- 25 - kritická rezistivita pro výpočet proudových hustot
- rezistivní rozhraní vrstev podle VES
- 40 - rezistivita vrstvy podle VES [ohm.m]
- propojení rezistivních rozhraní vrstev dle VES
- nejhlubší pravděpodobná úroveň základové konstrukce (potrubí) - založení SO
- hloubkový dosah aktuálního bodu VES
- 4 - výsledný stupeň pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu BP dle TP 124 podle přepočtené proudové hustoty J_v . (3) v závorce jen pro daný bod pokud vyšel jinak než výsledný stupeň vrstvy)
- (6) - rezistivita vrstvy podle VES s vlivem inženýrských sítí či kovů [ohm.m]

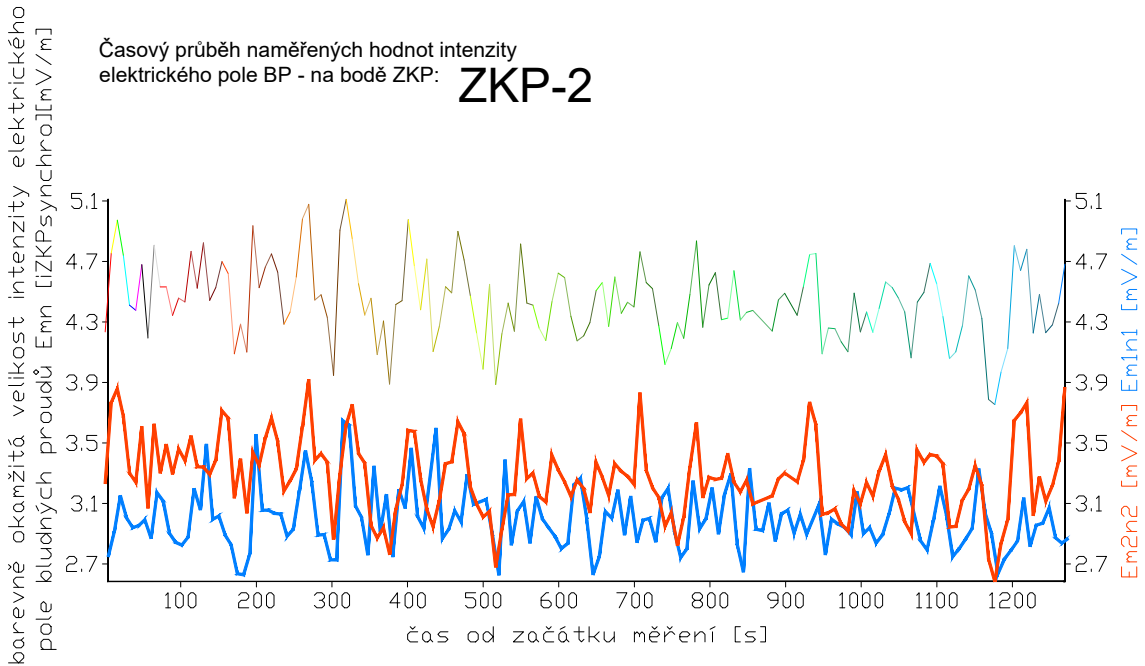
akce: ZKP pro akci: Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"	měřítko: (A4) číslo bodu ZKP	příloha číslo:
název přílohy: Geologicko-geofyzikální řez s výsledky ZKP	/1:150	2



Legenda:



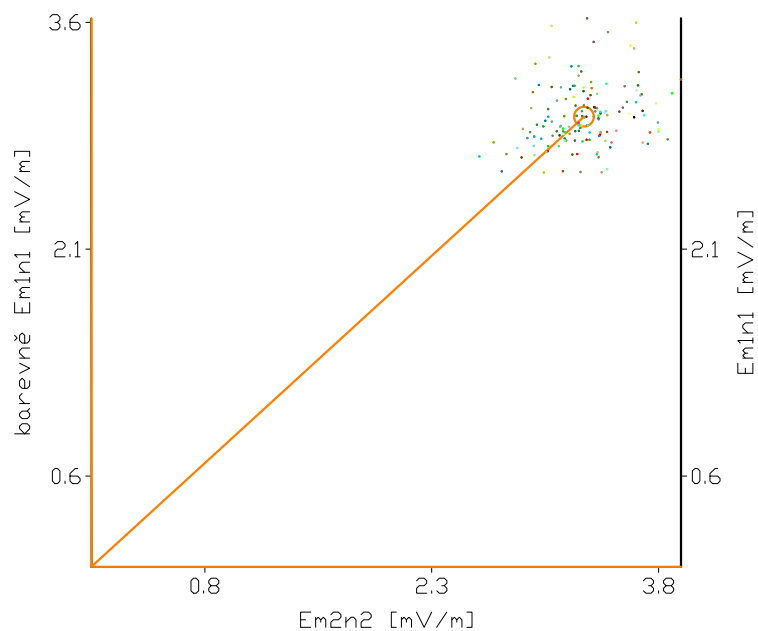
akce:	ZKP pro akci: Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"	měřítko:	(1xA4)	příloha číslo:	
název přílohy:	Grafy časových průběhů měřených hodnot intenzity elektrického pole BP a jeho okamžitých směrů		10 cm = 1000 s 10 cm = 5 mV/m		3a



Grafy časových průběhů měřených hodnot intenzity elektrického pole bludných proudů a jeho okamžitých směrů - Brno, Zemkova ul. ZKP-2

Okamžité směry a okamžité naměřené hodnoty intenzity elektrického pole BP v obou kolmých směrech na bodě ZKP:

ZKP-2



Legenda:

ZKP-1 - název bodu ZKP

- časový průběh intenzity elektrického pole BP mezi nepolarizovatelnými elektrodami M2 a N2 [mV/m]
- časový průběh gradientu potenciálů mezi nepolarizovatelnými elektrodami M1 a N2 [mV/m]
- časový průběh velikosti vektoru intenzity elektrického pole BP
- $\sqrt{(E_{m1n1})^2 + (E_{m2n2})^2}$ [mV/m] - (graf okamžité velikosti vektoru intenzity elektrického pole jehož barva čáry se mění podle času od spuštění měření)
- průměrný směr vektoru intenzity elektrického pole BP
- linie $E_{m2n2} = 0$
- linie $E_{m1n1} = 0$
- směr vektoru intenzity elektrického pole BP v okamžiku jednotlivého měření (barva dle barvy linie grafu okamžité velikosti gradientu E změna barvy podle času od začátku měření)
- E_{m1n1} -intenzita elektrického pole BP (bludných proudů) mezi nepolarizovatelnými elektrodami M1 a N1 [mV/m]

akce: ZKP pro akci: Brno, Zemkova - oprava kanalizace" a "Brno, Zemkova - drobná rekonstrukce vodovodu"	měřítko: (1xA4) 10 cm = 1000 s 10 cm = 5 mV/m	příloha číslo: 3b
název přílohy: Grafy časových průběhů měřených hodnot intenzity elektrického pole BP a jeho okamžitých směrů		