

První korozní
spol. s r.o.

B.4.1 Korozní průzkum

Kolejové úpravy v žst. Žďár nad Sázavou



První korozní
spol. s r.o.

Londýnská 71
120 00 Praha 2

B.4.1 Korozní průzkum

Kolejové úpravy v žst. Žďár nad Sázavou

Zprávu vypracoval: Pavel Rada, Milan Janeček
První korozní spol. s r.o.
Londýnská 71
120 00 Praha 2
Mobil: +420 603 461 707

Srpen 2017

Zak. č. 2017 D 13

Obsah

1. ÚVOD	4
2. PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ	4
3. POPIS SITUACE V OBLASTI ŽST. ŽĎÁR NAD SÁZAVOU	4
4. POSTUP PRACÍ A MĚŘÍCÍ TECHNIKA	4
5. MĚŘENÍ NA MOSTNÍCH OBJEKTECH	5
5.1 MĚŘENÍ REZISTIVITY PŮDY	6
5.2 REGISTRAČNÍ MĚŘENÍ INTENZITY ELEKTRICKÉHO POLE V ZEMI	7
6. REGISTRAČNÍ MĚŘENÍ POTENCIÁLU POTRUBÍ – ELEKTRODA.....	8
7. REGISTRAČNÍ MĚŘENÍ PROUDU DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 CM²	8
8. CELKOVÉ HODNOCENÍ KOROZNÍ SITUACE	9
9. ZÁVĚR.....	10

Přílohy:

- I. Situace oblasti s vyznačenými měřeními místy, fotografie..... (3× A4)
- II. Protokoly a grafy z měření elektrického pole u mostních objektů (5× A4)
- III. Protokoly a grafy z měření na inženýrských sítích (5× A4)

1. Úvod

Korozní průzkum byl proveden na základě objednávky č.30/17/02 ze dne 13.7.2017 od DMC Havlíčkův Brod s.r.o. Zhotovitel je První korozní spol. s r.o.

Zhotovitel zajistil pro akci „Kolejové úpravy v žst. Žďár nad Sázavou“ korozní průzkum v dané oblasti. Korozní měření se soustředilo na vytipované mostní objekty a na kovové podzemní konstrukce (horkovod a vodovod). Práce byly prováděny v srpnu 2017.

2. Přehled výchozích podkladů

Objednatel poskytl k vypracování korozního průzkumu především následující podklady:

- Elektronická situace (PDF) v měřítku 1 : 500
 - Přehledná situace (PDF)
 - Situaci oblasti v digitální podobě (DWG)
 - Vytipování měřených mostních objektů a inženýrských sítí
 - Konzultace u objednatele, 2016
 - Korozní normy ČSN EN 12954, 13509, ČSN řady 03 83xx, zejména ČSN 03 8375, ČSN 03 8350 a související a TPG platné v plynárenském sektoru. ČSN EN15280 (03 8369) „Hodnocení pravděpodobnosti koroze střídavými proudy u potrubí uložených v půdě – Aplikace na katodicky chráněná potrubí“.
- TKP staveb ČD, kapitola 25, část 25 A – Ochrana proti elektrochemické korozi a předpis ČD SR 5/7 (S) a další.

3. Popis situace v oblasti žst. Žďár nad Sázavou

Mostní objekty, které jsou předmětem korozního průzkumu se nachází v prostoru železniční stanice Žďár nad Sázavou v cca km 87, na trati Brno – Havlíčkův Brod. Trať je elektrizovaná jednofázovou střídavou soustavou 22 kV, 50 Hz. Nejbližší napájecí stanice je ve směru na Brno v km 78,200 – Ostrov nad Oslavou, v opačném směru tj. na Havlíčkův Brod se nachází v km 101,100 spínací stanice – Ronov nad Sázavou.

Veškerá měření jsou registrační a monitorují současnou korozní situaci s tím, že budou porovnaná s měřením po stavebních úpravách v žst. Žďár nad Sázavou, aby mohlo být posouzeno, jestli došlo ke změně korozní situace.

4. Postup prací a měřicí technika

K registračnímu měření byl použit systém KORODAT, pro konkrétní měření byly použity záznamníky KD-5. Záznamník KD-5 je mikroprocesorem řízený elektronický záznamník, který umožňuje dlouhodobé synchronní měření a záznam stejnosměrných a střídavých elektrických napětí. Maximální doba měření je závislá na intervalu ukládání dat, kompresním poměru a kapacitě napájecí baterie. Obvyklá doba měření je 2 až 14 dní při periodě ukládání

1 s. Záznamník umožňuje měřit potenciál potrubí - elektroda a ochranný proud přes externí bočník a dále analogické střídavé veličiny. Elektronický záznamník KORODAT má vysoký vstupní odpor, pro střídavá měření používá pro detekci 50 Hz složky pásmový filtr. To znamená, že vyhodnocuje střídavou složku 40 až 60 Hz, vyšší kmitočty potlačuje.

Systém KORODAT sestává z elektronického záznamníku, servisního modulu s LCD displejem pro indikaci měřených hodnot, osobního počítače a speciálního programového vybavení. Komunikace se záznamníkem KDORODAT se uskutečňuje pomocí přenosného počítače (notebooku) přes sériovou linku RS-232. Pro vyhodnocení měřených hodnot bylo použito speciální programové vybavení, zpracované výstupy z měření byly exportovány do textového editoru Microsoft Word.

Na měřící místa, redukováná podle požadavku objednatele místa uvedená v *příloze I.*, byly instalovány záznamníky KORODAT, které registrovaly:

- potenciál potrubí – elektroda nebo potenciál železobetonová armatura – elektroda
- proud do ocelové elektrody 100 cm²
- napětí mezi elektrodami při měření intenzity elektrického pole

Záznamníky byly nastaveny na stejnosměrná měření 1. resp. 2. kanálem, rozsahy ± 20 V resp. ± 100 mV. Druhý kanál se vstupním rozsahem ± 100 mV, byl použit pro měření proudu pomocí bočníků s rozsahem podle situace v daném místě (± 1 mA až 21,3 mA). Perioda měření byla 1 s. Potenciál byl měřen proti přenosným měděným referenčním elektrodám Cu/CuSO₄, vstupující proud byl měřen pomocí přenosných ocelových elektrod s plochou 100 cm². Na měřených místech nebyla k dispozici trvalá měřící sonda, která by byla patřičně zpolarizována. Z tohoto důvodu je na některých grafech vidět pokles měřené veličiny – polarizace přenosné elektrody. Délka registračního měření byla přizpůsobena možnostem na jednotlivých měřících místech. V protokolech i grafech reprezentují záporné hodnoty příznivý stav – záporný proud do ocelové elektrody ukazuje na proud vstupující do potrubí. Pro vyhodnocení stejnosměrných měření je použita konvence stejného znaménka pro zapínací potenciál a ochranný proud měřený přes ocelové elektrody. Pokud proud do potrubí nebo jiné konstrukce vstupuje má znaménko minus (-).

5. Měření na mostních objektech

Na dvou mostních objektech vytipovaných ve spolupráci s objednatelem byla prováděna následující korozní měření:

- Měření rezistivity půdy
- Měření intenzity elektrického pole a výpočet hustoty proudu v půdě

5.1 Měření rezistivity půdy

U vytipovaných mostních objektů byla měřena rezistivita půdy. Měření bylo prováděno čtyřelektrodovou Wennerovou metodou s digitálním přístrojem Tellurom C.A 2. Měřicí metoda je podrobně popsána v ČSN 03 8363: "Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Měření zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou". Při měření byla použita rozteč elektrod 2 m.

Rezistivita půdy je dána vztahem:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad [\Omega\text{m}] \quad (1)$$

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 měřena v místech měření proudového pole a naměřené hodnoty se použily při výpočtech hustoty proudového pole. Rezistivita byla měřena u dvou mostních objektů. Agresivita prostředí podle ČSN 03 8375 byla zjištěna následující:

Měření rezistivity půdy do hloubky 2 m:

Poř. č.	Směr	Odpor [Ω]	Rezistivita [Ωm]	Stupeň agresivity	Průměrná Rezistivita [Ωm]
PP1	S-J	9,1	114,4	I. velmi nízká	113,7
	V-Z	9,0	113,1	I. velmi nízká	
PP2	S-J	8,4	105,6	I. velmi nízká	100,5
	V-Z	7,6	95,5	II. střední	

5.2 Registrační měření intenzity elektrického pole v zemi

U dvou vytipovaných mostních objektů bylo měřeno proudové pole. Měření bylo prováděno pomocí tří referenčních elektrod Cu/CuSO_4 uložených v půdě v navzájem kolmých směrech ve vzdálenosti 5 až 8 m. Napětí mezi elektrodami bylo měřeno a 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 strany: sever – jih a východ – západ.

Intenzita elektrického pole je dána vztahem

$$E = U / L \quad [\text{mV/m, mV, m}],$$

kde:

U je napětí mezi elektrodami,

L je vzdálenost elektrod

Hustota proudového pole je dána vztahem

$$J = E / \rho \quad [\text{mA/m}^2, \text{mV/m, } \Omega\text{m}].$$

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 [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]
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 **dvou místech** vyznačených na "situaci měřených bodů" (v příloze I.) označených PP1 a PP2. Přehled základních výsledků a agresivita prostředí podle ČSN 03 8375 je v následující tabulce.

Poř. č.	Popis místa	Max. intenzita el. pole [mV/m]	Max. hustota proud. pole [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]	Agresivita prostředí podle ČSN 03 8375
PP1	Most km 96,998 (východní, blíž k žst.)	3,76	33,03	III. – Zvýšená
PP2	PP2, Most km 87,025 (západní, dál od žst.)	1,89	18,84	III. – Zvýšená

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

6. Registrační měření potenciálu potrubí – elektroda

V rámci korozního průzkumu v okolí žst. Žďár nad Sázavou (křížení nebo souběh s kolejí ČD), bylo provedeno registrační měření na ocelových potrubích. Potenciál byl měřen registračně na dvou místech.

Poř. č.	Popis místa	Prům. potenciál [V]	Prům. proud do OC el. [mA]
MB1	Horkovod u mostu km 86,998	-0,42	-0,09
MB2	Vodovod pod mostem km 87,025	-0,46	-0,09

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

7. Registrační měření proudu do ocelové elektrody 100 cm²

Na stejných místech uvedených v tabulce v předchozí kapitole byly měřeny i proudy vstupující/vystupující do/z obou kovových konstrukcí přes ocelové elektrody o ploše 100 cm² 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 je tomu naopak. V obou případech byly zjištěny vstupující proudy, které mají příznivý vliv na kovové konstrukce. Průměrné proudy do ocelových elektrod jsou uvedeny v tabulce v předešlé kapitole. Protokoly a grafy z měření proudů jsou v příloze č. III.

8. Celkové hodnocení korozní situace

Celkem bylo v okolí žst. Žďár nad Sázavou provedeno:

- 2 stejnosměrná měření potenciálu potrubí – elektroda na horkovodu a vodovodu
- 2 stejnosměrná měření proudu do ocelové elektrody 100 cm² na horkovodu a vodovodu
- 2 měření intenzity elektrického pole v zemi u dvou mostních objektů
- 4 měření rezistivity půdy

Požadovaná měřená místa byla registračně proměřena – výsledky korozního průzkumu jsou shrnuty do přehledných tabulek v příslušných kapitolách. Podrobné protokoly a grafy jsou uvedeny v *Přílohách II., III. a V.* Z naměřených hodnot je patrné, že daná oblast žst. Žďár nad Sázavou není pod vlivem stejnosměrných bludných proudů.

Mostní objekty

Z výsledků měření mostních objektů vyplývá, že dva měřené mosty se nacházejí zejména z hlediska hustoty proudu v půdě v prostředí stupně III. - zvýšená agresivita. Podrobněji je situace popsána v kap. 5.2, kde je i tabulka hlavních naměřených hodnot, protokoly a grafy jsou v *příloze II.*

Inženýrské sítě

V dané oblasti se nachází ocelový horkovod a ocelový vodovod. Z korozního průzkumu vyplývá, že obě úložná zařízení nejsou aktivně chráněna, vykazují známky přizemnění a tudíž i méně patrné ovlivnění bludnými proudy. Potenciál potrubí – elektroda se pohybuje okolo hodnoty -0,42 resp. -0,46 V a proudy do ocelové elektrody jsou nízké a kolísají okolo průměrné hodnoty -0,09 mA. Protokoly a grafy jsou v *příloze III.*

9. Závěr

Během korozního průzkumu bylo provedeno měření na mostních objektech a vybraných ocelových podzemních konstrukcích v okolí žst. Žďár nad Sázavou. Výsledky měření jsou shrnuty do přehledných tabulek v příslušných kapitolách a do protokolů a grafů v *přílohách II. a III.*

Korozním měřením bylo prokázáno, že se v dané oblasti vyskytují slabé stejnosměrné bludné proudy. Celkovou agresivitu prostředí ve sledované oblasti lze hodnotit podle ČSN 03 8375 stupněm III. – zvýšená. Vyplývá to z hodnocení hustoty proudu v půdě, která dosahuje hodnot 18 resp. 33 $\mu\text{A}/\text{m}^2$. Z hlediska rezistivity půdy se jedná o stupeň agresivity I. velmi nízká až II. střední. Potenciálová a proudová měření na měřících bodech MB-1 a MB-2 nevykazují vliv bludných proudů na měřené konstrukce.

Pro jednotlivé profesní projektanty platí potřeba respektování příslušných norem zabývajících se protikorozní ochranou proti bludným proudům, tzn. zejména norem ČSN řady 03 83XX a příslušných ČSN EN. Připomínáme dále ČSN EN 50 162 „Ochrana před korozí bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav“, TKP staveb ČD, Kapitola 25 „Protikorozní ochrana úložných zařízení a konstrukcí“, část 25 A – 12/2000, předpis ČD SR 5/7 (S) „Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů“ a Technické podmínky TP 124 MD. Podle naměřených hodnot uvedených v přílohách této zprávy a citovaných předpisů lze volit příslušné stupně nebo druhy ochranných opatření.

Veškeré naměřené hodnoty jsou archivovány v První korozní spol. s r.o.

Příloha I.

Situace oblasti s vyznačenými měřenými místy, fotografie



Most km 87,025 (západní, dál od žst.)



Vodovod pod mostem km 87,025



Most km 96,998 (východní, blíž k žst.)



Horkovod u mostu km 86,998

Příloha II.

Protokoly a grafy z měření

Intenzity elektrického pole
Graf vektoru elektrického pole

PP1, Most km 96,998 (východní, blíž k žst.)
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, Most km 96,998 (východní, blíž k žst.)
Začátek měření : 03.08.2017 10:00:51
Konec měření : 03.08.2017 12:55:26

1.SOUBOR: PP1J.2KD
Plus pól : JIH
Korodat číslo : 910

2.SOUBOR: PP1Z.2KD
Plus pól : ZÁPAD
Korodat číslo : 22

Vzdálenost elektrod : 6.0 m
Rezistivita půdy : 113.7 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE

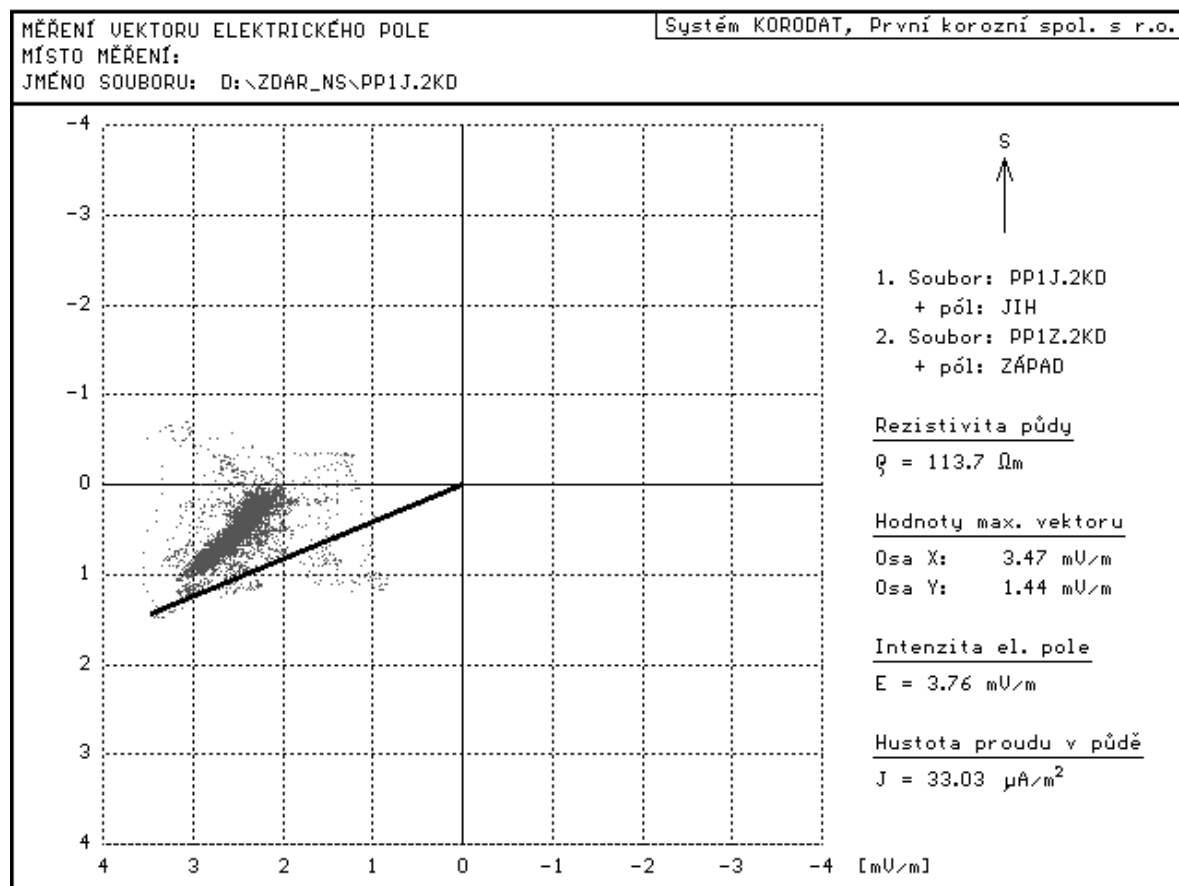
Osa X: 3.47 mV/m
Osa Y: 1.44 mV/m

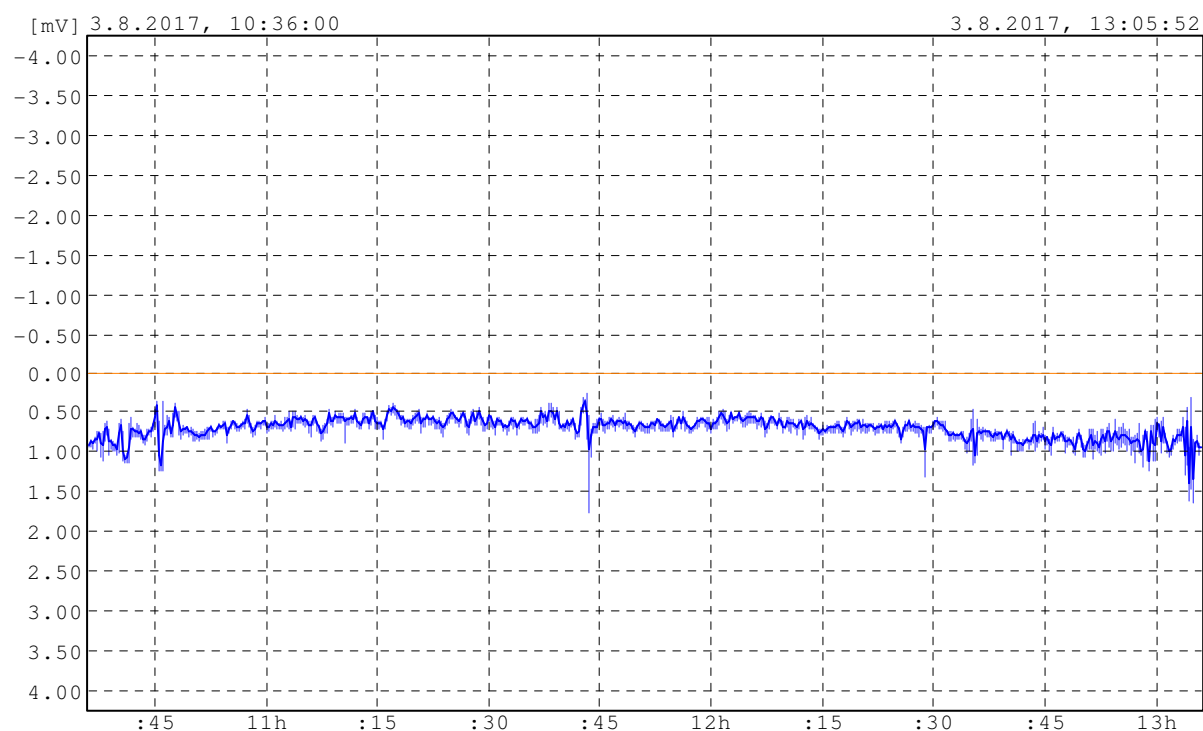
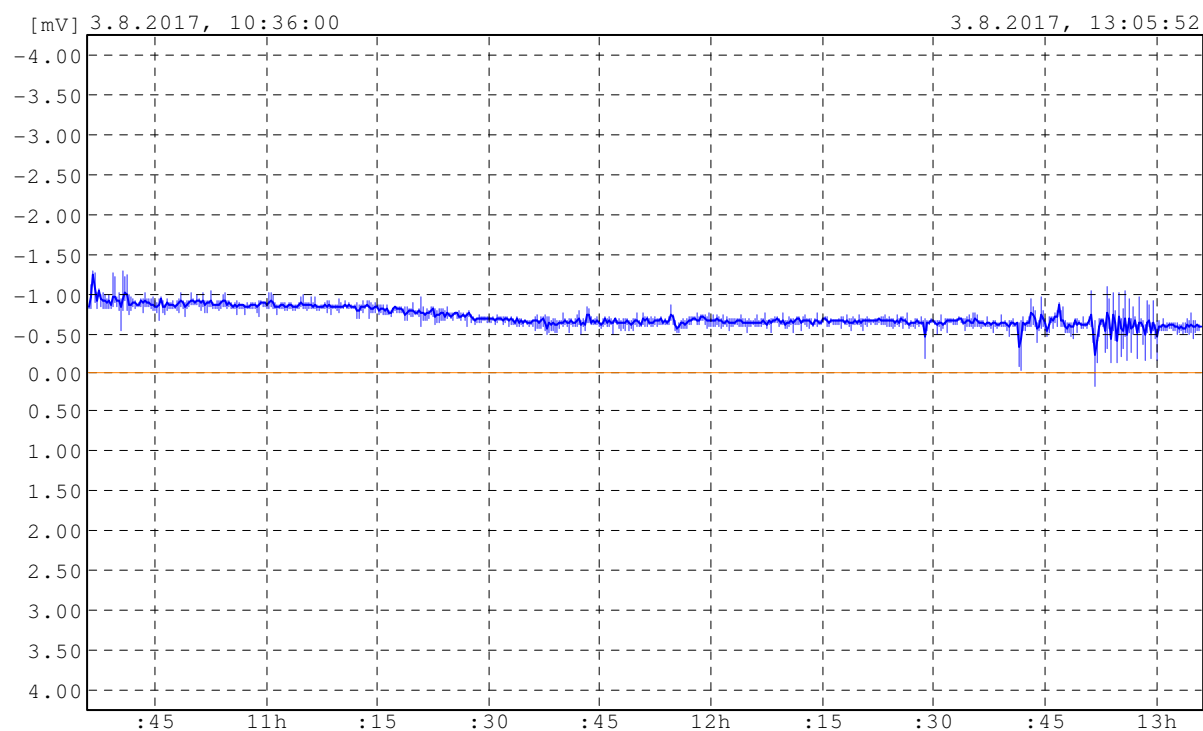
MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE

$E = 3.76 \text{ mV/m}$

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI

$J = 33.03 \text{ uA/m}^2$



PP2, Most km 87,025 (západní, dál od žst.)
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, Most km 87,025 (západní, dál od žst.)
Začátek měření : 03.08.2017 10:36:00
Konec měření : 03.08.2017 13:05:51

1.SOUBOR: PP2S.2KD

Plus pól : SEVER
Korodat číslo : 16

2.SOUBOR: PP2V.2KD

Plus pól : VÝCHOD
Korodat číslo : 8

Vzdálenost elektrod : 5.0 m
Rezistivita půdy : 100.5 Ohm.m

MAXIMÁLNÍ HODNOTY VEKTORU ELEKTRICKÉHO POLE

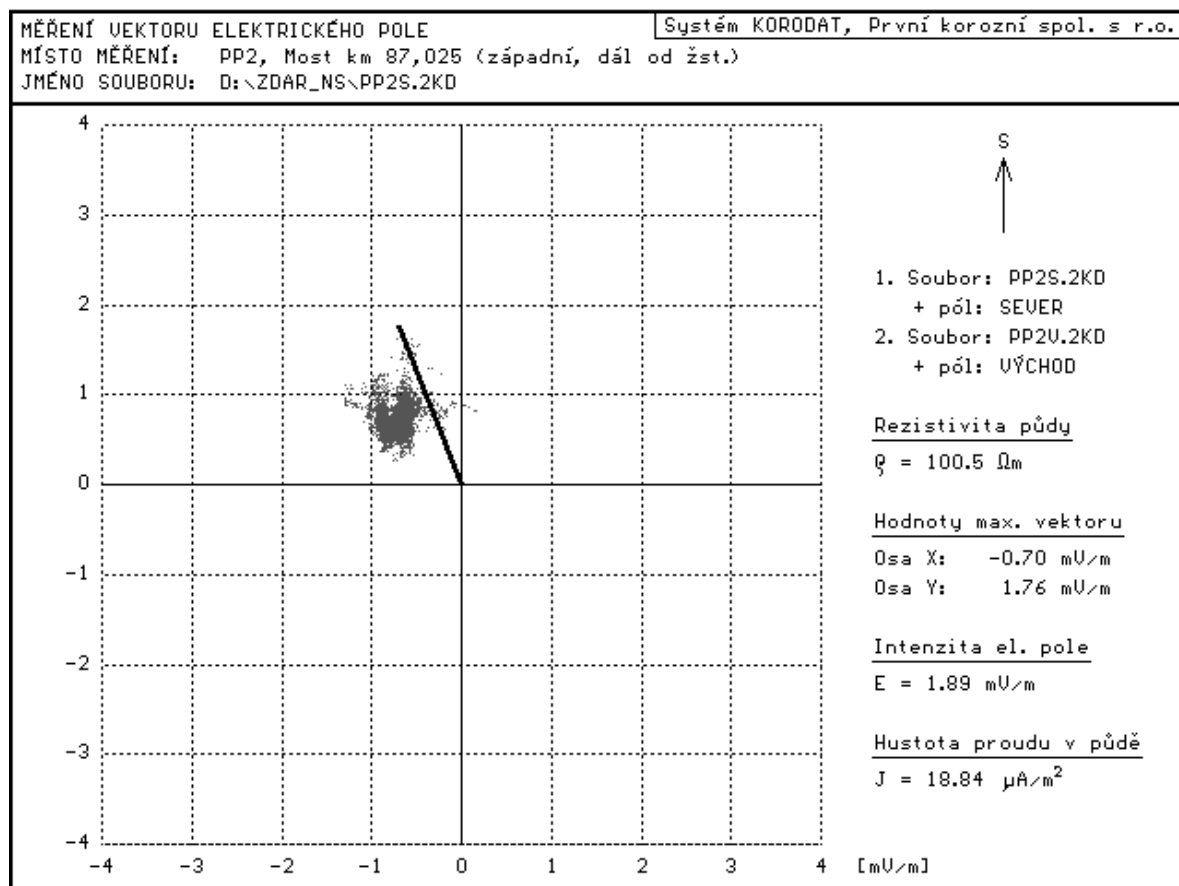
Osa X: -0.70 mV/m
Osa Y: 1.76 mV/m

MAXIMÁLNÍ INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE

$E = 1.89 \text{ mV/m}$

MAXIMÁLNÍ HUSTOTA PROUDU V PŮDĚ V CIZÍM PROUDOVÉM POLI

$J = 18.84 \text{ uA/m}^2$



Příloha III.

Protokoly a grafy z měření

**potenciálu potrubí – elektroda,
proudu do ocelové elektrody**

POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

Měření

Místo:	Horkovod u mostu v km 86,998		
Záznamník:	KD5.1/13	Kanál:	1: 12 bit, --+20.0V
Začátek:	3.8.2017, 11:00:49	Perioda:	1s
Konec:	3.8.2017, 13:01:11	Počet hodnot:	7222
Soubor:	d:\Korodat.CZ\Zdar_nS\Horkovod-.1kd		

Statistika

Průměrná hodnota	-0.42V	Limitní hodnota	-0.55
Minimální hodnota.....	-0.44V	Nad hranicí	0.0%/-
Maximální hodnota.....	-0.41V	Pod hranicí	100.0%/-0.42V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

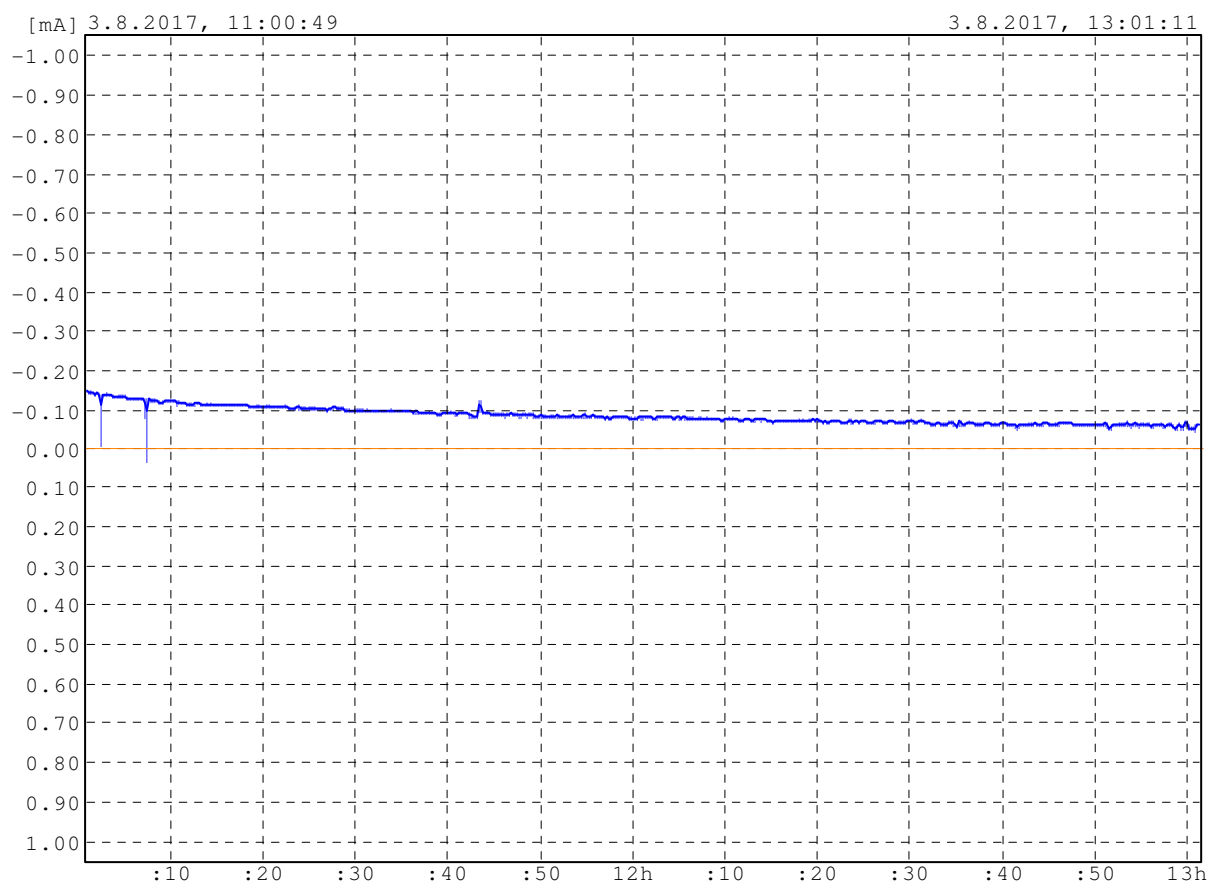
Měření

Místo:	Horkovod u mostu v km 86,998		
Záznamník:	KD5.1/13	Kanál:	2: 12 bit, --+4.50mA
Začátek:	3.8.2017, 11:00:49	Perioda:	1s
Konec:	3.8.2017, 13:01:11	Počet hodnot:	7222
Soubor:	d:\Korodat.CZ\Zdar_nS\Horkovod-.2kd		

Statistika

Průměrná hodnota	-0.09mA	Limitní hodnota	0.00
Minimální hodnota.....	-0.15mA	Vstupuje.....	99.9%/-0.09mA
Maximální hodnota.....	0.04mA	Vystupuje.....	0.1%/0.04mA

Grafické zobrazení



POTENCIÁL POTRUBÍ – ELEKTRODA

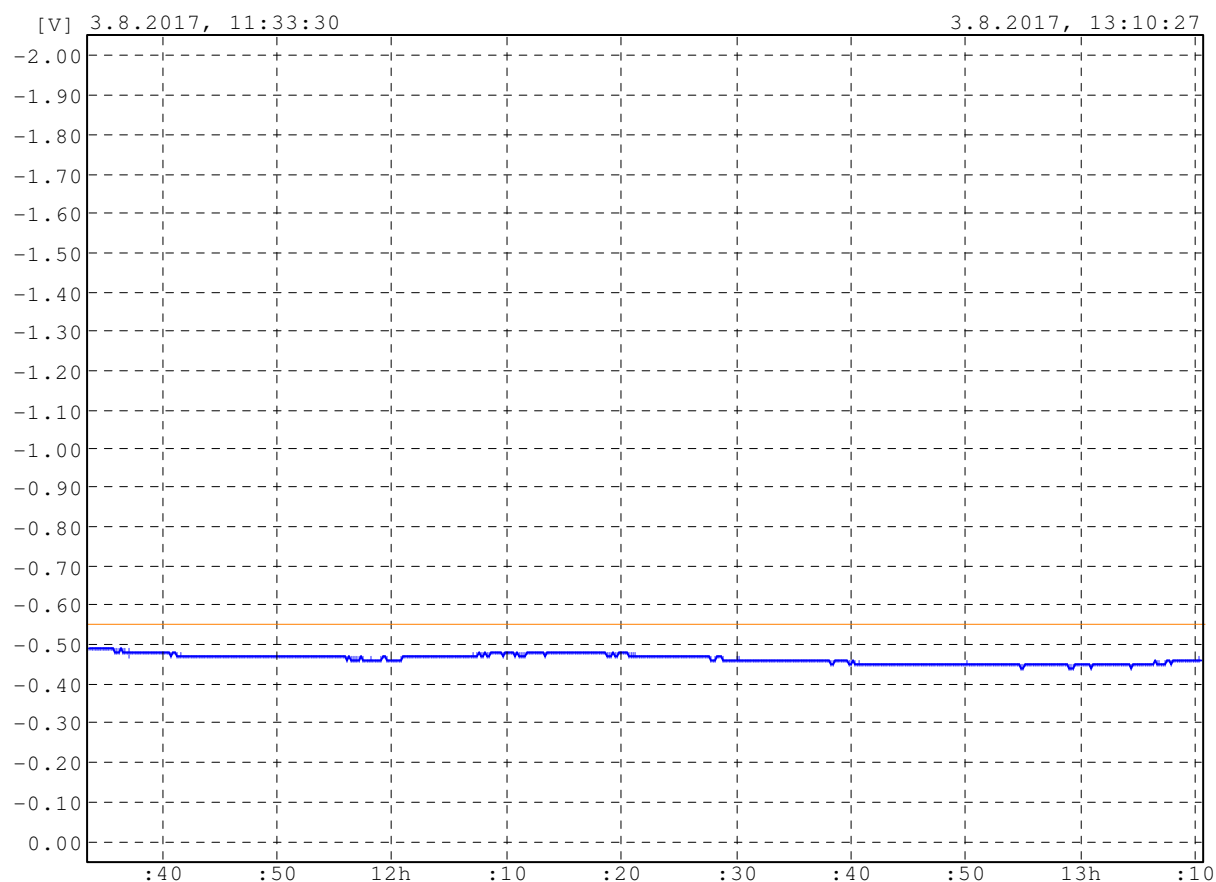
Měření

Místo: Vodovod pod mostem v km 87,025
Záznamník: KD5.1/503 Kanál: 1: 12 bit, --+20.0V
Začátek: 3.8.2017, 11:33:30 Perioda: 1s
Konec: 3.8.2017, 13:10:27 Počet hodnot: 5817
Soubor: d:\Korodat.CZ\Zdar_nS\Vodovod.1kk

Statistika

Průměrná hodnota	-0.46V	Limitní hodnota	-0.55
Minimální hodnota	-0.49V	Nad hranicí	0.0%/-
Maximální hodnota	-0.44V	Pod hranicí	100.0%/-0.46V

Grafické zobrazení



PROUD DO OCELOVÉ ELEKTRODY 100 cm²

Měření

Místo: Vodovod pod mostem v km 87,025
Záznamník: KD5.1/13 Kanál: 2: 12 bit, --+4.50mA
Začátek: 3.8.2017, 11:33:30 Perioda: 1s
Konec: 3.8.2017, 13:10:27 Počet hodnot: 5817
Soubor: d:\Korodat.CZ\Zdar_nS\Vodovod.2kd

Statistika

Průměrná hodnota	-0.09mA	Limitní hodnota	0.00
Minimální hodnota.....	-0.10mA	Vstupuje.....	100.0%/-0.09mA
Maximální hodnota.....	-0.09mA	Vystupuje.....	0.0%/-

Grafické zobrazení

