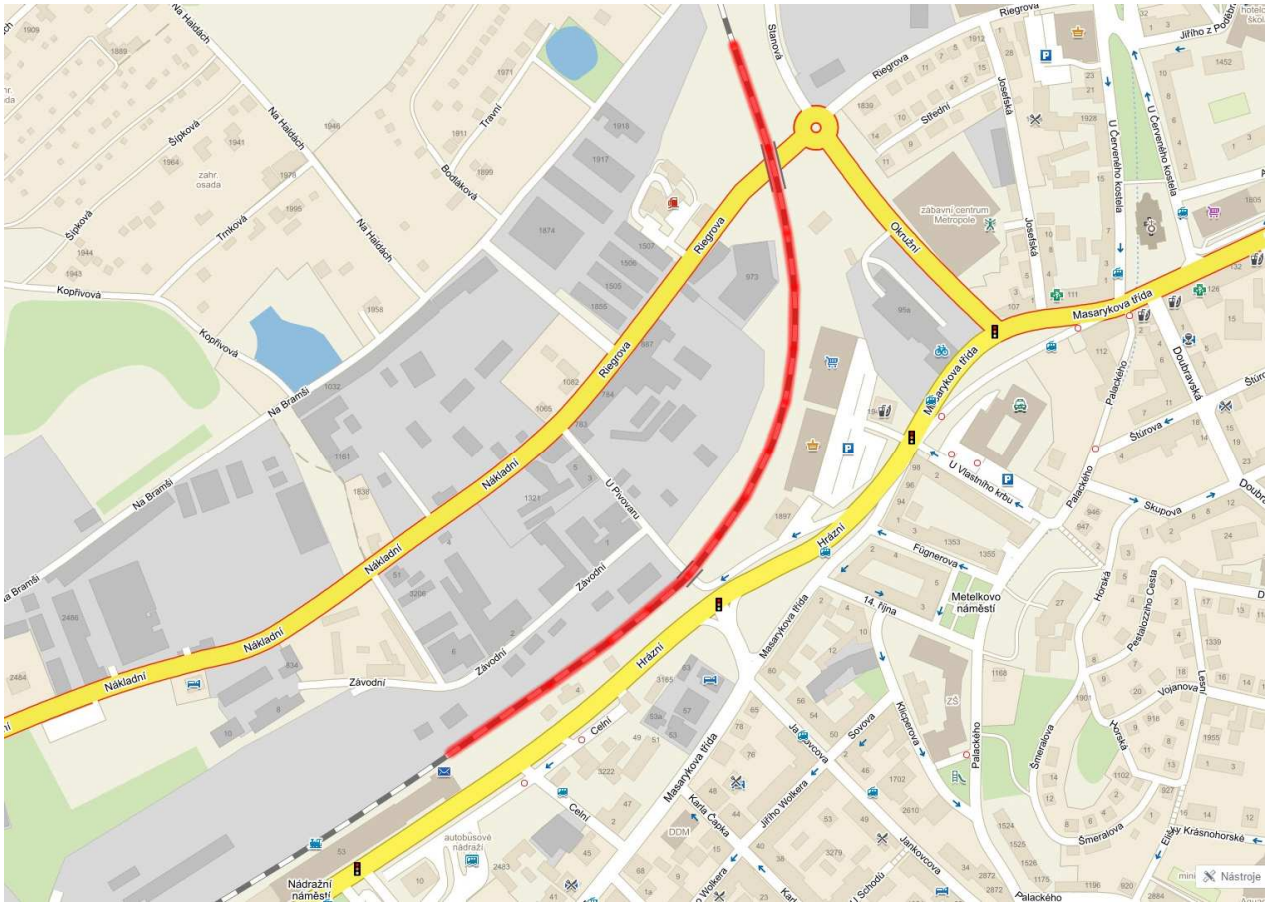
První korozní
spol. s r.o.

Korozní průzkum

Pro akci "Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 – 18,000 trati Ústí nad Labem – Most"



Listopad 2016

Zak. č. 2016 D 27

Obsah

1. ÚVOD **3**

2. VÝCHOZÍ PODKLADY **3**

3. POPIS SITUACE V OBLASTI PRŮZKUMU **3**

4. POSTUP PRACÍ A MĚŘÍCÍ TECHNIKA **3**

5. MĚŘENÍ INTENZITY ELEKTRICKÉHO POLE V ZEMI **4**

6. MĚŘENÍ REZISTIVITY PŮDY **5**

7. MĚŘENÍ POTENCIÁLU PLYNOVOD - ELEKTRODA **6**

8. MĚŘENÍ PROUDU PLYNOVOD - ELEKTRODA **7**

9. ZÁVĚR A NÁVRH OPATŘENÍ **7**

Přílohy:

I. Mapy oblasti s vyznačenými měřenými místy, fotografie ..... 6× A4
II. Protokoly a graf z měření intenzity el. pole, grafy vektoru el. pole ..... 7× A4
III. Protokoly a grafy z měření potenciálu a proudu ..... 7× A4

Zprávu vypracoval: Pavel Rada, Milan Janeček
První korozní spol. s r.o.
Londýnská 71
120 00 Praha 2
Mobil: 603 461 707

1. Úvod

Předmětem zprávy je korozní průzkum pro akci „Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 – 18,000 trati Ústí nad Labem – Most“. Průzkum byl proveden se zaměřením na zjištění vlivu bludných proudů na inženýrské sítě a ocelové konstrukce. Objednatelem je PROGI spol. s r. o., zhotovitelem korozního průzkumu První korozní spol. s r.o.

2. Výchozí podklady

K vypracování korozního průzkumu byly získány následující podklady:

- Situace stavby v elektronické podobě.
- Technické konzultace s objednatelem.
- Korozní normy ČSN EN 12954, 13509, ČSN řady 03 83xx a související, MD TP 124, předpis SŽDC SR 5/7 (S), TKP staveb SŽDC, kap. 25 a dále TPG platné v plynárenském sektoru.

3. Popis situace v oblasti průzkumu

Místo zadané akce „Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 – 18,000 trati Ústí nad Labem – Most“ se nachází za žst. Teplice ve směru na Ústí nad Labem. Jedná se o dvoukolejnou trať č. 130. Trať je elektrizována stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV. Nejbližší měnírna je ve směru na Most v Oldřichově (km 22,3). Ve směru na Ústí nad Labem je měnírna Koštov na trati č. 131, Ústí nad Labem-Úpořiny-Bílina, působící do soustavy přes SpS Ústí nad Labem – západ.

Hlavním zdrojem bludných proudů ve sledovaném úseku je tedy jmenovaná trať Ústí nad Labem – Most. V Teplicích je provozována MHD napájena také stejnosměrnou trakcí.

4. Postup prací a měřící technika

V zájmové oblasti byl proveden korozní průzkum sestávající z

- **Měření intenzity elektrického pole v zemi -** Registrační měření intenzity elektrického pole a stanovení hustoty proudu v půdě.
- **Měření rezistivity půdy** – Měření rezistivity půdy čtyřelektrodovou Wernerovou metodou. Rezistivita byla měřena v místě měření proudového pole, pro výpočet hustoty proudu v půdě a tam, kde to travnaté plochy umožnily.
- **Měření potenciálu OC konstrukce - elektroda -** Registrační měření potenciálu kovových konstrukcích.
- **Měření vstupujícího/vystupujícího proudu do/z OC konstrukce -** Registrační měření vstupujícího/vystupujícího proudu do/z kovových konstrukcích pomocí ocelového vzorku o ploše 100 cm^2.

K registračním měřením byl použit systém KORODAT. Systém KORODAT sestává z elektronického záznamníku KD, servisního modulu s LCD displejem pro indikaci měřených hodnot, osobního počítače a speciálního programového vybavení. Záznamník KD-5 je mikroprocesorem řízený elektronický záznamník, který umožňuje dlouhodobé synchronní měření a záznam korozních veličin. Umožňuje měřit potenciál kovová konstrukce - elektroda a proud - obecně libovolné napětí a proud. Elektronický záznamník KORODAT má vstupní odpor cca 1 MΩ. Komunikace se záznamníkem KORODAT se uskutečňuje pomocí přenosného počítače (notebooku) přes sériovou linku RS 232. Vyhodnocení a archivace naměřených hodnot se provádí programovým vybavením KD Office. Pro měření potenciálu a proudu do ocelové elektrody byly záznamníky nastaveny na měření 1. a 2. kanálem, rozsah ±20 V, respekt. ±100 mV. Perioda měření byla 1 s. Pro měření intenzity elektrického pole byl využit 2. kanál. Další přístroje jsou popsány v příslušném textu.

Pro terénní měření byly použity přenosné snímací elektrody $Cu/CuSO_4$ umístěné převážně v travnatých plochách. Při měřeních se denní teploty pohybovaly kolem 7 °C.

5. Měření intenzity elektrického pole v zemi

Intenzita elektrického pole v zemi byla měřena na třech místech podél měřeného úseku. Měření bylo provedeno vždy pomocí tří referenčních elektrod $Cu/CuSO_4$ uložených v půdě v navzájem kolmých směrech ve vzdálenosti 5 m od sebe. Napětí mezi elektrodami bylo registrováno elektronickými záznamníky KORODAT. Měřením se zjistí napěťové rozdíly ve směrech navzájem kolmých, výpočtem lze pak zjistit vektor intenzity elektrického pole a hustotu proudového pole. Pro výpočet intenzity elektrického pole a hustoty proudu v půdě resp. pro stanovení agresivity prostředí a přítomnosti bludných proudů v zemi jsou použity maximální naměřené hodnoty. Elektrické pole bylo měřeno ve směrech světových stran sever – jih a východ – západ.

Intenzita elektrického pole je dána vztahem

$$E = U / L \qquad [mV/m, mV, m],$$

kde:

U je napětí mezi elektrodami,

L je vzdálenost elektrod

Hustota proudového pole je dána vztahem

$$J = E / \rho \qquad [mA/m^2, mV/m, \Omega m].$$

kde:

E je intenzita el. pole mezi elektrodami,

ρ je rezistivita půdy.

ČSN 03 8375 stanoví podle hustoty proudu v půdě v cizím proudovém poli agresivitu prostředí:

Stupeň	Agresivita prostředí	Hustota proudu v půdě [μA/m^2]
I.	Velmi nízká	< 0,1
II.	Střední	0,1 – 3,0
III.	Zvýšená	3,0 – 100
IV.	Velmi vysoká	> 100

Proudové pole bylo měřeno na místech vyznačených na situacích v příloze I. - označených PP1 až PP3. Přehled základních výsledků je v následující tabulce.

Poř. č.	Popis místa	Max. intenzita el. pole [mV/m]	Max. hustota proud. pole [μA/m^2]	Agresivita prostředí podle ČSN 03 8375
PP1	km 17,2, začátek úseku, u kolejí	3,72	41,37	III. – zvýšená
PP2	km 17,68, u viaduktu ul. U pivovaru	19,33	153,07	IV. – Velmi vysoká
PP3	km 18,0, konec úseku, na okraji žst Teplice	16,21	121,7	IV. – Velmi vysoká

Protokoly a grafy z měření intenzity elektrického pole jsou v příloze č. II.

6. Měření rezistivity půdy

Pro měření byla využita čtyřelektrodová Wennerova metoda s digitálním přístrojem Tellurohm C.A 2. Měřící metoda je podrobně popsána v ČSN 03 8363: "Zásady měření při protikorozní ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou". Při měření byla použita rozteč elektrod 2 m tzn. rezistivita byla měřena do hloubky 2 m.

Rezistivita půdy je dána vztahem:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \qquad [\Omega m]$$

kde ρ je rezistivita půdy [Ωm]
a je vzdálenost sousedních elektrod [m]
R je hodnota odporu naměřená přístrojem [Ω]

Podle ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo vodě proti korozi“, tabulka 1, je agresivita prostředí rozdělena do čtyř stupňů:

Stupeň	Agresivita prostředí	Rezistivita půdy [Ωm]
I.	velmi nízká	> 100
II.	střední	50 – 100
III.	zvýšená	23 – 50
IV.	velmi vysoká	< 23

Rezistivita půdy byla zjištěna v místech měření intenzity elektrických polí (místa označená PP) a to ve směrech sever-jih a východ-západ. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Poř. č.	Směr	Odpor [Ω]	Rezistivita [Ωm]	Stupeň agresivity	Průměrná Rezistivita [Ωm]
PP1	S-J	10,8	135,7	I. velmi nízká	89,8
	V-Z	3,5	44,0	III. zvýšená	
PP2	S-J	11,4	143,3	I. velmi nízká	126,3
	V-Z	8,7	109,3	I. velmi nízká	
PP3	S-J	10,3	129,4	I. velmi nízká	133,2
	V-Z	10,9	137,0	I. velmi nízká	

Pro výpočet hustoty proudu v půdě v cizím proudovém poli byla použita průměrná hodnota rezistivity z naměřených hodnot na daném místě.

7. Měření potenciálu plynovod - elektroda

Potenciály byly měřeny registračně na třech místech.

Poř. č.	Popis místa	Prům. potenciál [V]	Prům. proud do OC el. [mA]
MB1	km 17,52, HUP mezi obchody Penny a Kik	-0,49	-0,01
MB2	km 17,68, HUP ve zděném pilíři	-0,42	-0,16
MB3	km 17,72, HUP zabudovaný ve zdi	-0,54	-0,05

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty potenciálů a také vstupující/vystupující proud.Z grafů v příloze je patrný i rozkmit hodnot a tudíž vliv bludných proudů. Průměrné hodnoty proudu jsou záporné, což znamená proud vstupující do plynovodu, což je žádoucí. Více je v protokolech a grafech z měření potenciálů, které jsou v příloze č. III.

8. Měření proudu plynovod - elektroda

Na stejných místech uvedených v tabulce v předchozí kapitole byly měřeny i proudy vstupující/vystupující do/z plynovodu přes ocelové elektrody o ploše 100 cm^2 umístěné v zemi. Jedná se tedy o měření jako v případě potenciálů, ale s využitím 2. kanálu přístroje. Pokud naměřené hodnoty proudů mají záporné znaménko (viz tabulka a grafy), bludné proudy do potrubí vstupují a při kladných hodnotách naopak vystupují do půdy. Ve všech třech případech byly zjištěny bludné proudy v obou polaritách - střídavě proud vstupuje a vystupuje z potrubí. Průměrné hodnoty proudu do ocelových elektrod jsou uvedeny v tabulce v předešlé kapitole. Protokoly a grafy z měření proudů jsou v příloze č. III.

9. Závěr a návrh opatření

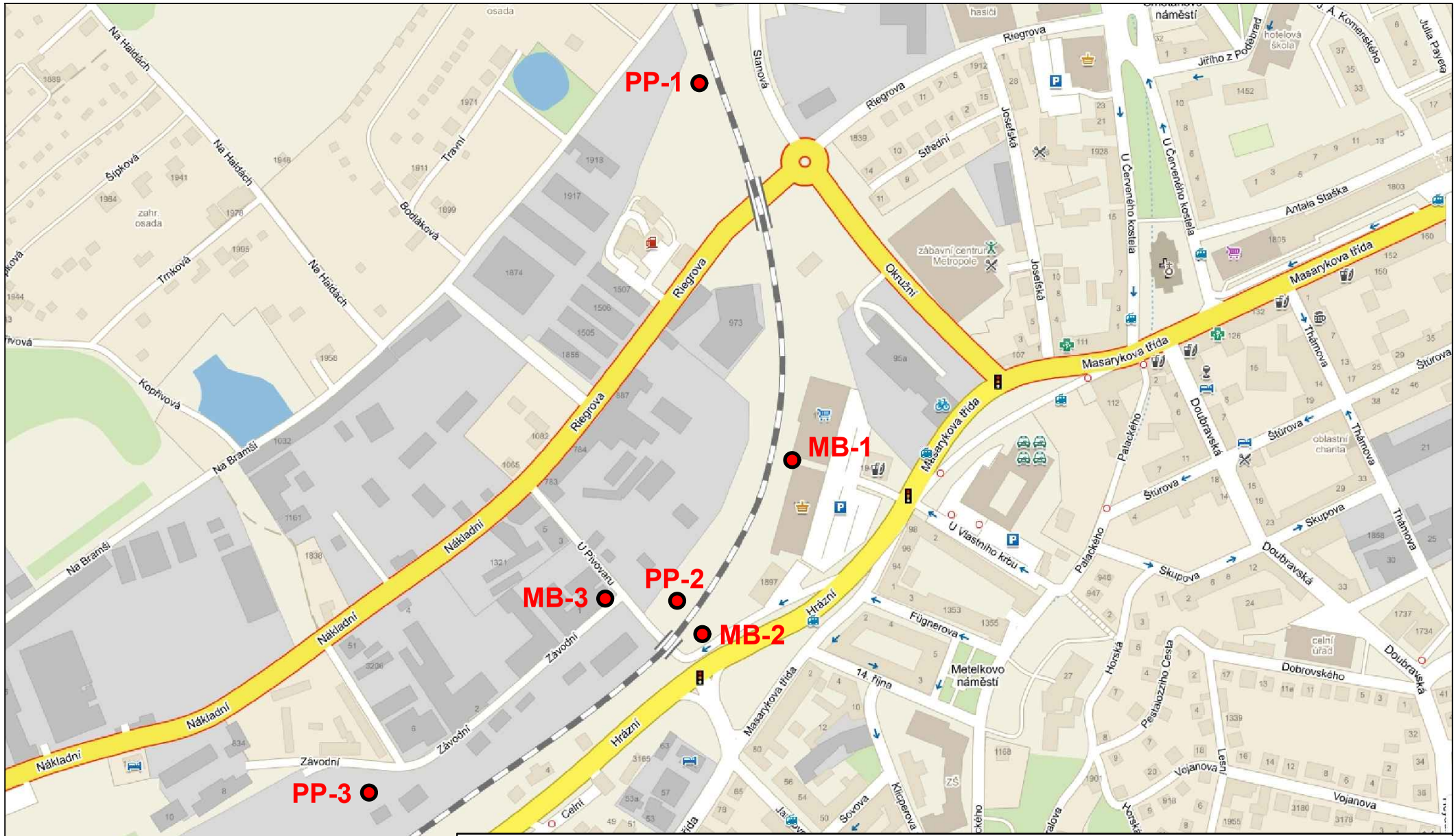
V rámci korozního průzkumu pro akci " Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 – 18,000 trati Ústí nad Labem – Most“ byla provedena vybraná měření a další terénní šetření. Naměřené hodnoty a příslušné grafy jsou soustředěny do příloh této zprávy.

Korozním měřením byla prokázána přítomnost silných bludných proudů. Celkovou agresivitu prostředí ve sledované oblasti lze hodnotit podle ČSN 03 8375 stupněm IV. – velmi vysoká. Vyplývá to z hodnocení hustoty proudu v půdě, která dosahuje hodnot nad 100 $\mu A/m^2$. Z hlediska rezistivity půdy se jedná o stupeň agresivity I. - velmi nízká a III. zvýšená. Měření rezistivity půdy je pouze doplňující a nelze z něj v tomto případě dělat důležité závěry. Potenciálová a proudová měření na měřících bodech MB2 a MB3 vykazují vliv intenzivních bludných proudů na měřené konstrukce. V bodě MB1 byly špatné podmínky pro umístění měřících elektrod - byly uloženy v štěrku a ne v zemině. Proto jsou hodnoty na MB3 s minimálním rozkmitem.

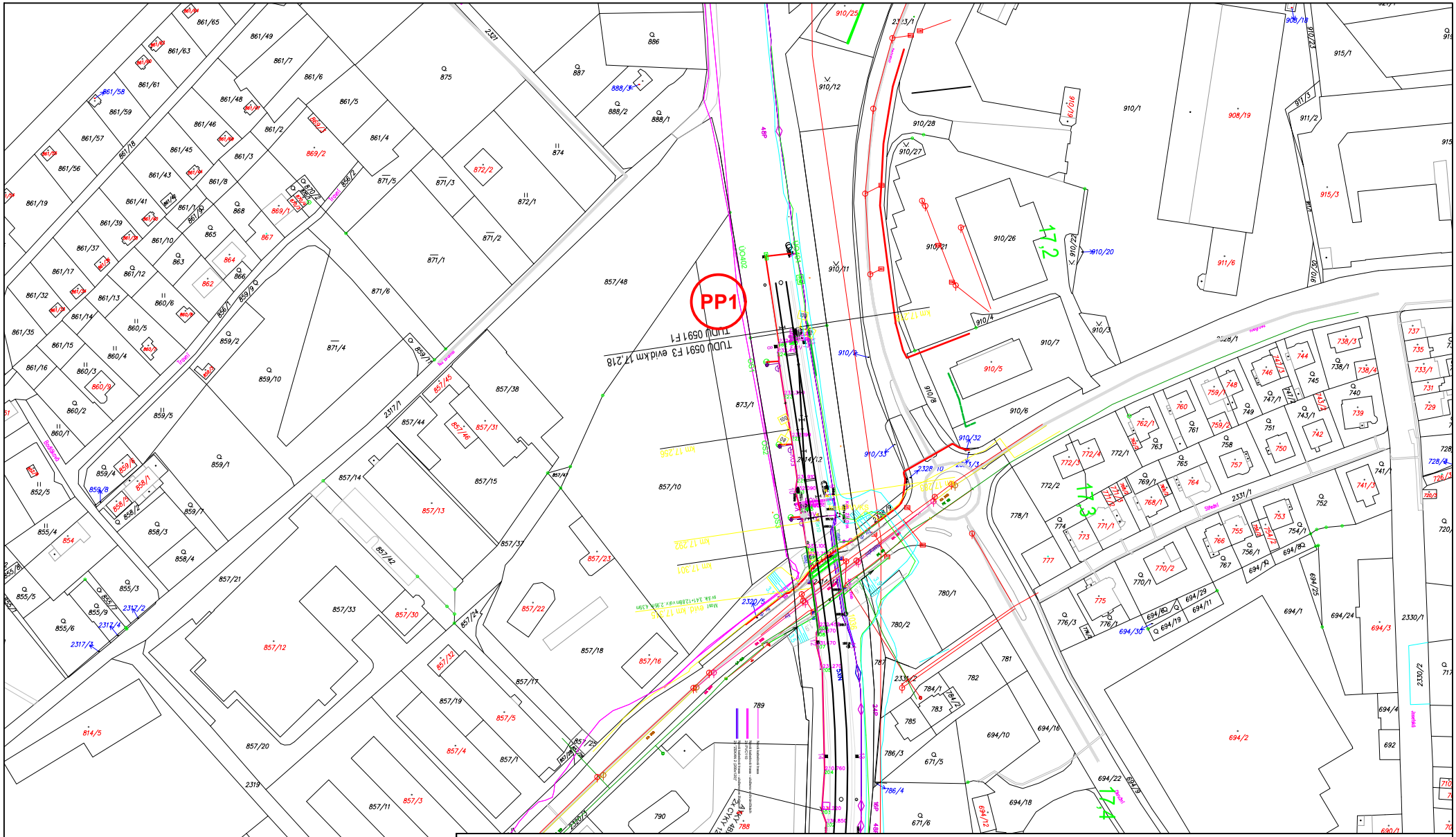
Pro další projekční činnost doporučujeme důsledně respektovat zásady ochrany proti korozi železobetonových konstrukcí a podzemních sítí. Hodnoceno podle směrnice TP124, tab. 1 přílohy 8, je nutné respektovat základní ochranná opatření stupně č. 4. Další zásady pro protikorozní ochranu jsou uvedeny v předpisu SŽDC SR 5/7 (S), v korozních normách ČSN 03 8372, ČSN 03 8350 a dalších, dále pak v Technických a kvalitativních podmínkách staveb Českých drah, kapitola 25, část 25 A – Ochrana proti elektrochemické korozi a korozi bludnými proudy.

Příloha I.

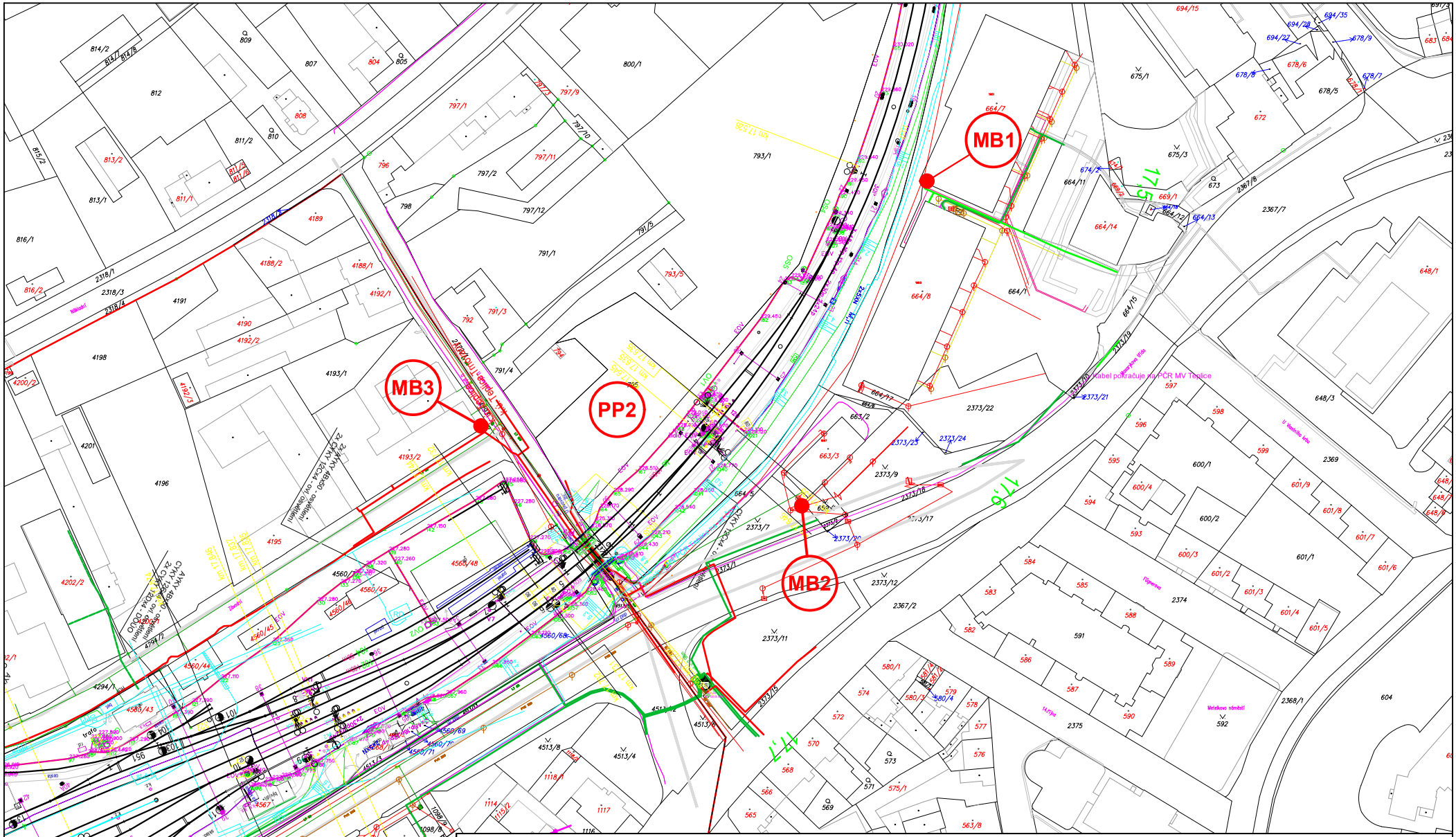
Mapy oblasti s vyznačenými měřenými místy, fotografie



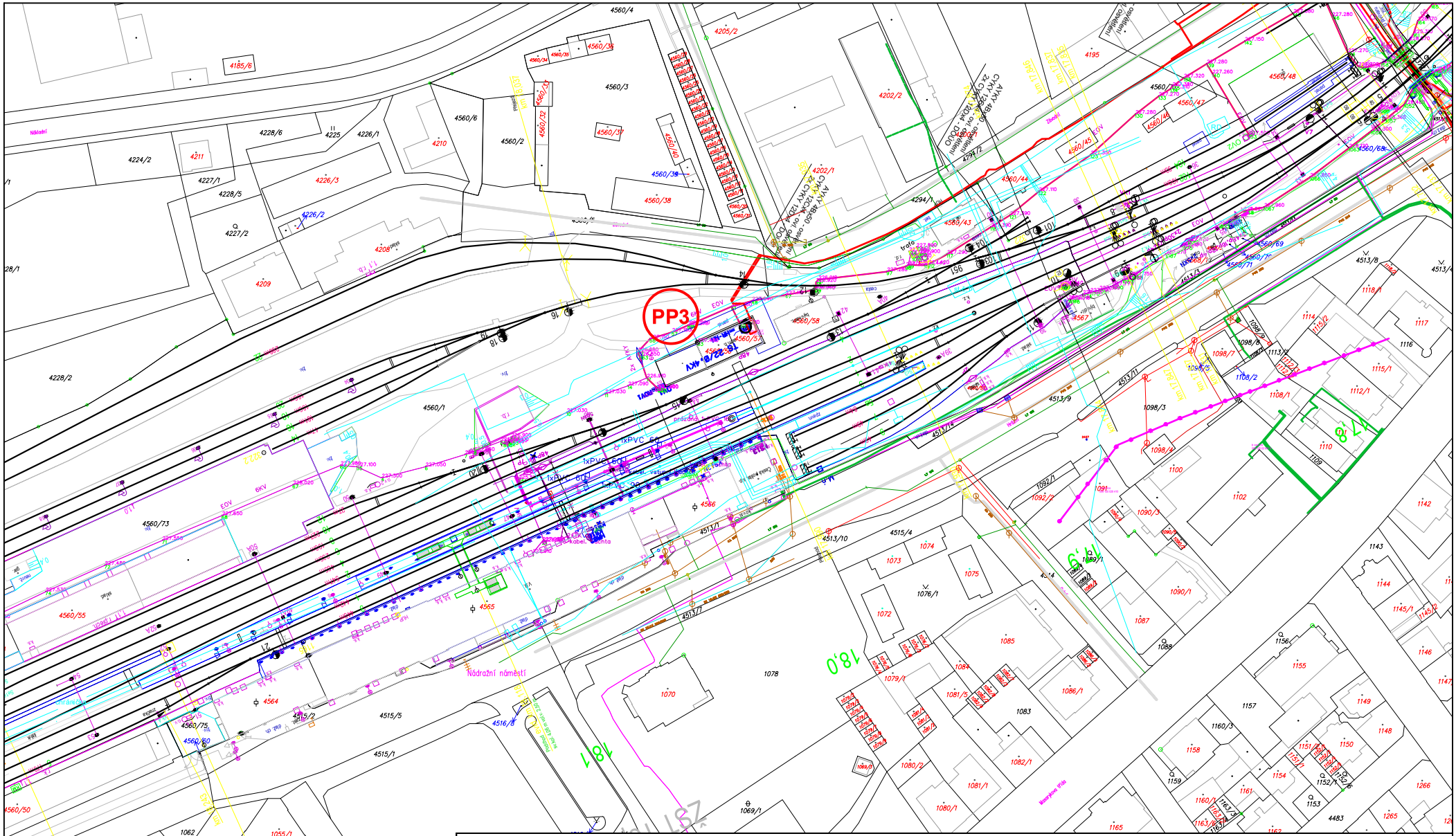
První korozní spol. s r.o. Londýnská 71, 120 00 Praha 2	Název: **Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 - 18,000 trati Ústí nad Labem - Most** **Přehledná mapa měřených bodů**			Číslo zakázky: **2016 D 27**
Navrhl, vypracoval / podpis: **Pavel Rada**	Kontroloval / podpis: **Milan Janeček**			Datum: **07. 11. 2016**
Měřítko: **Bez měřítka**	Formát / Počet A4: **A4 / 1**	Soubor: Mapa MB.dwg		Číslo výkresu: **PK-16-27-01**



První korozní spol. s r.o. Londýnská 71, 120 00 Praha 2	Název: **Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 - 18,000 trati Ústí nad Labem - Most** **Situace měřených bodů (1/3)**			Číslo zakázky: **2016 D 27**
Navrhl, vypracoval / podpis: **Pavel Rada**	Kontroloval / podpis: **Milan Janeček**			Datum: **07. 11. 2016**
Měřítko: **Bez měřítka**	Formát / Počet A4: **A4 / 1**	Soubor: Mapa MB.dwg		Číslo výkresu: **PK-16-27-02**



První korozní spol. s r.o. Londýnská 71, 120 00 Praha 2	Název: **Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 - 18,000 trati Ústí nad Labem - Most** **Situace měřených bodů (2/3)**		Číslo zakázky: **2016 D 27**
Navrhl, vypracoval / podpis: **Pavel Rada**	Kontroloval / podpis: **Milan Janeček**		Datum: **07. 11. 2016**
Měřítko: **Bez měřítka**	Formát / Počet A4: **A4 / 1**	Soubor: Mapa MB.dwg	Číslo výkresu: **PK-16-27-03**



První korozní spol. s r.o. Londýnská 71, 120 00 Praha 2	Název: **Rekonstrukce železničního svršku v km 17,200 - 18,000 trati Ústí nad Labem - Most** **Situace měřených bodů (3/3)**			Číslo zakázky: **2016 D 27**
				Datum: **07. 11. 2016**
Navrhl, vypracoval / podpis: **Pavel Rada**	Kontroloval / podpis: **Milan Janeček**	Měřítko: **Bez měřítka**	Formát / Počet A4: **A4 / 1**	Soubor: Mapa MB.dwg
				Číslo výkresu: **PK-16-27-04**

PP1, km 17,2, začátek úseku, u kolejí

PP2, km 17,68, u viaduktu ul. U pivovaru

PP3, km 18,0, konec úseku, na okraji žst Teplice

MB1, km 17,52, HUP mezi obchody Penny a Kik

MB2, km 17,68, HUP ve zděném pilíři

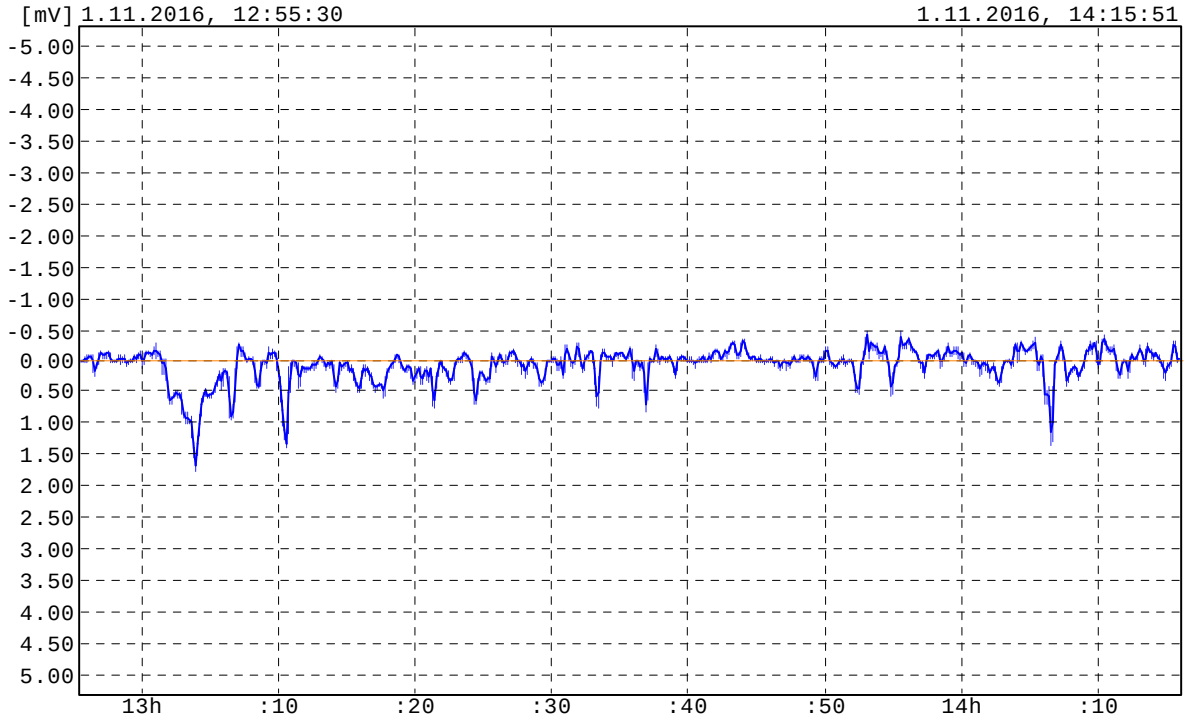
MB3, km 17,72, HUP zabudovaný ve zdi

Příloha II.

Protokoly a grafy z měření

Intenzity elektrického pole
Graf vektoru elektrického pole

PP1, km 17,2, začátek úseku, u kolejí
Intenzity elektrického pole - směr sever-jih



Intenzity elektrického pole - směr východ-západ

PROTOKOL Z MĚŘENÍ
intenzity elektrického pole - hustoty proudu v půdě

Místo měření : PP1, km 17,2, začátek úseku, u kolejí
Začátek měření : 01.11.2016 12:55:30
Konec měření : 01.11.2016 14:15:50

1.SOUBOR: PP1S.2KD
Plus pól : SEVER
Korodat číslo : 22

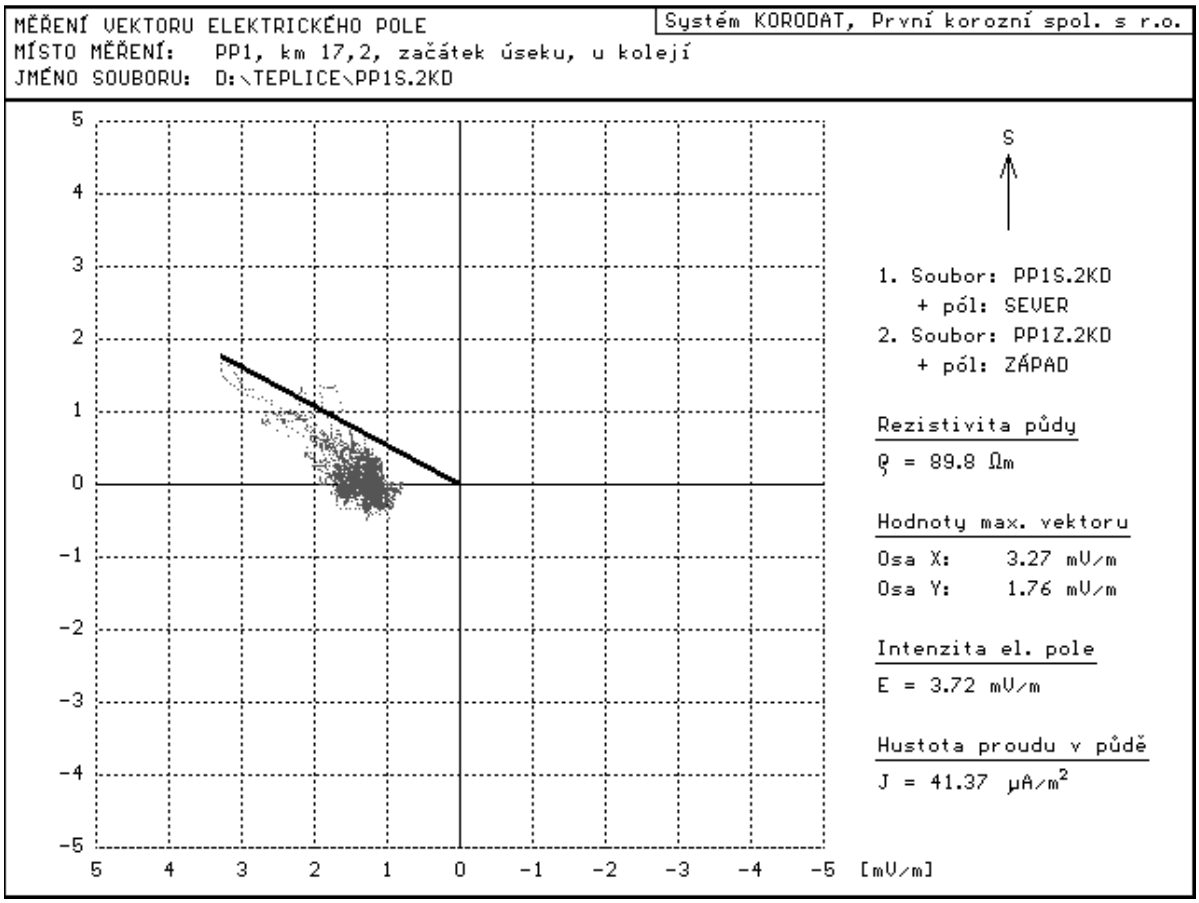
2.SOUBOR: PP1Z.2KD
Plus pól : ZÁPAD
Korodat číslo : 13

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 89.8 Ohm.m

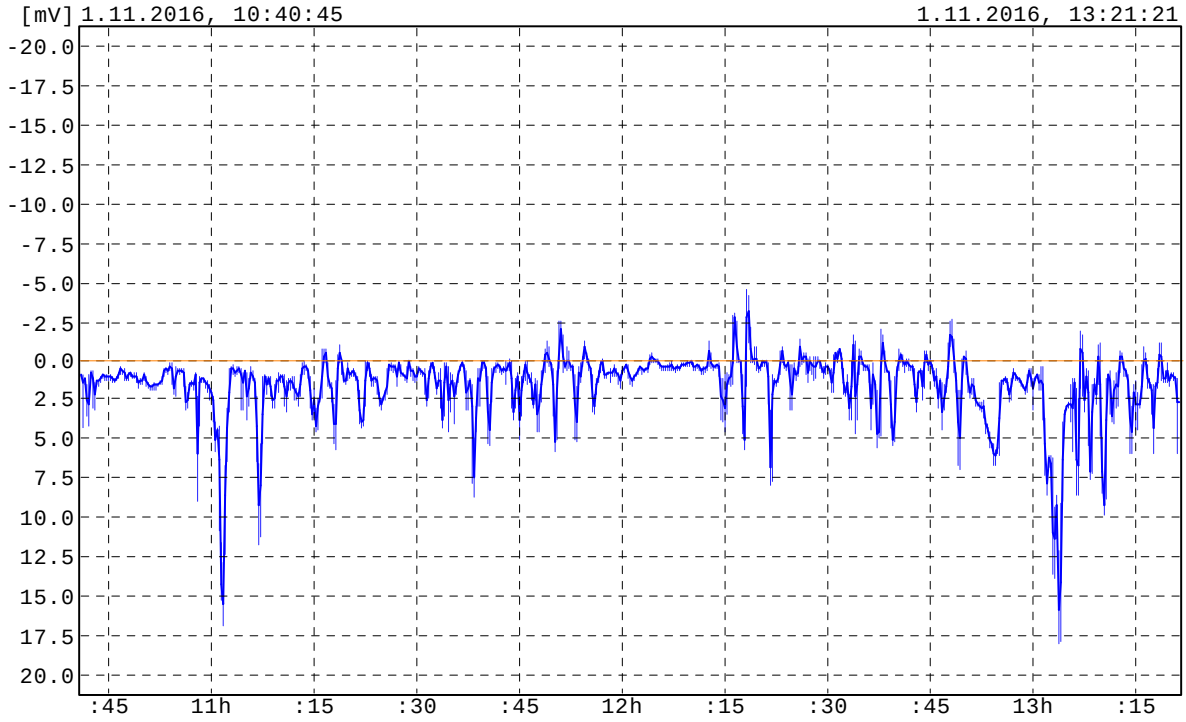
MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE
Osa X: 3.27 mV/m
Osa Y: 1.76 mV/m

MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE
E = 3.72 mV/m

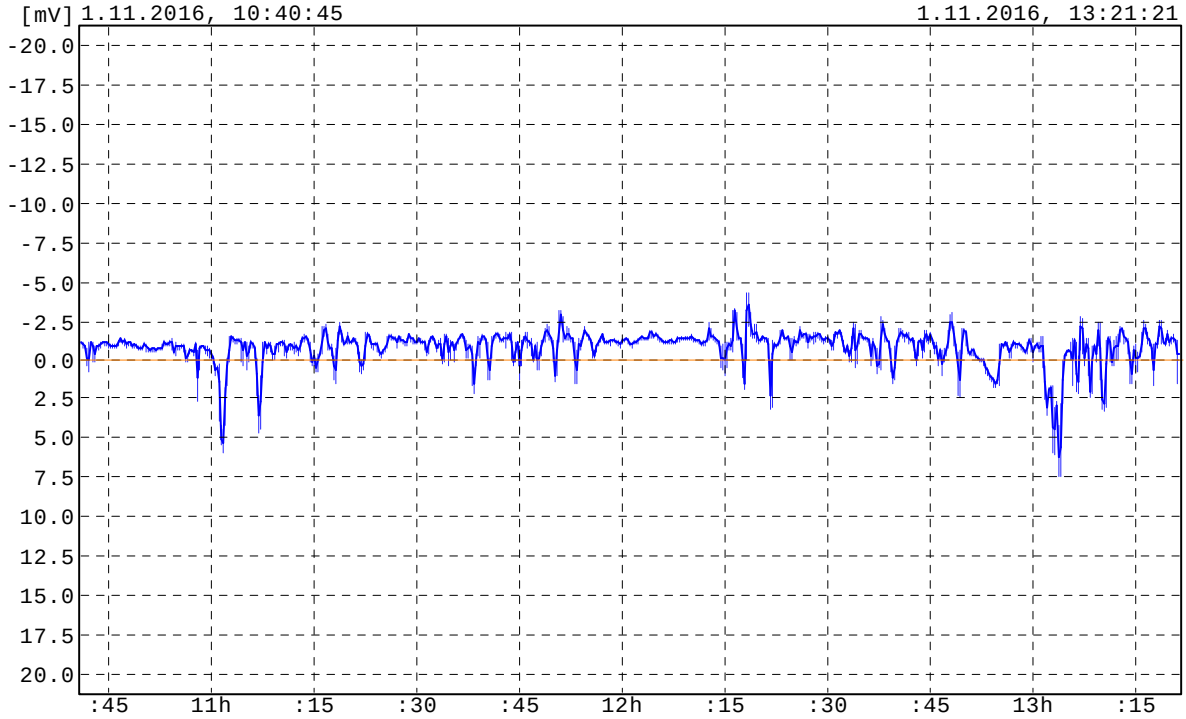
MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI
J = 41.37 uA/m2



PP2, km 17,68, u viaduktu ul. U pivovaru
Intenzity elektrického pole - směr sever-jih



Intenzity elektrického pole - směr východ-západ



PROTOKOL Z MĚŘENÍ
intenzity elektrického pole - hustoty proudu v půdě

Místo měření : PP2, km 17,68, u viaduktu ul. U pivovaru
Začátek měření : 01.11.2016 10:40:45
Konec měření : 01.11.2016 13:21:20

1.SOUBOR: PP2S.2KD
Plus pól : SEVER
Korodat číslo : 16

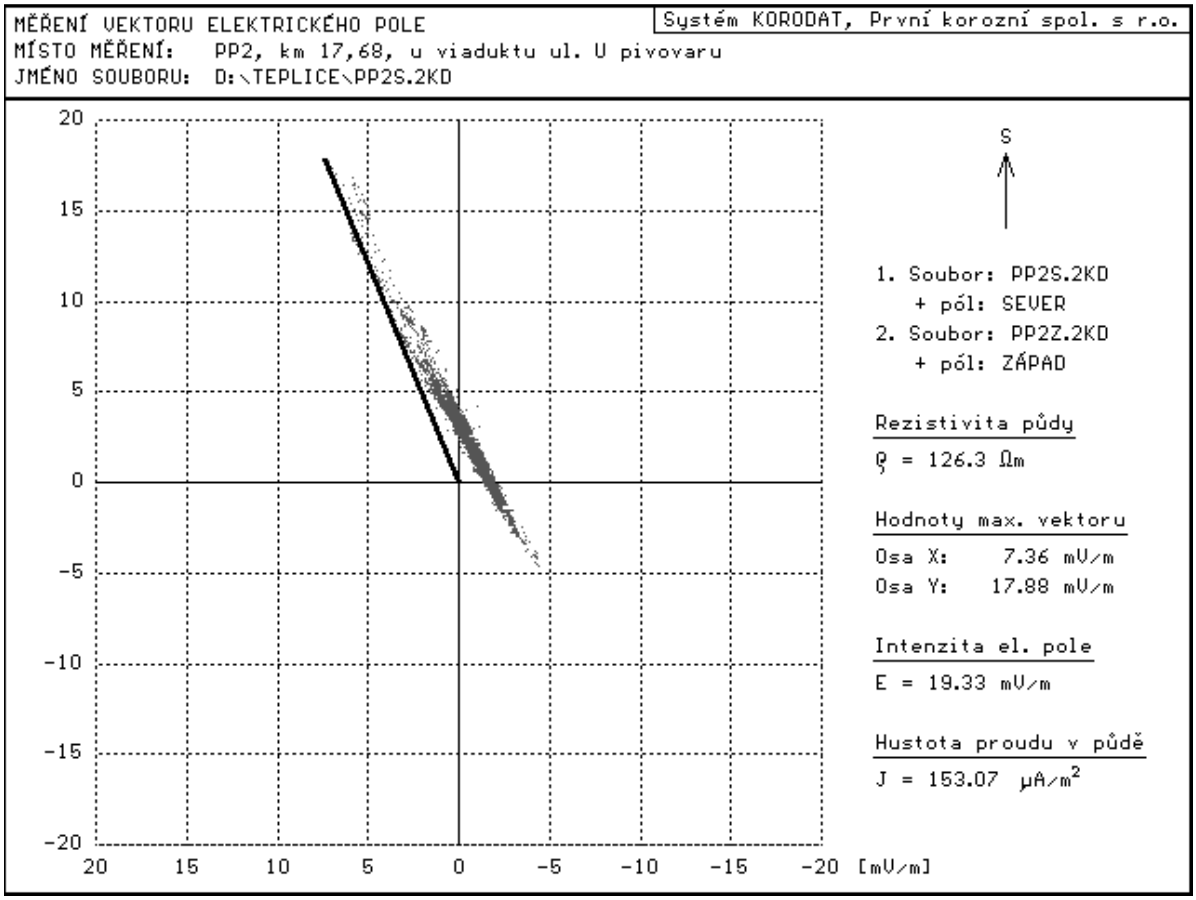
2.SOUBOR: PP2Z.2KD
Plus pól : ZÁPAD
Korodat číslo : 6

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 126.3 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE
Osa X: 7.36 mV/m
Osa Y: 17.88 mV/m

MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE
E = 19.33 mV/m

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI
J = 153.07 uA/m2



PP3, km 18,0, konec úseku, na okraji žst Teplice
Intenzity elektrického pole - směr sever-jih

Intenzity elektrického pole - směr východ-západ

PROTOKOL Z MĚŘENÍ
intenzity elektrického pole - hustoty proudu v půdě

Místo měření : PP3, km 18,0, konec úseku, na okraji žst Teplice
Začátek měření : 01.11.2016 09:57:17
Konec měření : 01.11.2016 12:10:14

1.SOUBOR: PP3S.2KD
Plus pól : SEVER
Korodat číslo : 22

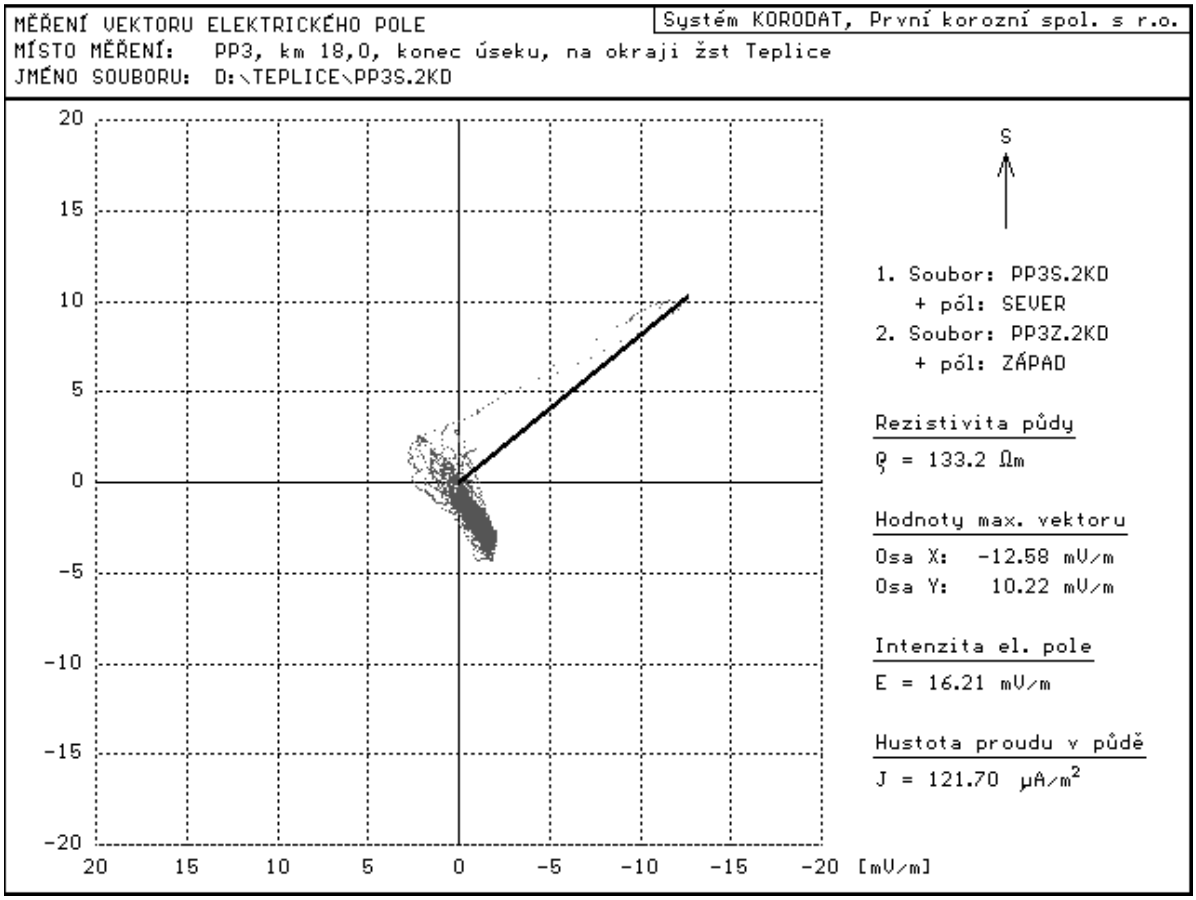
2.SOUBOR: PP3Z.2KD
Plus pól : ZÁPAD
Korodat číslo : 13

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 133.2 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE
Osa X: -12.58 mV/m
Osa Y: 10.22 mV/m

MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE
E = 16.21 mV/m

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI
J = 121.70 uA/m2



Příloha III.

Protokoly a grafy z měření

potenciálu potrubí – elektroda, proudu do ocelové elektrody

POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

Měření

Místo: MB1, km 17,52, HUP mezi obchody Penny a Kik

Začátek: 1.11.2016, 11:29:33

Konec: 1.11.2016, 12:00:25

Soubor: d:\Korodat.CZ\Teplice\MB1-HUP Kik.1kk

Statistika

Průměrná hodnota ..... -0.49V

Minimální hodnota ..... -0.53V

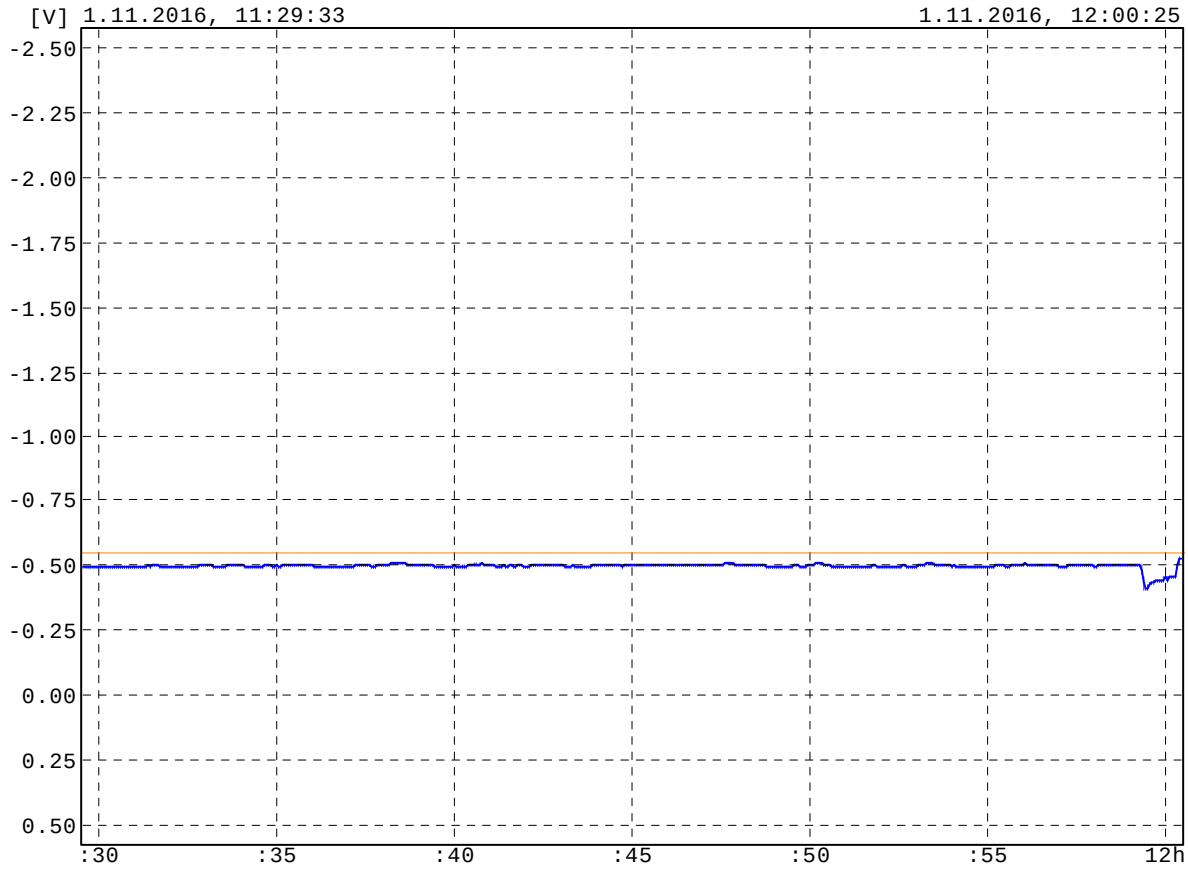
Maximální hodnota ..... -0.41V

Limitní hodnota.....-0.55

Nad hranicí 0.0%/-

Pod hranicí..... 100.0%/-0.49V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

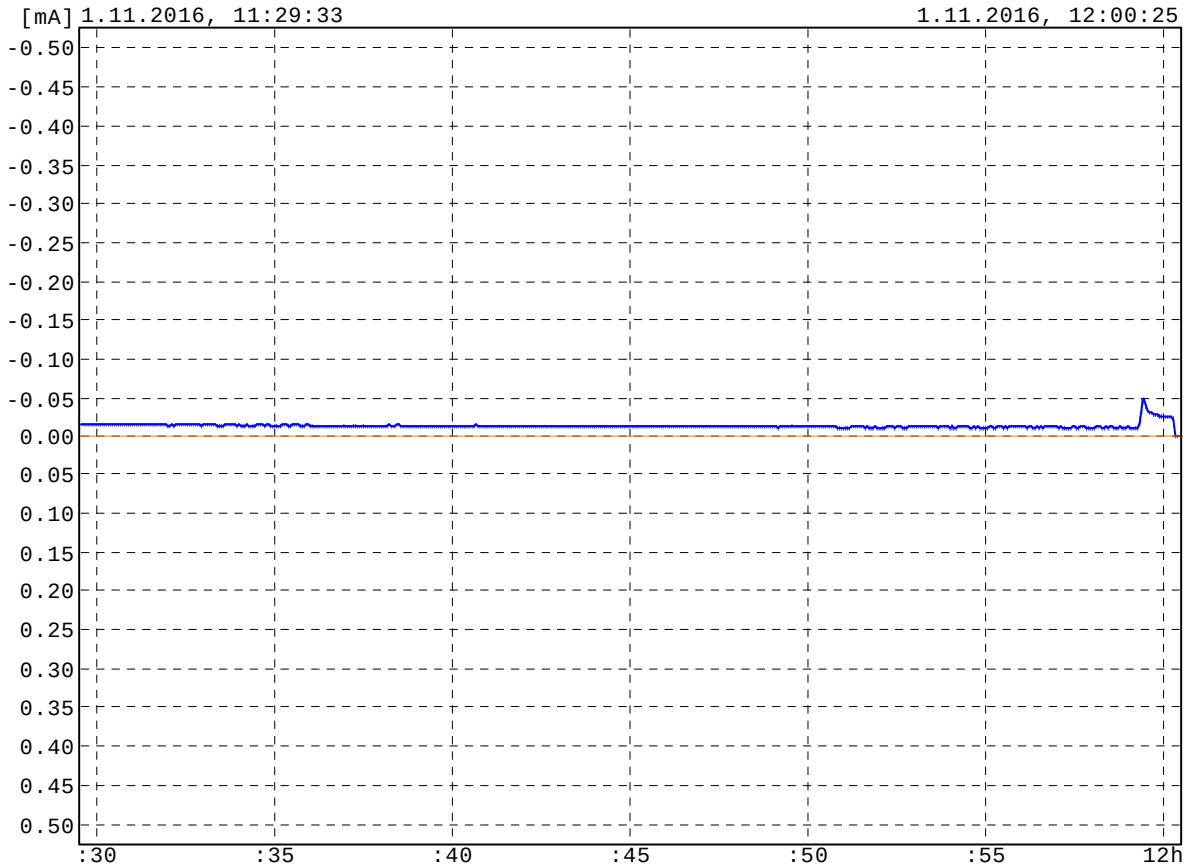
Měření

Místo:	MB1, km 17,52, HUP mezi obchody Penny a Kik		
Záznamník:	KD5.1/503	Kanál:	2: 12 bit, -+4.50mA
Začátek:	1.11.2016, 11:29:33	Perioda:	1s
Konec:	1.11.2016, 12:00:25	Počet hodnot:	1852
Soubor:	d:\Korodat.CZ\Teplice\MB1-HUP Kik.2kk		

Statistika

Průměrná hodnota	-0.01mA	Limitní hodnota	0.00
Minimální hodnota	-0.05mA	Vstupuje	100.0%/-0.01mA
Maximální hodnota	0.00mA	Vystupuje	0.0%/-

Grafické zobrazení



POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

Měření

Místo: MB2, km 17,68, HUP ve zděném pilíři

Začátek: 1.11.2016, 10:56:32

Konec: 1.11.2016, 13:32:31

Soubor: d:\Korodat.CZ\Teplice\MB2-HUP zděný.1kk

Statistika

Průměrná hodnota ..... -0.42V

Minimální hodnota ..... -2.03V

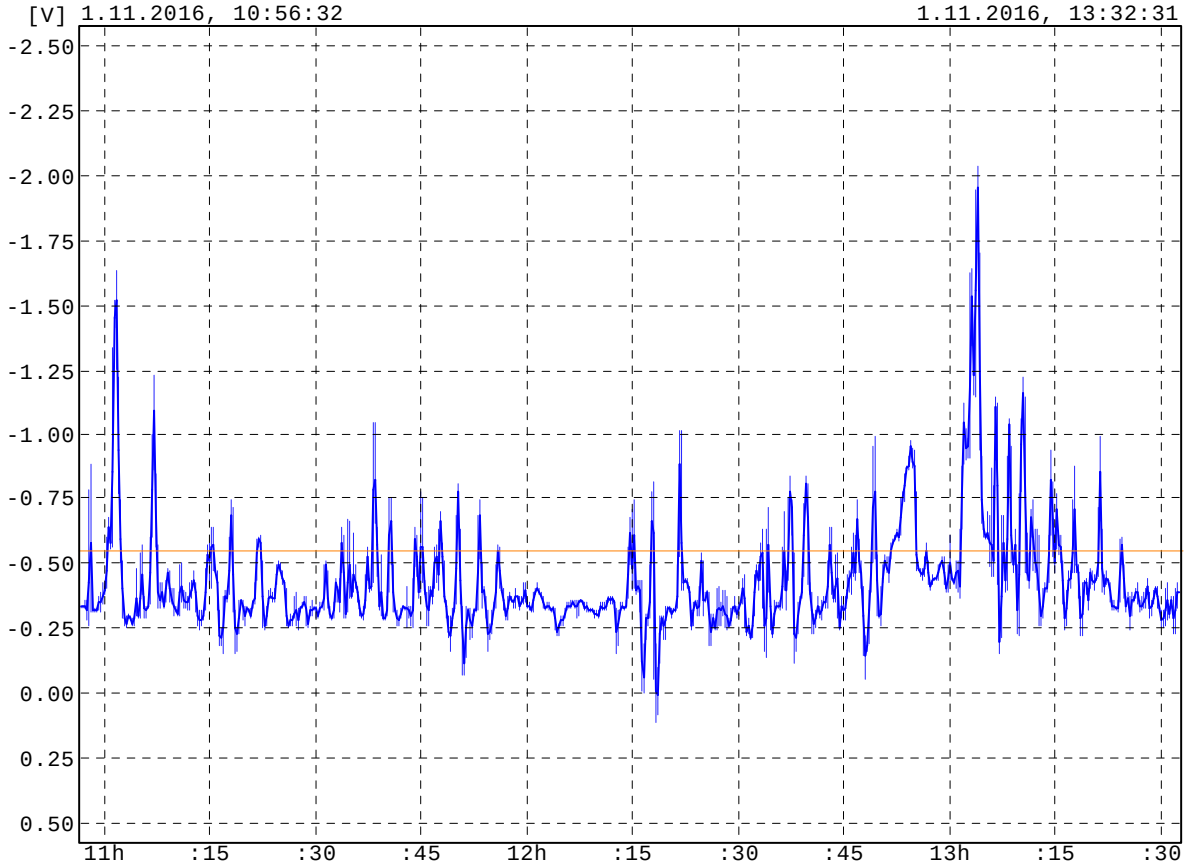
Maximální hodnota 0.11V

Limitní hodnota.....-0.55

Nad hranicí 17.1%/-0.78V

Pod hranicí..... 82.9%/-0.35V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

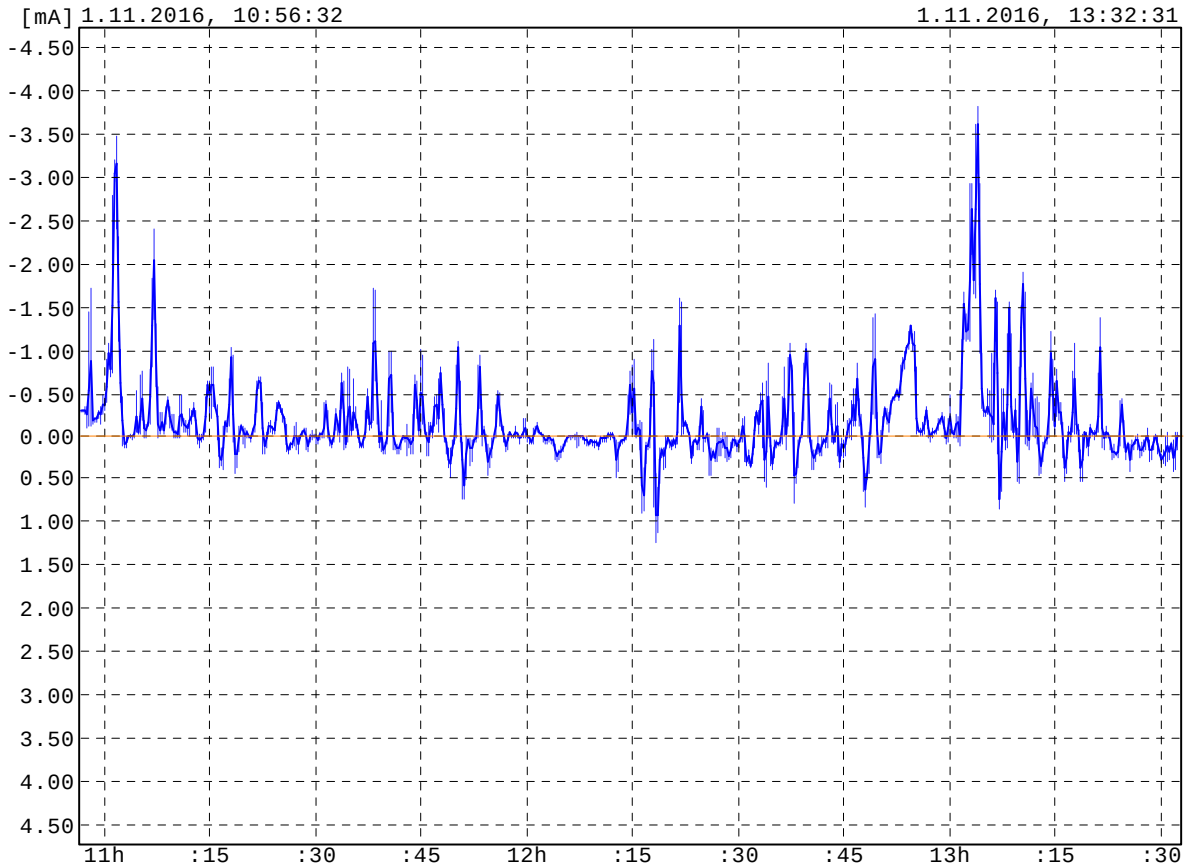
Měření

Místo:	MB2, km 17,68, HUP ve zděném pilíři		
Záznamník:	KD5.1/521	Kanál:	2: 12 bit, -+4.50mA
Začátek:	1.11.2016, 10:56:32	Perioda:	1s
Konec:	1.11.2016, 13:32:31	Počet hodnot:	9359
Soubor:	d:\Korodat.CZ\Teplice\MB2-HUP zděný.2kk		

Statistika

Průměrná hodnota	-0.16mA	Limitní hodnota	0.00
Minimální hodnota	-3.83mA	Vstupuje	56.5%/-0.40mA
Maximální hodnota	1.22mA	Vystupuje	43.5%/0.15mA

Grafické zobrazení



POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

Měření

Místo: MB3, km 17,72, HUP zabudovaný ve zdi

Začátek: 1.11.2016, 10:26:06

Konec: 1.11.2016, 13:13:51

Soubor: d:\Korodat.CZ\Teplice\MB3-HUP ve zdi.1kk

Statistika

Průměrná hodnota ..... -0.54V

Minimální hodnota ..... -1.87V

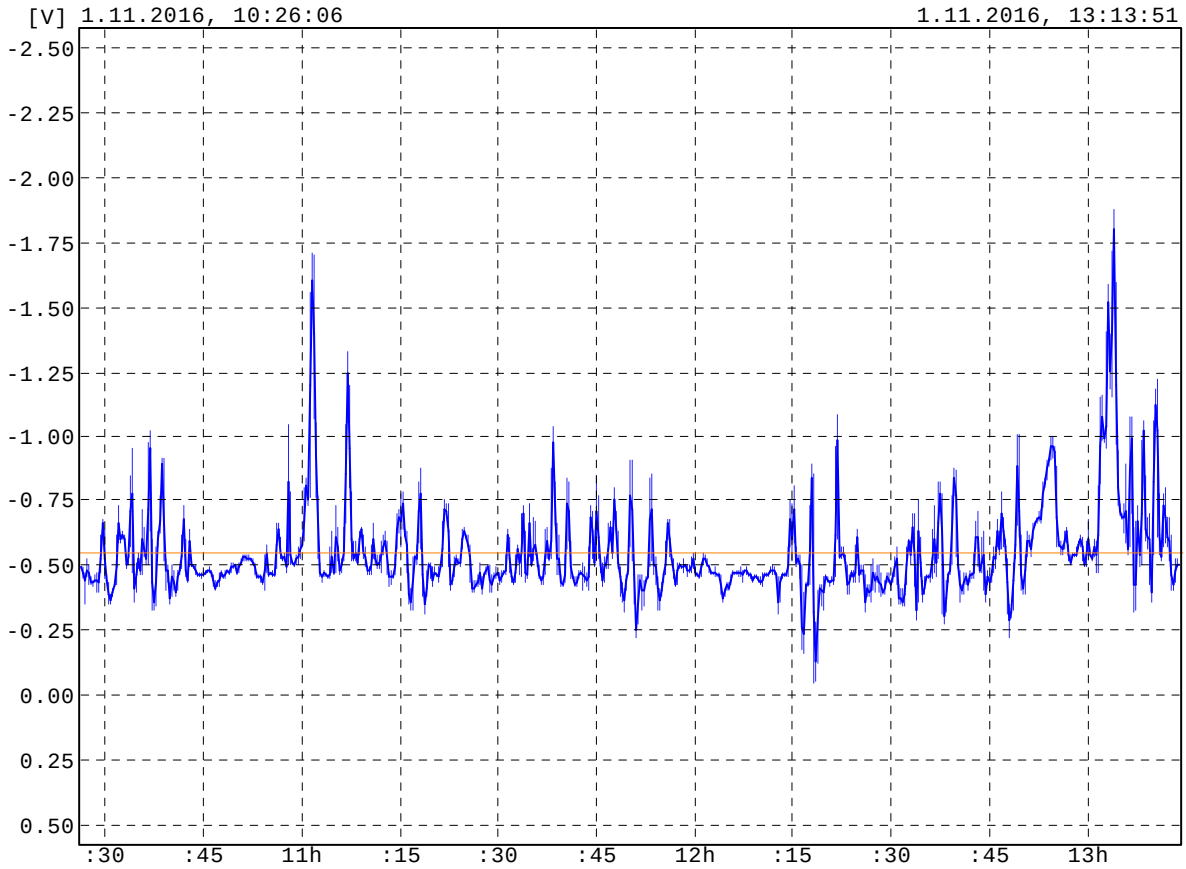
Maximální hodnota ..... -0.05V

Limitní hodnota.....-0.55

Nad hranicí 31.9%/-0.72V

Pod hranicí 68.1%/-0.45V

Grafické zobrazení

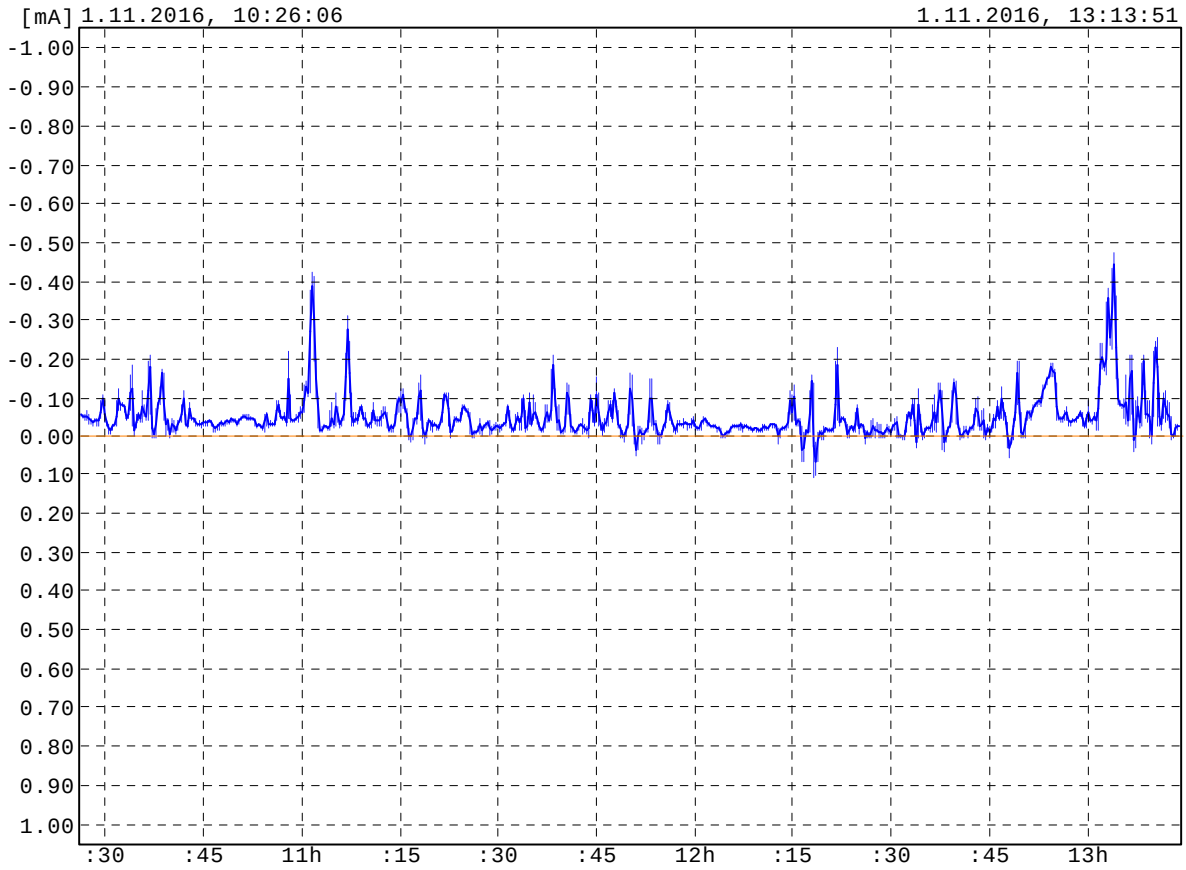


PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

Měření

Místo:	MB3, km 17,72, HUP zabudovaný ve zdi		
Záznamník:	KD5.1/502	Kanál:	2: 12 bit, -+4.50mA
Začátek:	1.11.2016, 10:26:06	Perioda:	1s
Konec:	1.11.2016, 13:13:51	Počet hodnot:	10065
Soubor:	d:\Korodat.CZ\Teplice\MB3-HUP ve zdi.2kk		

Statistika

Průměrná hodnota .....-0.05mA	Limitní hodnota..... 0.00
Minimální hodnota .....-0.47mA	Vstupuje 95.8%/-0.05mA
Maximální hodnota 0.11mA	Vystupuje 4.2%/0.02mA

Grafické zobrazení