	Odpovědný řešitel	Zpracovatel podkladů	Vyhotovil	Schválil
	Mgr. M. Novotný	Ing. J. Gebauer	Ing. J. Gebauer	RNDr. L. Klímek, MBA
Objednatel: Statutární město Brno, Dominikánské nám. 1, 601 67				
Název zakázky: Brno Bystřice Kamechy, předběžný geotechnický průzkum pro prodloužení tramvajové tratě			Datum	červen 2016
			Číslo zakázky	15 7535
			Měřítko	
Název přílohy: Korozní zpráva			Číslo přílohy	11
			Číslo výtisku	

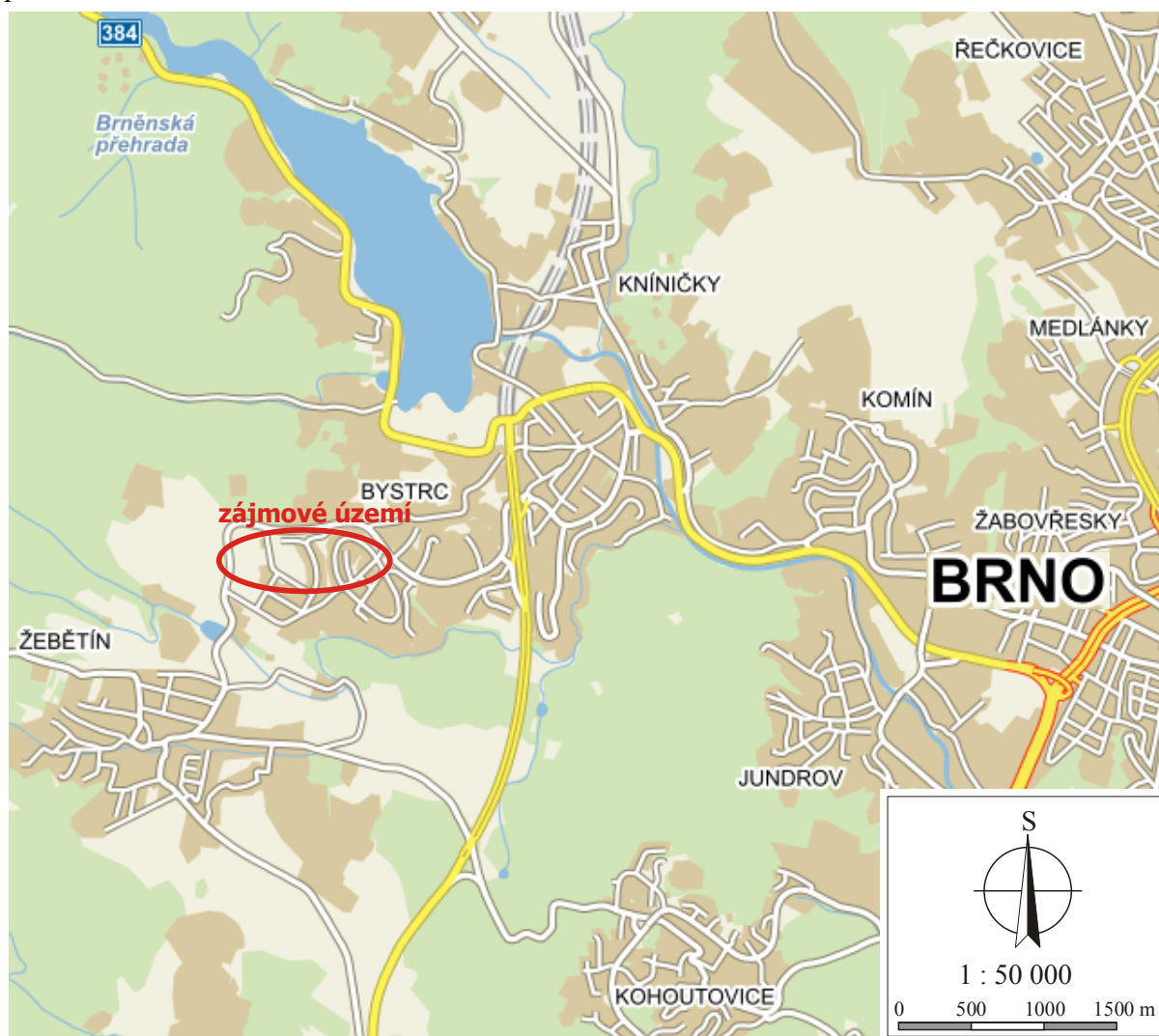
Obsah

1. Úvod.....	1
2. Metodika stanovení hustoty bludných proudů a měrného odporu prostředí.....	2
3. Výsledky korozního průzkumu	3
3.1 Stanoviště BP1	3
3.2 Stanoviště BP2.....	6
3.3 Stanoviště BP3.....	9
3.4 Stanoviště BP4.....	12
3.5 Stanoviště BP5.....	15
3.6 Stanoviště BP6.....	18
3.7 Stanoviště BP7.....	21
3.8 Stanoviště BP8.....	24
3.9 Stanoviště BP9.....	27
3.10 Stanoviště BP10.....	30
4. Závěr.....	34

1. Úvod

V rámci předběžného geotechnického průzkumu pro prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy, byl v linii budoucí trati na stanovištích BP1 – BP10 proveden základní korozní průzkum. Detailní rozmístění stanovišť korozních měření přináší situace v kapitole 3.

Základní korozní průzkum sestával z měření mezielektrodových potenciálů a stanovení měrného odporu horninového prostředí. Příprava a realizace terénních prací byly provedeny v souladu s ČSN 03 8362 „Měděná referenční elektroda k měření potenciálu podzemní kovová konstrukce – půda“ a ČSN 03 8365 „Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi“. Zpracování a vyhodnocení bylo provedeno v souladu s ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi“ a TP 124 „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“.



Obr. 1-1 Zájmové území (zdroj mapového podkladu www.mapy.cz)

2. Metodika stanovení hustoty bludných proudů a měrného odporu prostředí

Pro účely budoucí ochrany objektů před účinky bludných proudů byl na lokalitě Brno – Bystřice Kamechy realizován základní korozní průzkum. Terénní práce sestávaly z měření mezelektrodoých potenciálů (tzv. měření bludných proudů) a zjišťování měrného odporu horninového prostředí, kterým se zmíněné bludné proudy šíří.

Zjišťování přítomnosti bludných proudů na zvolených stanovištích se opíralo zejména o ČSN 03 8365 „Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi“ a další související předpisy a normy. Na měřičských stanovištích se provádělo měření rozdílu potenciálu mezi měděnými nepolarizovatelnými elektrodami vzdálenými od sebe 10 m, a to ve dvou na sebe kolmých směrech orientovaných ve směru sever-jih a východ-západ. Doba měření v každém směru činila cca 20 – 30 minut. Odečet a záznam měřené veličiny byl realizován dvojí: automatický s periodou 20 s a ruční se stejnou periodou. Na základě naměřených mezelektrodoých potenciálů a zjištěných měrných odporů horninového prostředí byla vypočtena hustota proudů v půdě a pomocí tabulek 2-1 a 2-2 zájmové území klasifikováno stupněm agresivity (ČSN 03 8375), nebo specifikováno stupněm ochranných opatření (TP124).

Tabulka 2-1 Agresivita půd na ocel (podle ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi“)

Agresivita prostředí	Hustota proudu v půdě [mA/m ²]
Velmi nízká	<0,0004
Střední	0,0004 – 0,003
Zvýšená	0,003 – 0,1
Velmi vysoká	>0,1

K měření bludných proudů bylo použito digitálního multimetru s dataloggerem EXTECH ML720, digitálního multimetru UNI-T UT61B a sady referenčních elektrod vyhotovených dle normy ČSN 03 8362 „Měděná referenční elektroda k měření potenciálu podzemní kovová konstrukce – půda“. Sběr dat probíhal dle manuálu odečtem (multimetr UNI-T) a dle manuálu při spojení dataloggeru s počítačem (multimetr EXTECH), kdy pomocí komunikačního software *Bs81-51x Data Logging System* bylo možné v reálném čase pozorovat grafický průběh rozložení hodnot měřené veličiny.

Tabulka 2-2 Stupně základních pasivních ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů (podle TP 124 „Základní ochranná opatření...“)

Základní ochranná opatření, stupeň č.	Hustota proudu v půdě [mA/m ²]
1	<0,0001
2	0,0001 – 0,003
3	0,003 – 0,1
4	0,1 – 3
5	>3

Měření měrného odporu horninového prostředí bylo na všech stanovištích provedeno metodou VES (vertikální elektrické sondování). Metoda VES obecně umožňuje získat znalosti o rozložení měřené veličiny ve vertikálním směru, tj. specifikovat subhorizontální geoelektrická rozhraní. Změna velikosti hodnot sledované veličiny může být zapříčiněna změnami v litologickém složení proměřovaného prostředí, ale také změnami vlhkosti, změnou mechanických vlastností zastižených hornin atd. Podle měřených odporů je možné prostředí klasifikovat stupněm agresivity, tak jak znázorňuje tabulka 2-3.

Tabulka 2-3 Agresivita půd na ocel (podle ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi“)

Agresivita prostředí	Zdánlivý měrný odpor [Ωm]
Velmi nízká	>100
Střední	50 – 100
Zvýšená	23 – 50
Velmi vysoká	<23

Výsledky odporových měření z lokality Brno – Bystřice Kamechy byly kvantitativně zpracovány a vyhodnoceny. Maximální rozestup (vzájemná vzdálenost) proudových elektrod A, B dosáhl 50 metrů. Měřeno bylo v rozsahu 10 bodů na dekádu. K měření byla použita geoelektrická aparatura ARES společnosti GF Instruments s.r.o. Brno. Komplexní zpracování a vizualizace výsledků měření probíhalo v prostředí programů Excel, Grapher a Corel.

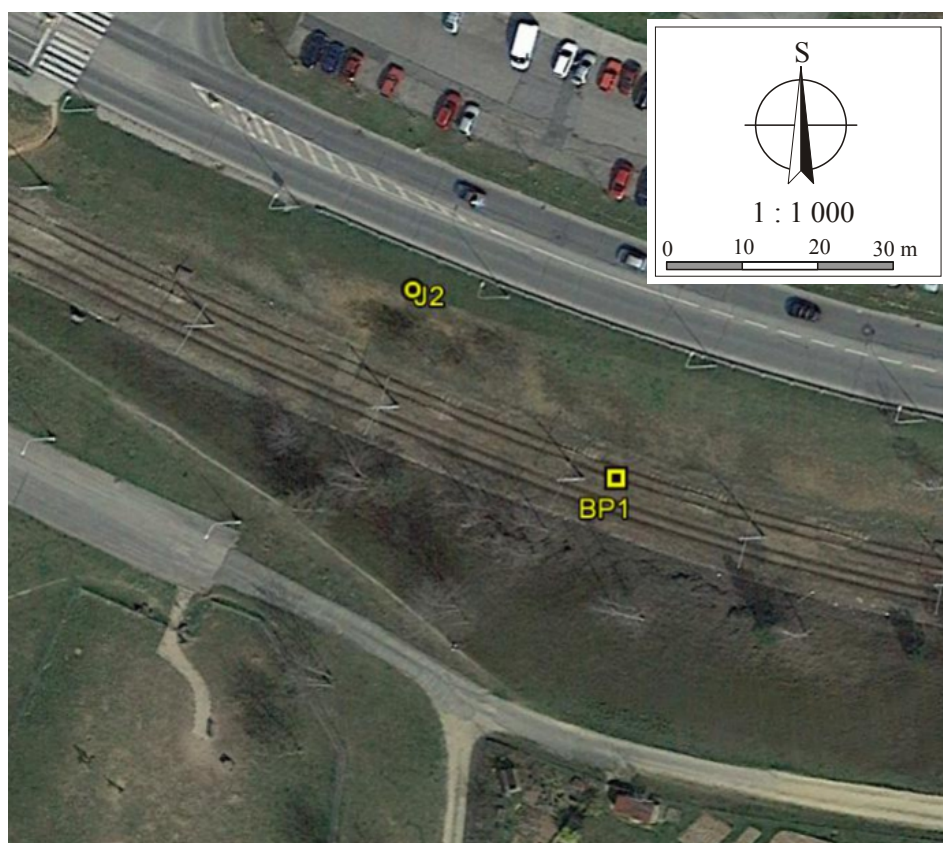
3. Výsledky korozního průzkumu

3.1 Stanoviště BP1

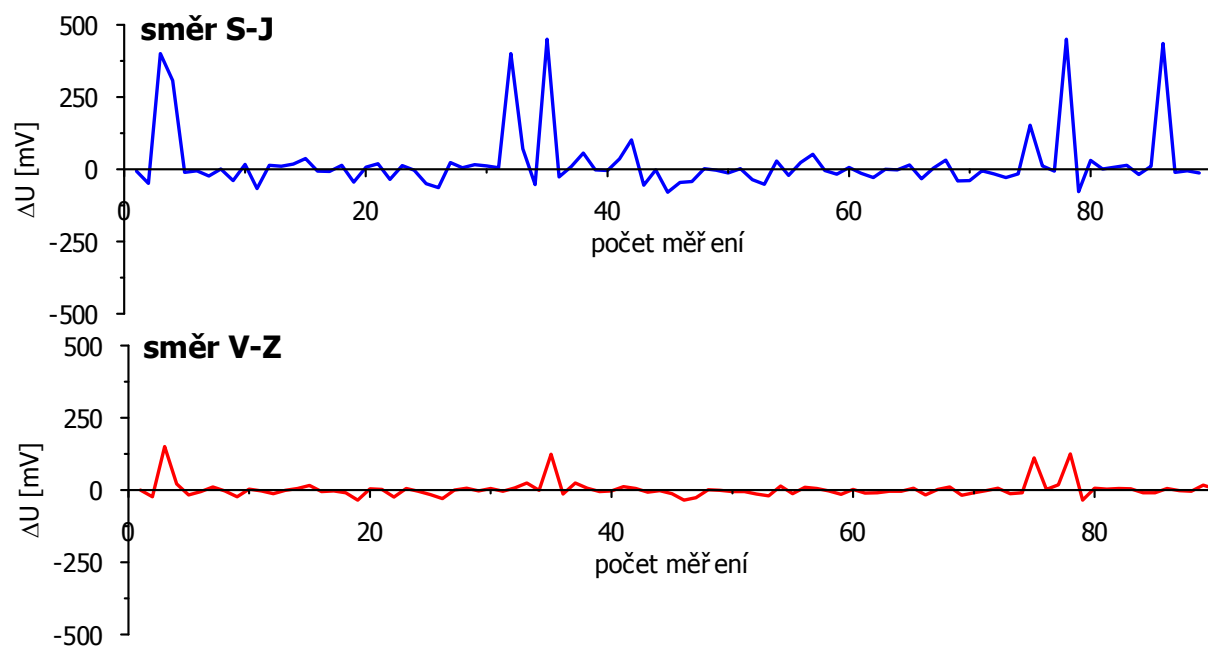
Stanoviště korozního průzkumu pro objekt BP1 bylo lokalizováno nejvýhodněji v zájmovém území, do severního břehu tramvajového pásu těsně nad kolejemi – viz obrázek 3.1-1. V bezprostřední blízkosti stanoviště BP1 vedly tramvajové troleje, které byly významným zdrojem bludných proudů, jak bylo možné vypořádat už při terénním měření, kdy hodnoty mezielektrodového potenciálu byly nejvyšší naměřené v celé lokalitě.

Sběr dat na stanovišti BP1, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal ve směru S-J automaticky s periodou odečtu 20 s a ve směru V-Z manuálně se stejnou periodou odečtu. Data byla v každém sběru registrována cca půl hodiny. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.1-2. V průběhu měření byly v obou směrech registrovány kladné i záporné hodnoty mezielektrodového potenciálu v řádu stovek mV.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP1 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná o čtyřvrstevné prostředí – viz obr. 3.1-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf na obrázku 3.1-4.



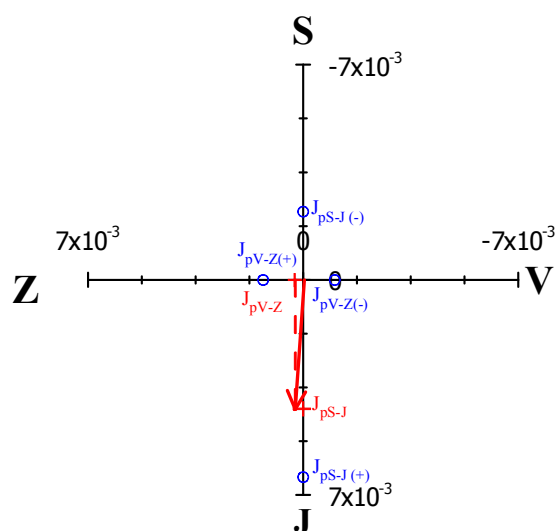
Obr. 3.1-1 Situace korozního měření pro stanoviště BP1 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



Obr. 3.1-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP1

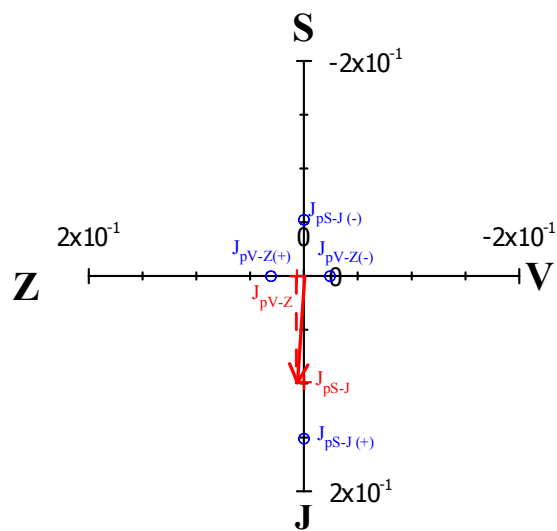
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 1 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu ($730 \Omega\text{m}$)



$$J_p = 0,004 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu ($31 \Omega\text{m}$)



$$J_p = 0,099 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

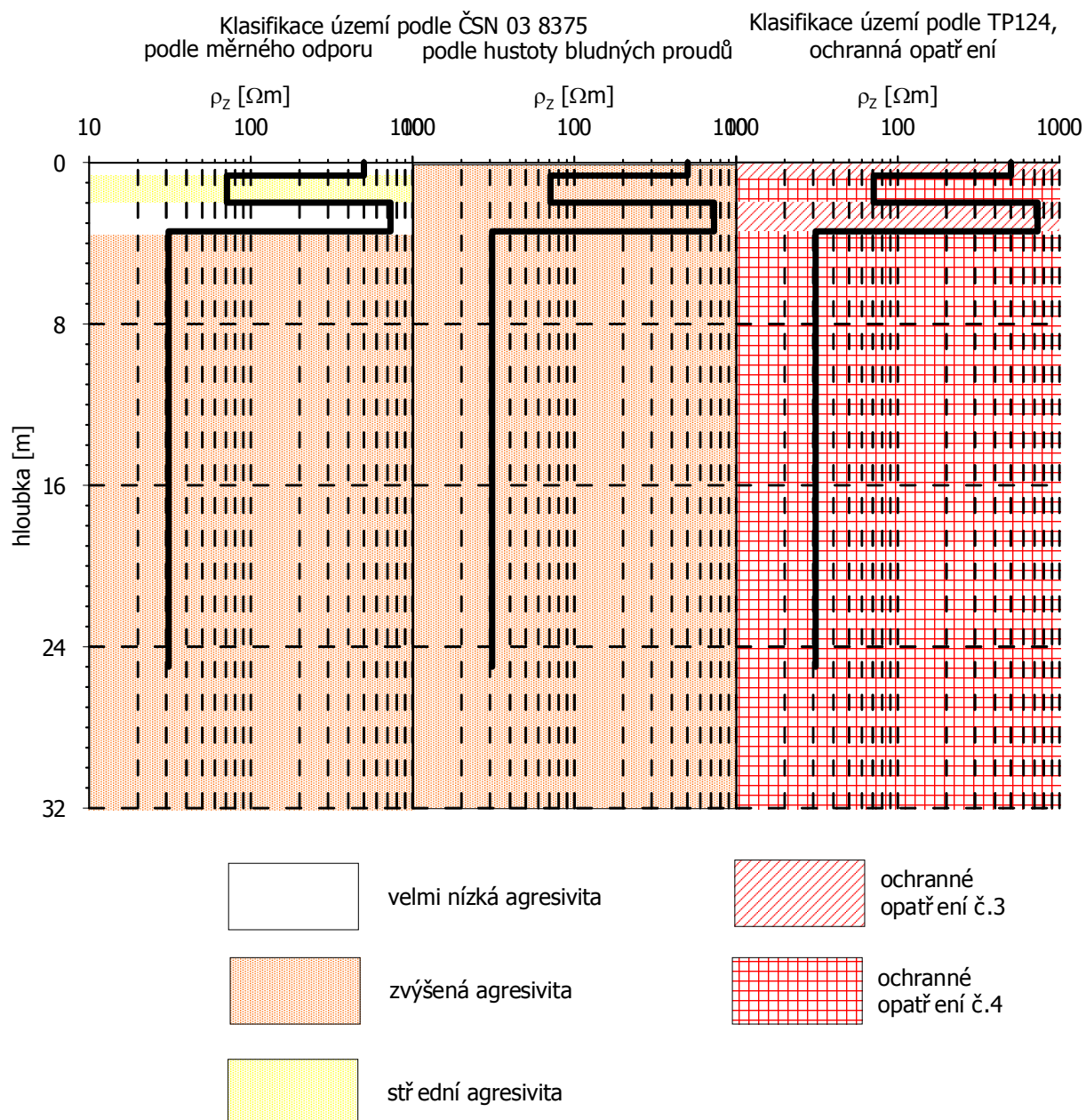
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.1-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP1 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.1-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.1-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.1-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP1 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.1-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP1 podle ČSN 03 8375 a TP124

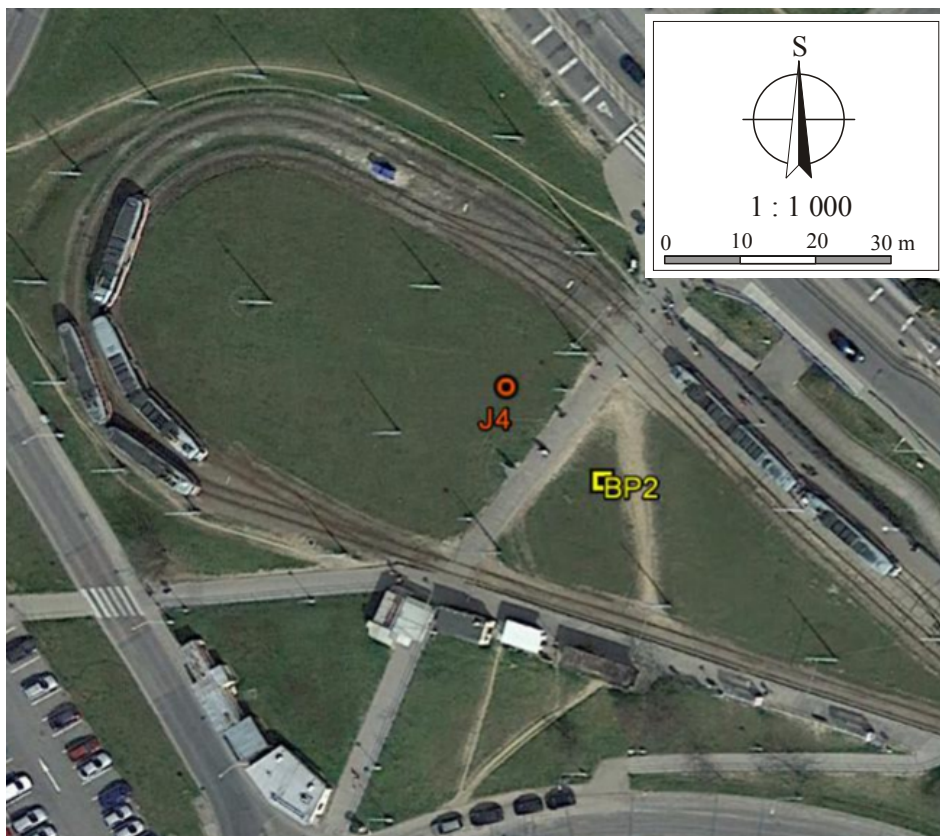
3.2 Stanoviště BP2

Stanoviště korozního průzkumu pro objekt BP2 bylo lokalizováno na travnatou plochu do prostoru tramvajové smyčky Ečerova – viz obrázek 3.2-1. Ačkoliv se stanoviště nacházelo v prostředí významného zdroje bludných proudů, tak hodnoty měřeného potenciálu nedosahovaly zdaleka takových velikostí, jako tomu bylo v případě stanoviště BP1.

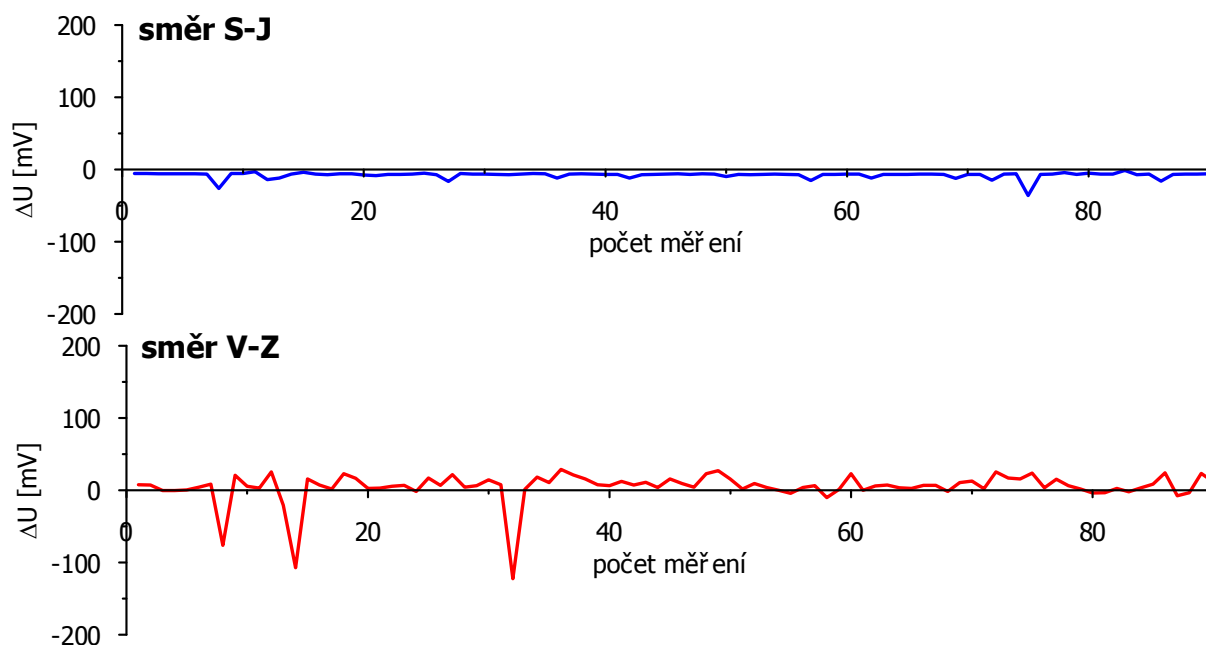
Data byla v každém sběru registrována cca půl hodiny. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.2-2. V průběhu měření byly ve směru S-J registrovány pouze záporné hodnoty mezielektrodového potenciálu v řádu maximálně prvních desítek mV a ve směru Z-V výhradně kladné hodnoty mezielektrodových potenciálů.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP2 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná

o třívrstevné prostředí – viz obr. 3.2-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf na obrázku 3.2-4.



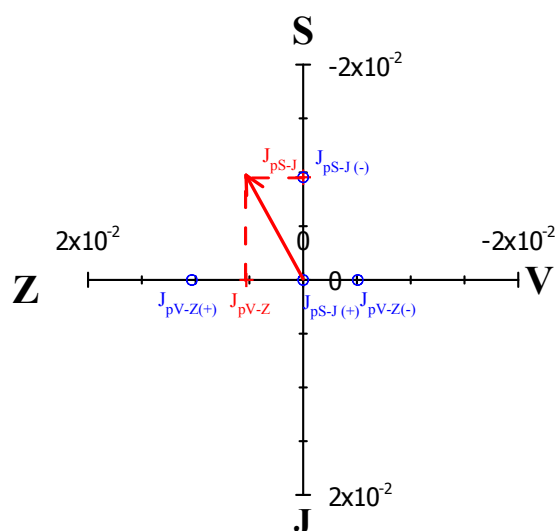
Obr. 3.2-1 Situace korozního měření pro stanoviště BP2 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



Obr. 3.2-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP2

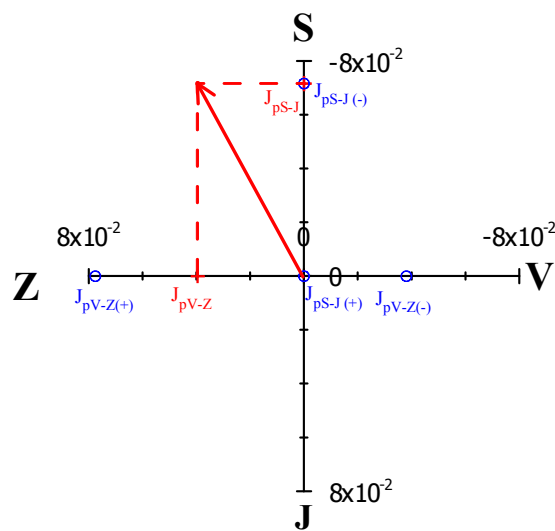
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 2 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (90 Ωm)



$$J_p = 0,011 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (12 Ωm)



$$J_p = 0,082 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

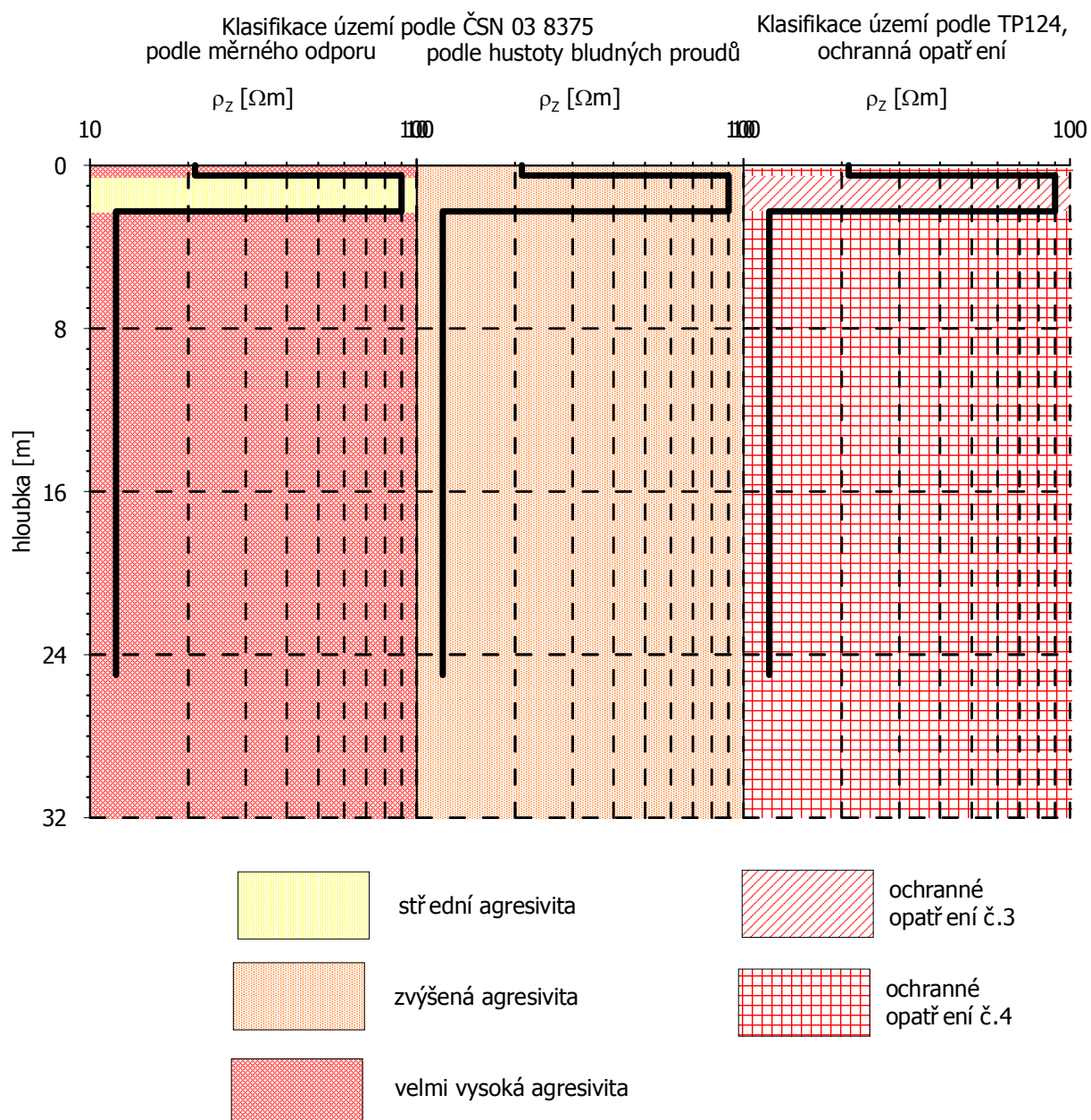
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.2-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP2 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.2-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.2-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.2-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP2 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.2-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP2 podle ČSN 03 8375 a TP124

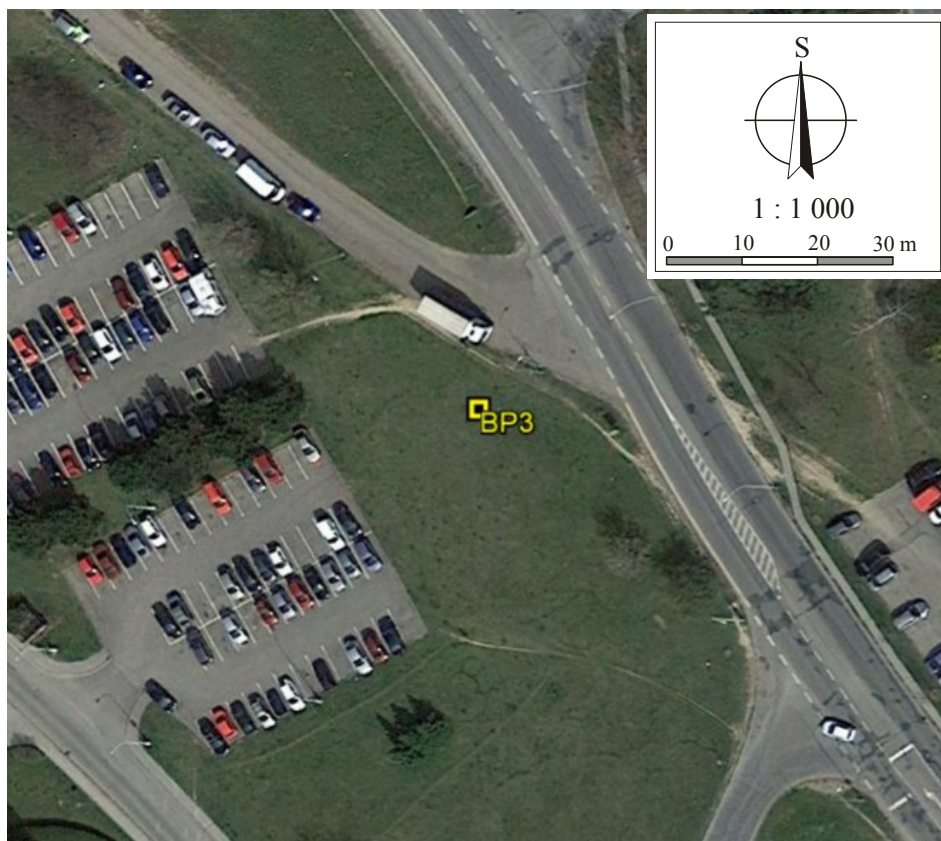
3.3 Stanoviště BP3

Korozní průzkum pro objekt BP3 byl proveden na stanovišti lokalizovaného na travnatou plochu mezi křižovatkou vedlejší s hlavní komunikací a parkoviště – viz obrázek 3.3-1. Rekognoskací nebyly v místě měřického stanoviště identifikovány žádné významnější zdroje bludných proudů.

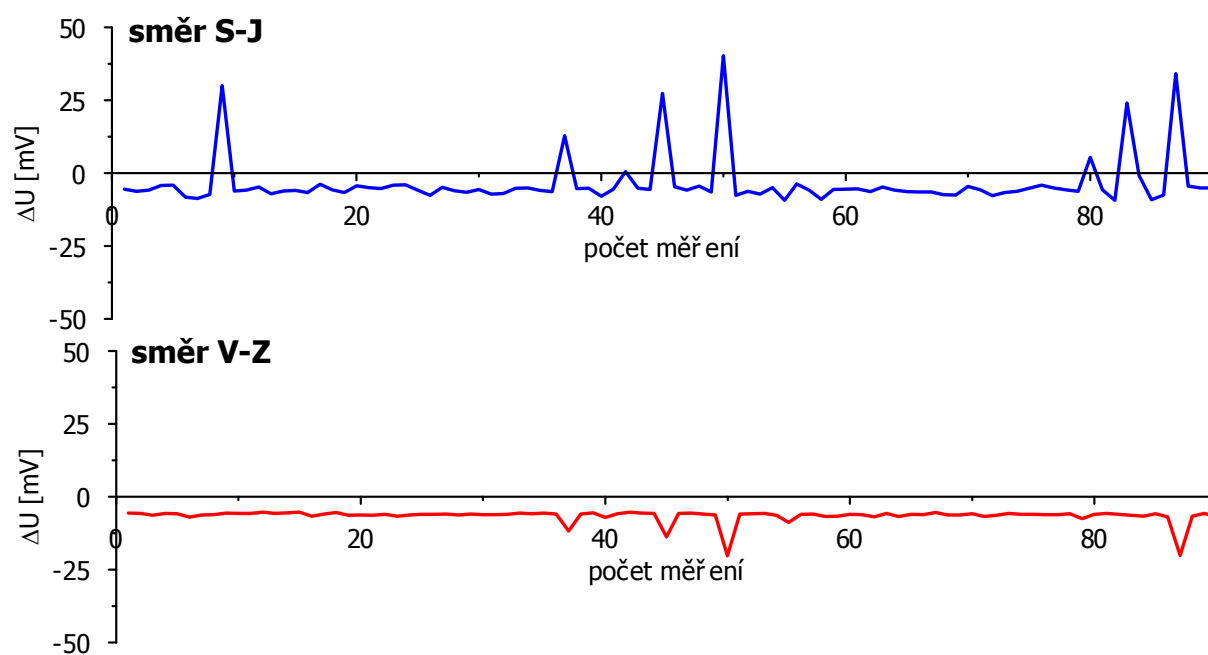
Sběr dat na stanovišti BP3, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal ve směru S-J automaticky s periodou odečtu 20 s a ve směru V-Z manuálně s periodou odečtu 20 s. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.3-2. V průběhu měření byly registrovány převážně záporné hodnoty mezielektrodového potenciálu a to v obou směrech.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP3 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná

o třívrstevné prostředí – viz obr. 3.3-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf na obrázku 3.3-4.



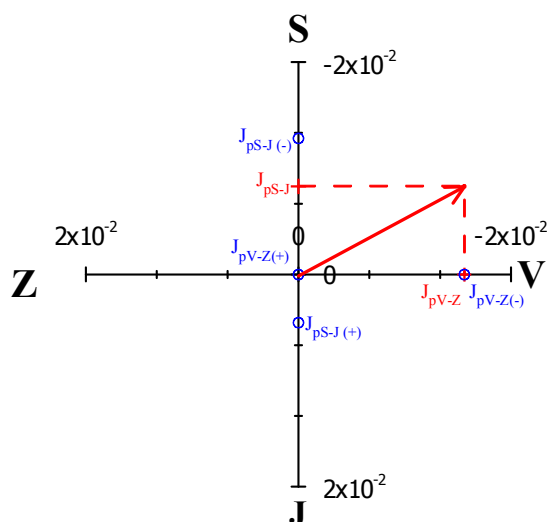
Obr. 3.3-1 Situace korozního měření pro stanoviště BP3 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



Obr. 3.3-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP3

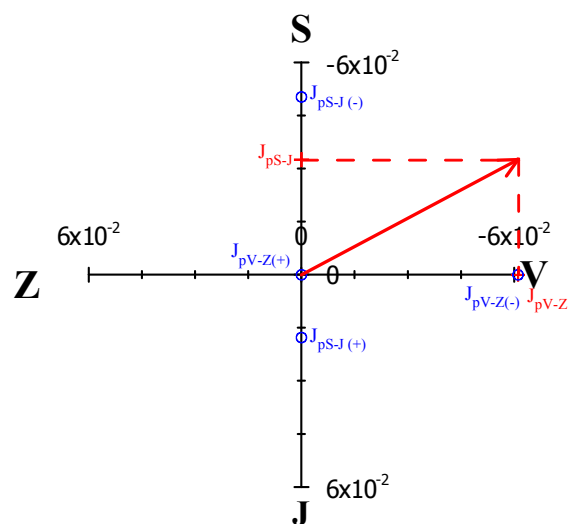
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 3 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu ($47 \Omega\text{m}$)



$$J_p = 0,018 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu ($12 \Omega\text{m}$)



$$J_p = 0,069 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

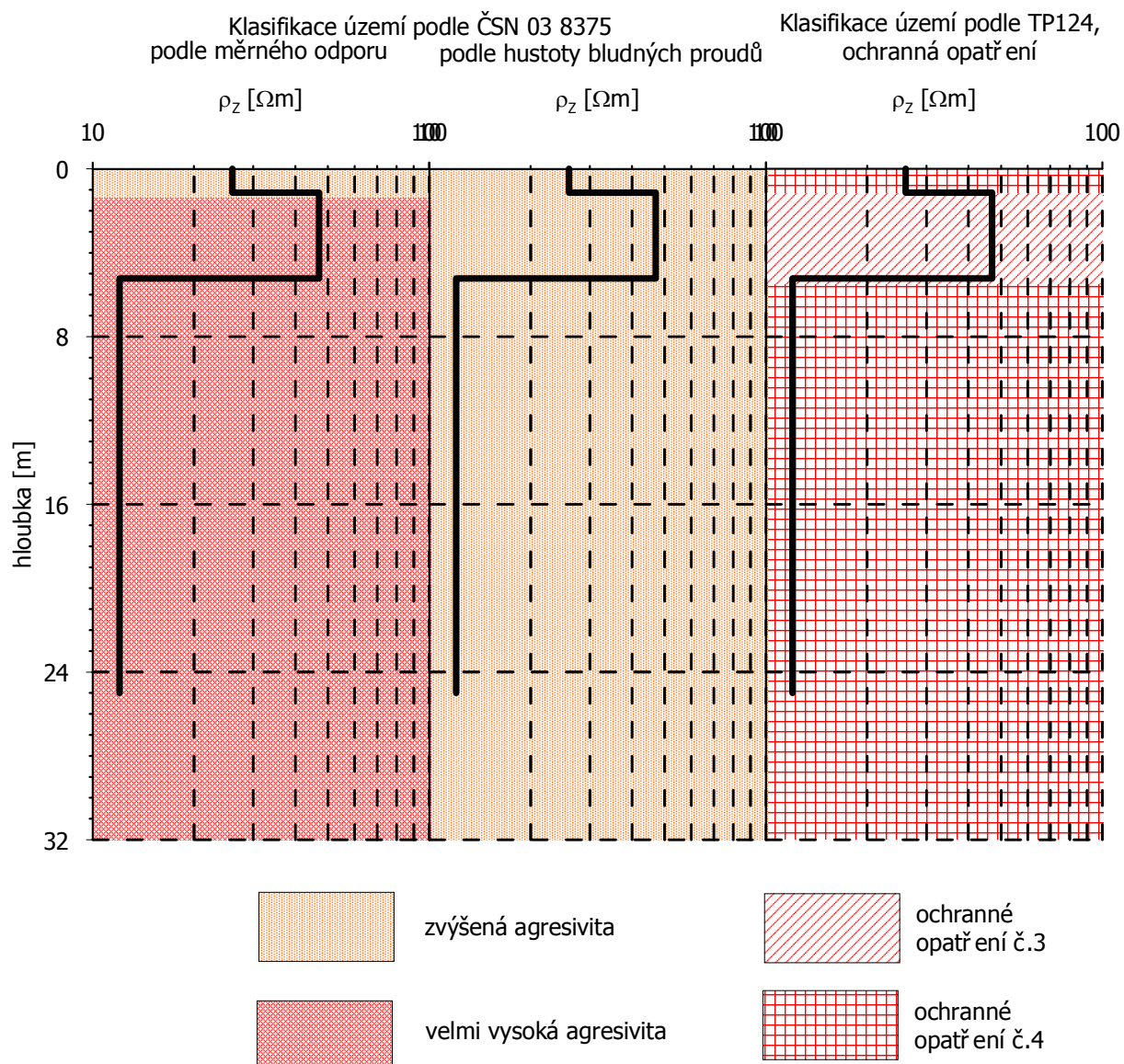
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.3-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP3 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{pX(S-J)}$, $J_{pX(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.3-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.3-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.3-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „Jp“ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP3 byl stanoven ve výši 5.



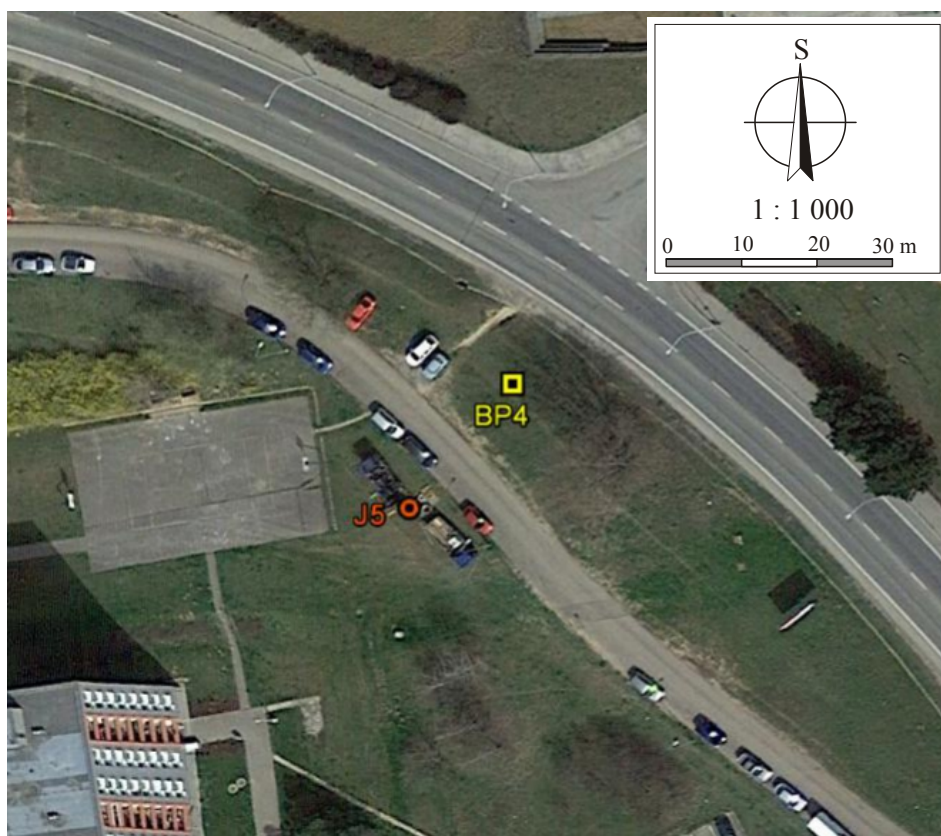
Obr. 3.3-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP3 podle ČSN 03 8375 a TP124

3.4 Stanoviště BP4

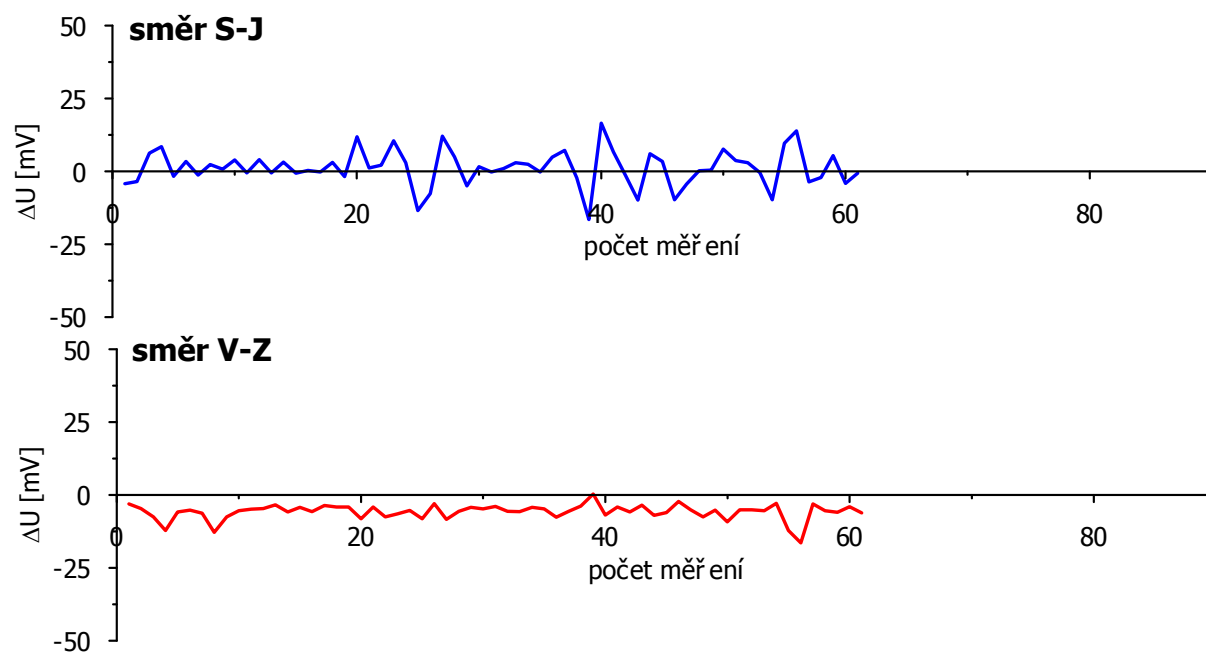
Korozní průzkum pro objekt BP4 byl proveden na stanovišti lokalizovaném na travnatý pás vedoucí mezi místní vedlejší a hlavní komunikací (viz obrázek 3.4-1). V blízkosti stanoviště se nacházela malá trafostanice jako významnější zdroj bludných proudů.

Ve směru S-J byly registrovány kladné i záporné hodnoty mezielektrodoových potenciálů a ve směru V-Z pouze záporné hodnoty mezielektrodoových potenciálů řádově prvních desítek mV. Data byla v každém sběru registrována cca 20 minut. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázky průběhu měření (obr. 3.4-2).

Elektrický odpor prostředí byl v okolí stanoviště BP4 zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná o třívrstevné prostředí – viz obr. 3.4-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf na obrázku 3.4-4.



Obr. 3.4-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP4 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)

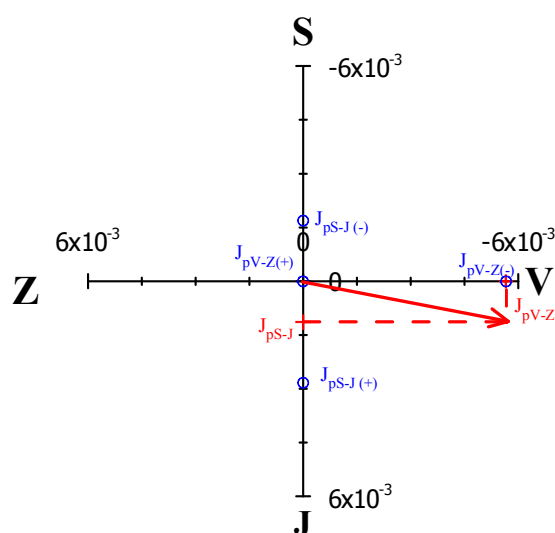


Obr. 3.4-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP4

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{pX(S-J)}$, $J_{pX(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů (obr. 3.4-3). Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly pro každé stanoviště vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

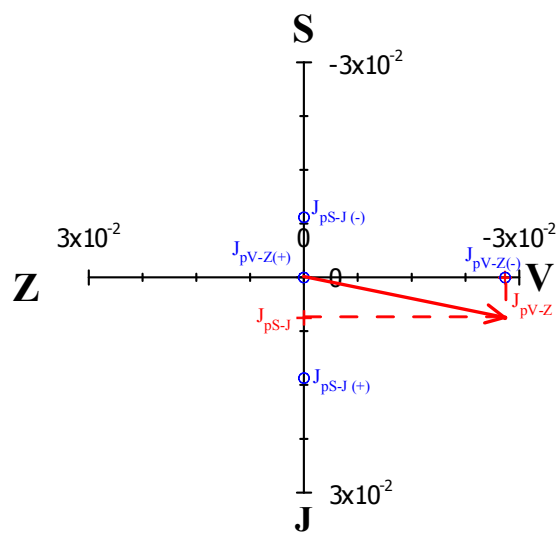
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 4 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu ($114 \Omega m$)



$$J_p = 0,006 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu ($23 \Omega m$)



$$J_p = 0,029 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

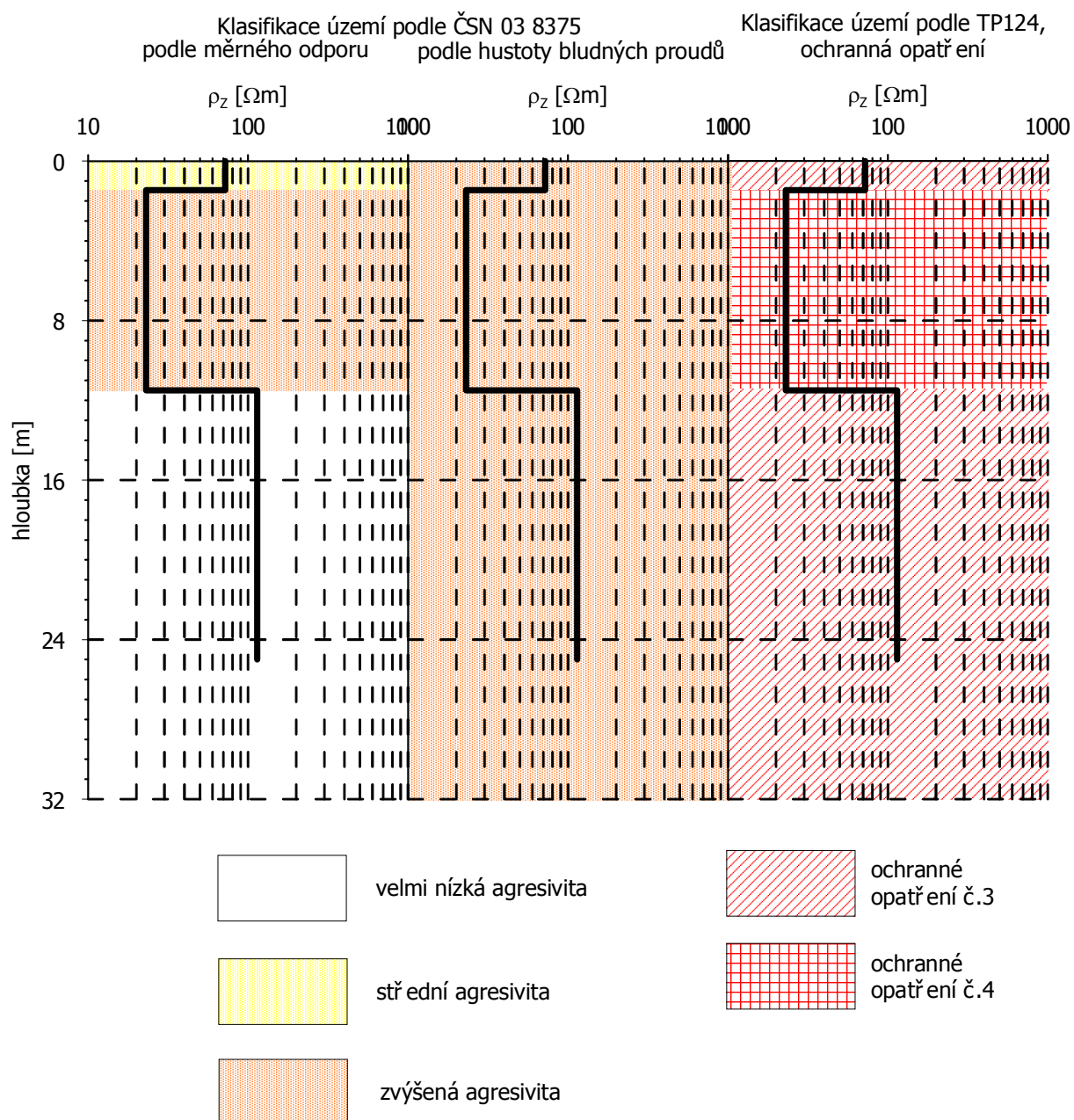
J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.4-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP4 (podle ČSN 03 8375)

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázků 3.4-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.4-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP4 byl stanoven ve výši 5.



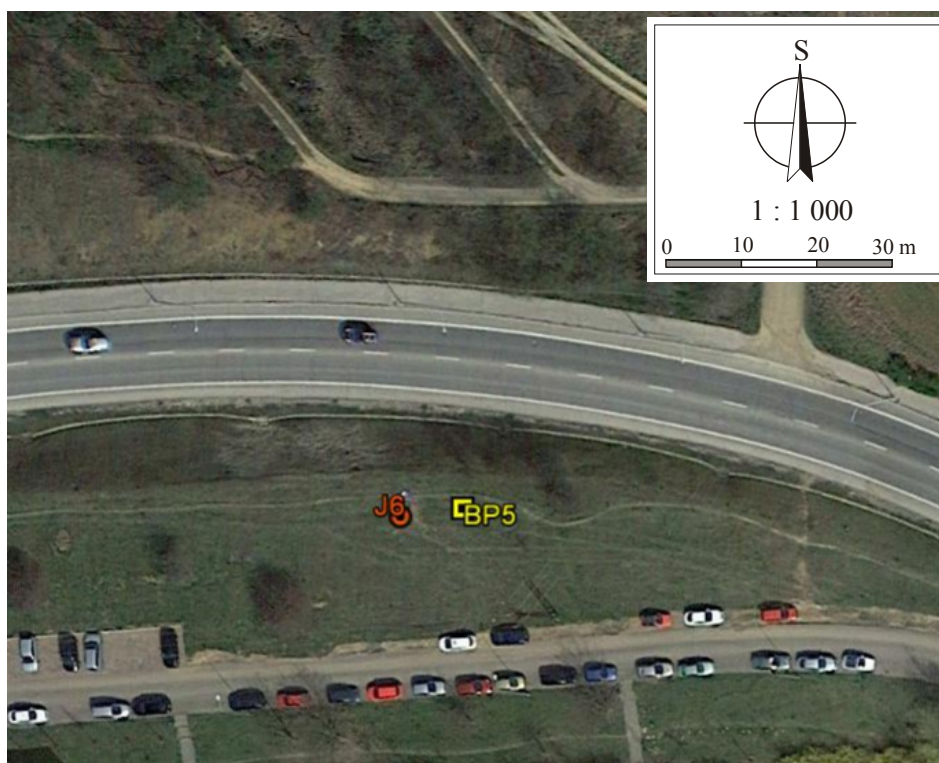
Obr. 3.4-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP4 podle ČSN 03 8375 a TP124

3.5 Stanoviště BP5

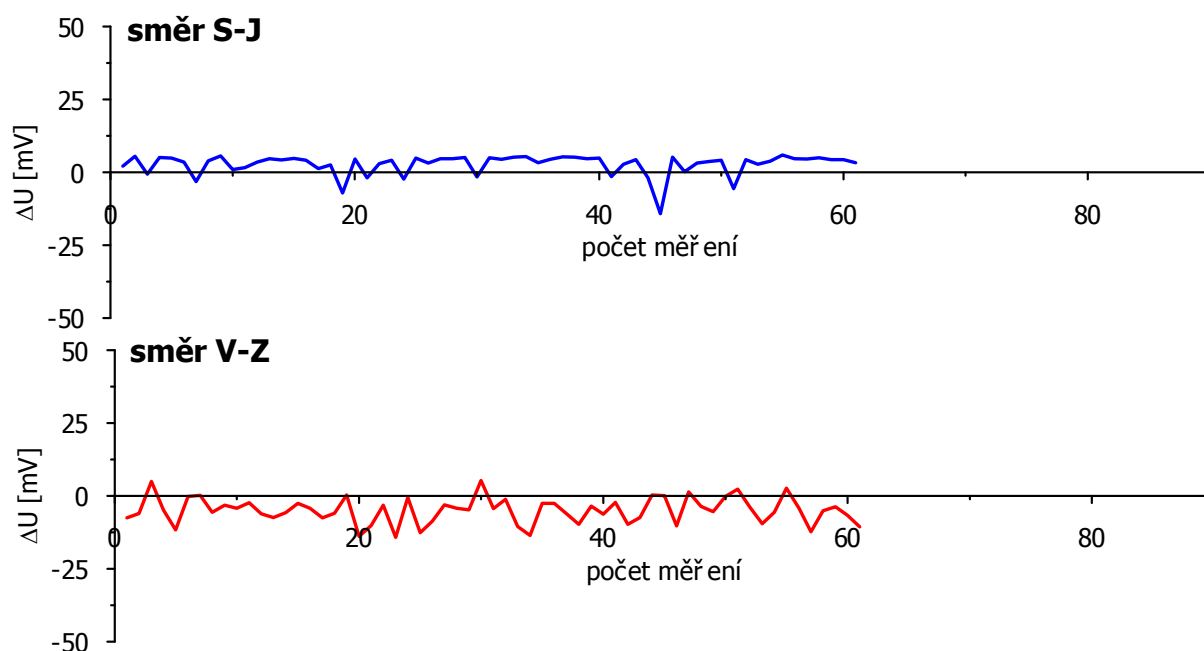
Korozní průzkum pro objekt BP5 byl proveden na stanovišti lokalizovaném na travnatý pás vedoucí mezi místní vedlejší a hlavní komunikací (viz obrázek 3.5-1). Rekognoskací nebyly v místě měřického stanoviště identifikovány žádné významnější zdroje bludných proudů.

Data byla v každém sběru registrována cca 20 minut. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.5-2. V průběhu měření byly v obou směrech registrovány mezielektrodové potenciály o velikostech v řádu jednotek mV. V průběhu měření nedocházelo ke změnám ve velikosti a polaritě registrovaných mezielektrodových potenciálů.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP5 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná o třívrstvé prostředí – viz obr. 3.5-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.5-4.



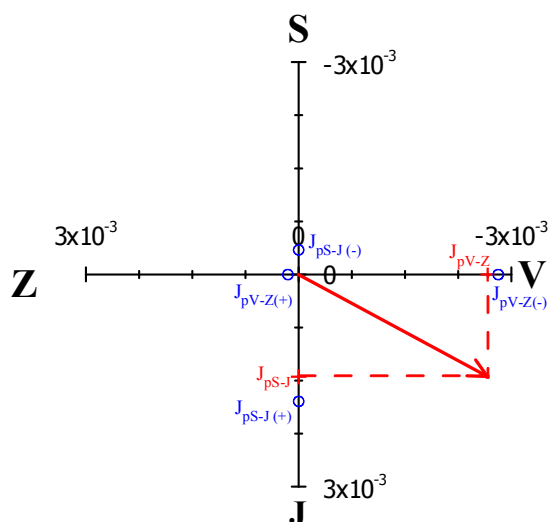
Obr. 3.5-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP5 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



Obr. 3.5-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP5

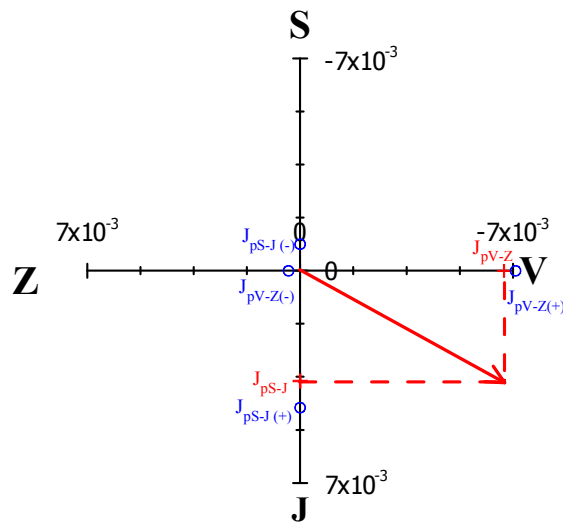
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 5 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (209 Ωm)



$$J_p = 0,003 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (83 Ωm)



$$J_p = 0,008 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

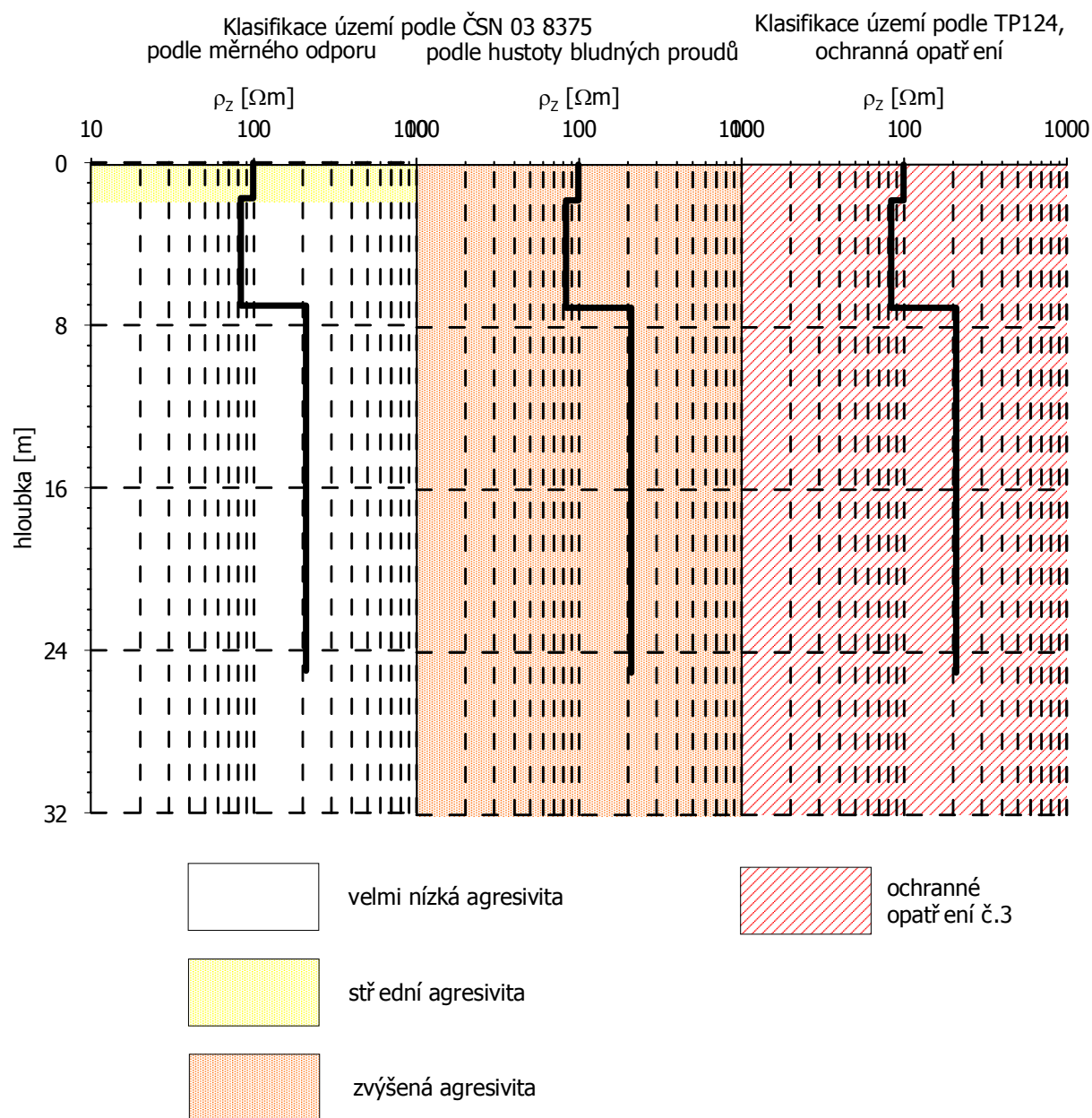
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.5-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP5 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.5-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.5-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.5-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP5 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.5-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP5 podle ČSN 03 8375 a TP124

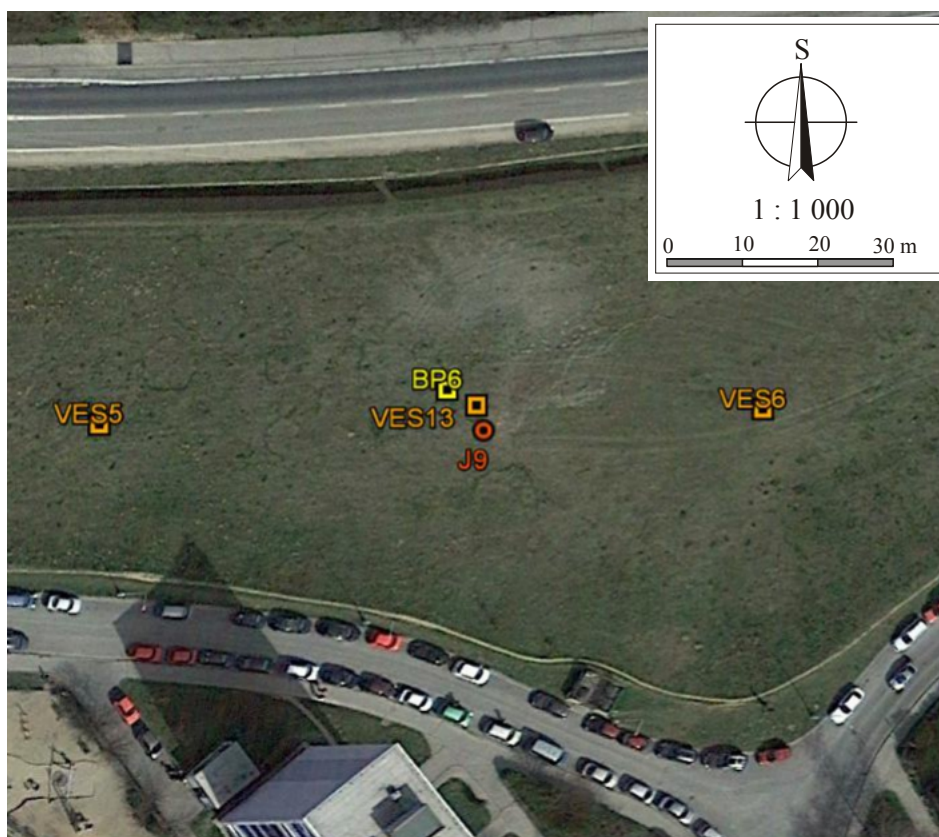
3.6 Stanoviště BP6

Stanoviště korozního průzkumu BP6 bylo lokalizováno na louku, v místě severozápadního portálu projektovaného tramvajového tunelu, v blízkosti průzkumného vrtu J9 – viz obrázek 3.6-1.

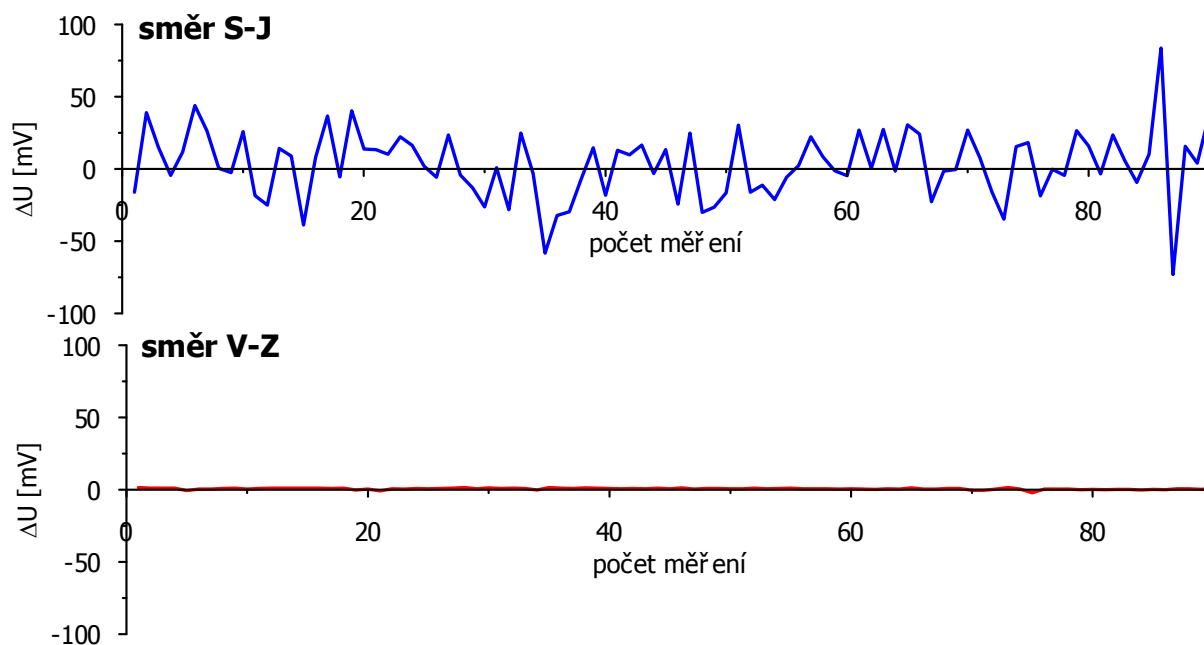
Sběr dat na stanovišti BP6, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal ve směru S-J automaticky s periodou odečtu 20 s a manuálně s periodou odečtu 20 s ve směru V-Z. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.6-2. V průběhu měření byly ve směru S-J registrovány mezelektrodové potenciály o velikostech v řádu desítek mV a ve směru Z-V byly registrovány mezelektrodové potenciály o velikostech prvních jednotek mV.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP6 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná

o čtyřvrstevné prostředí – viz obr. 3.6-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.6-4.



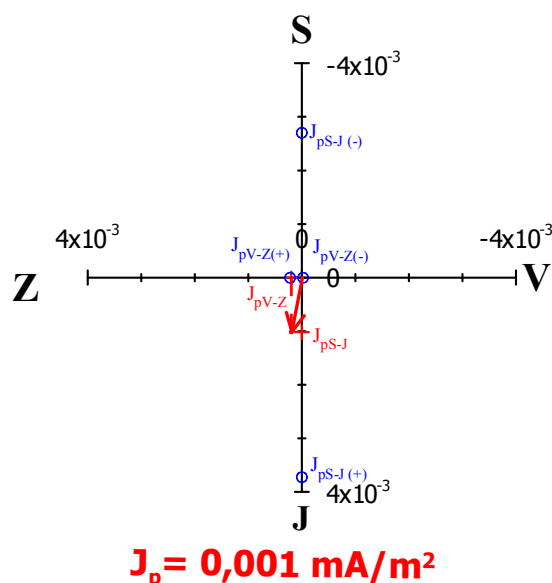
Obr. 3.6-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP6 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



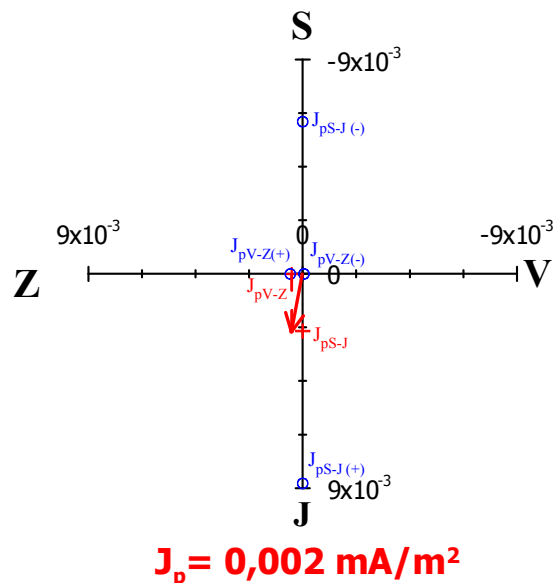
Obr. 3.6-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP6

Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 6 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (312 Ωm)



- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (132 Ωm)



$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

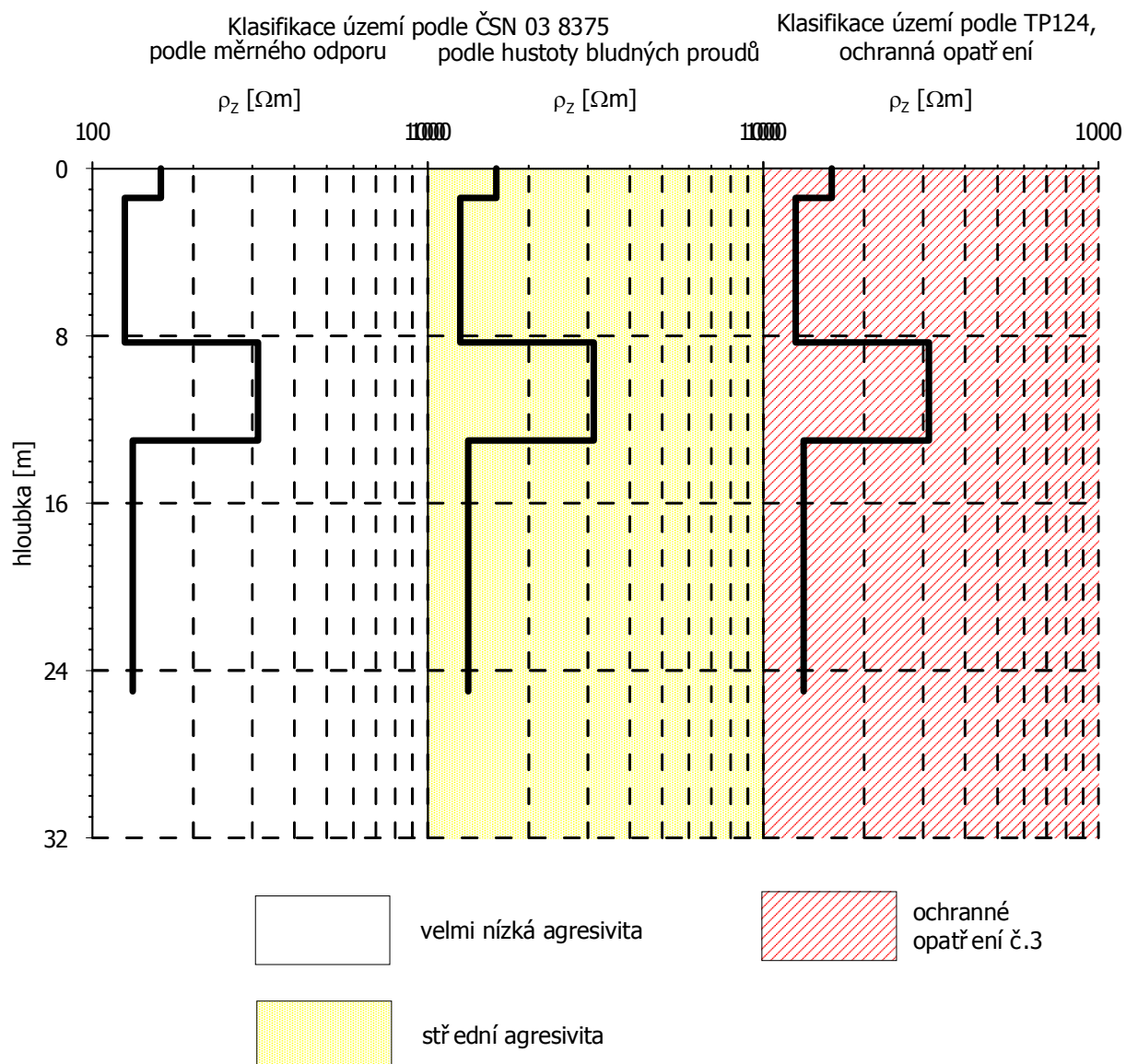
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.6-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP6 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{pX(S-J)}$, $J_{pX(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorového diagramu v obrázku 3.6-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěným měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.6-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.6-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP6 byl stanoven ve výši 5.



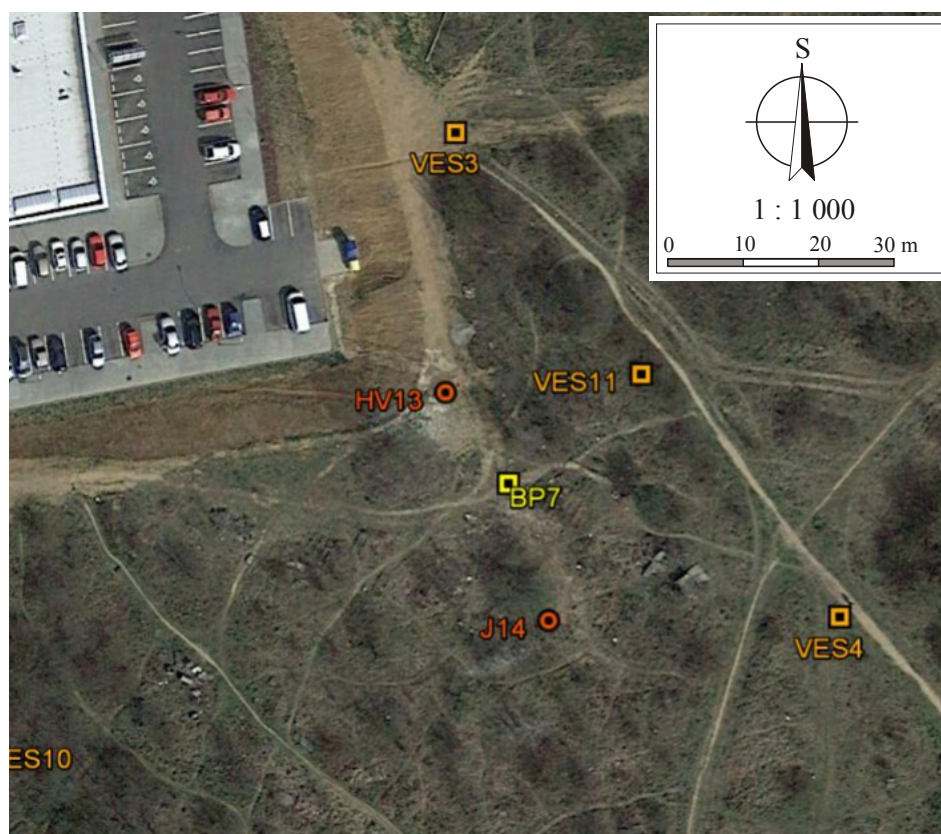
Obr. 3.6-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP6 podle ČSN 03 8375 a TP124

3.7 Stanoviště BP7

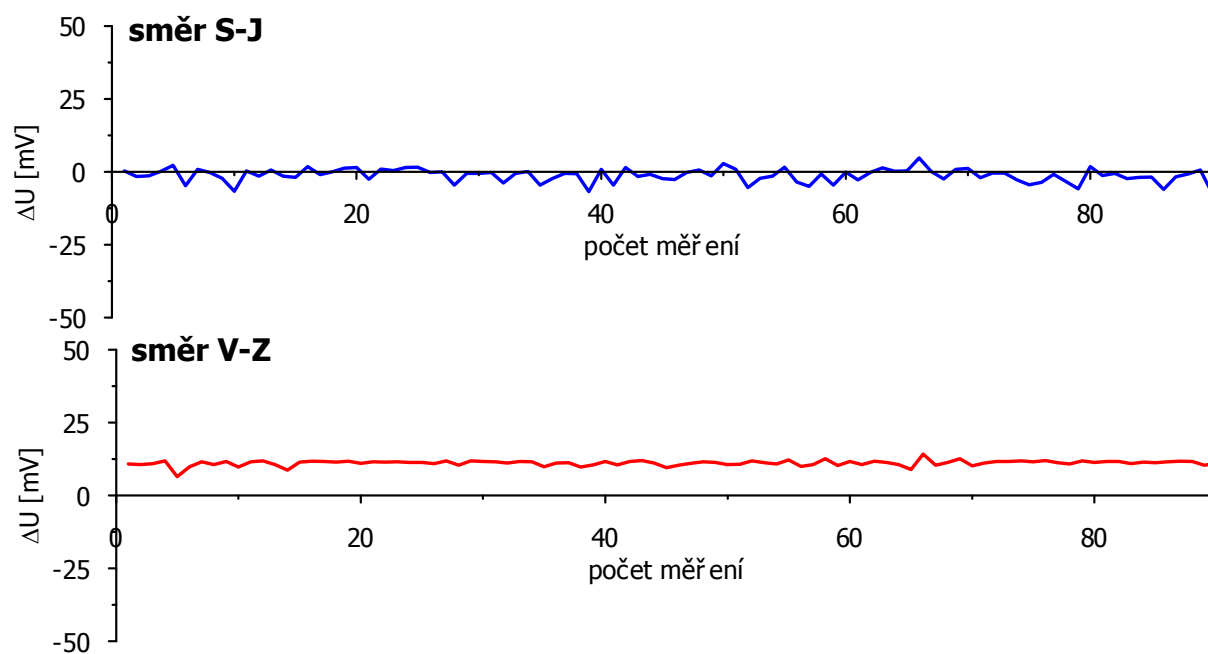
Korozní průzkum pro objekt BP7 byl proveden na vrcholu elevace v blízkosti hydrogeologického vrtu HV13 a průzkumného vrtu J14 – viz obrázek 3.7-1.

Sběr dat na stanovišti BP7, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal automaticky s periodou odečtu 20 s ve směru S-J a manuálně s periodou odečtu 20 s ve směru Z-V. Data byla v každém sběru registrována cca půl hodiny. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.7-2. V průběhu měření byly ve směru S-J registrovány kladné i záporné hodnoty a ve směru V-Z pouze kladné hodnoty mezielektrodového potenciálu.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP7 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná o třívrstevné prostředí – viz obr. 3.7-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.7-4.



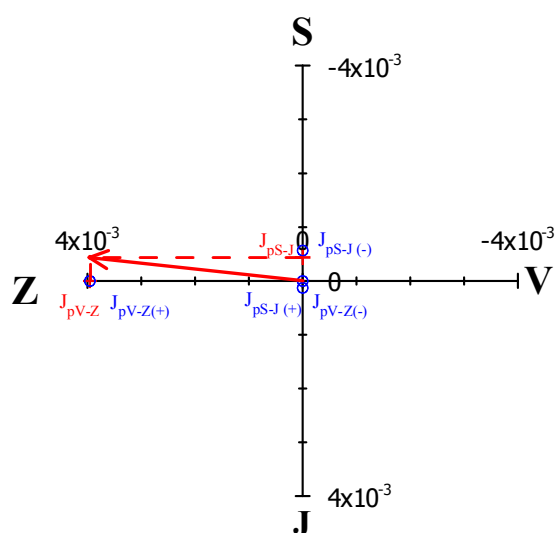
Obr. 3.7-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP7 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



Obr. 3.7-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP7

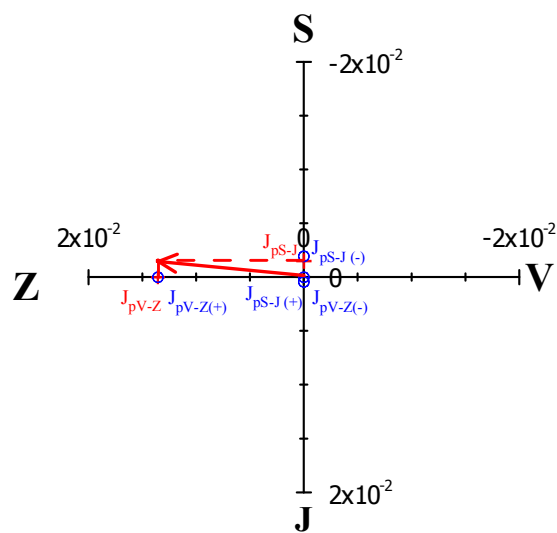
Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 7 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (312 Ωm)



$$J_p = 0,004 \text{ mA/m}^2$$

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (91 Ωm)



$$J_p = 0,014 \text{ mA/m}^2$$

$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

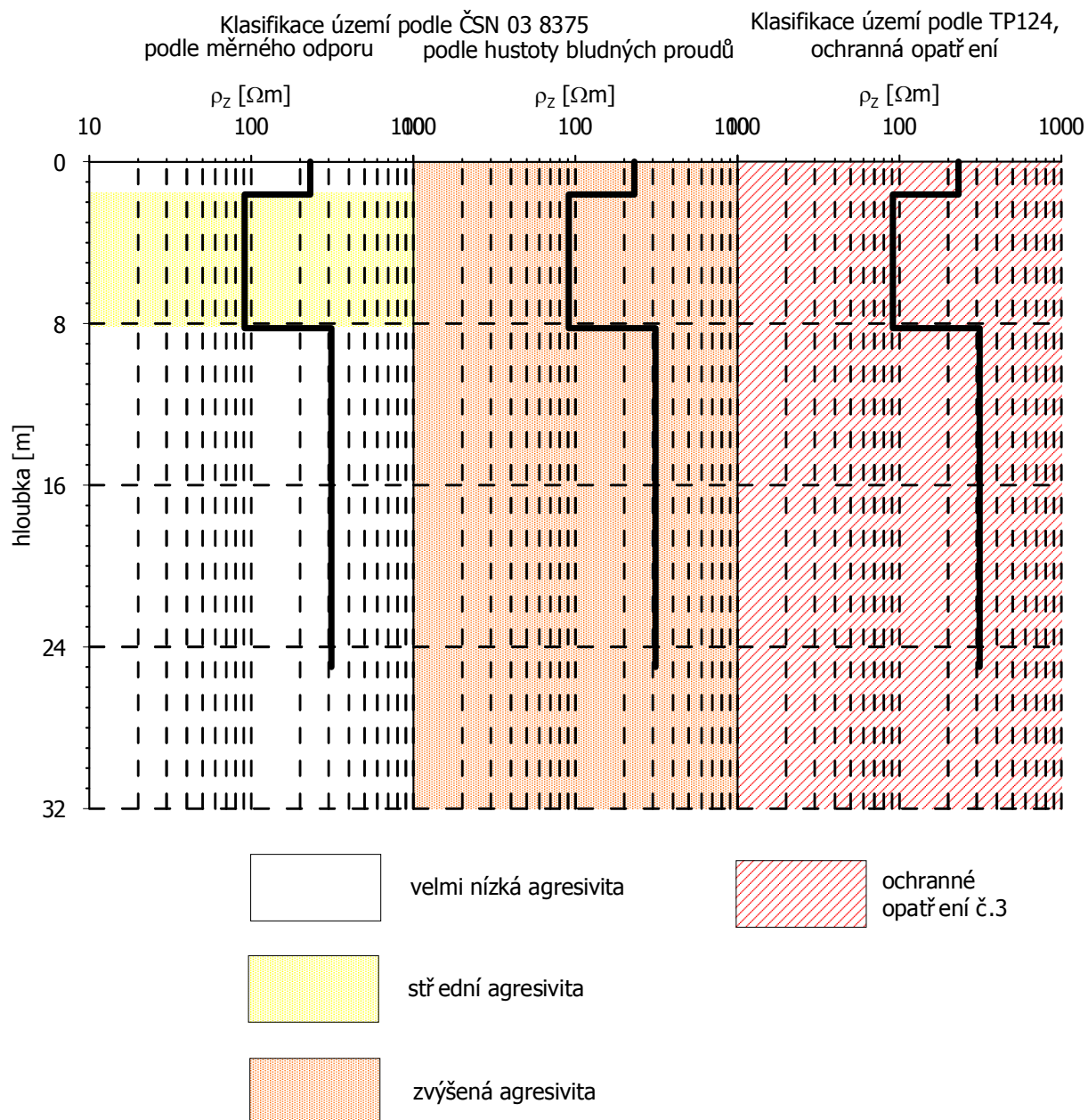
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.7-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP7 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.7-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.7-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.7-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP207 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.7-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP7 podle ČSN 03 8375 a TP124

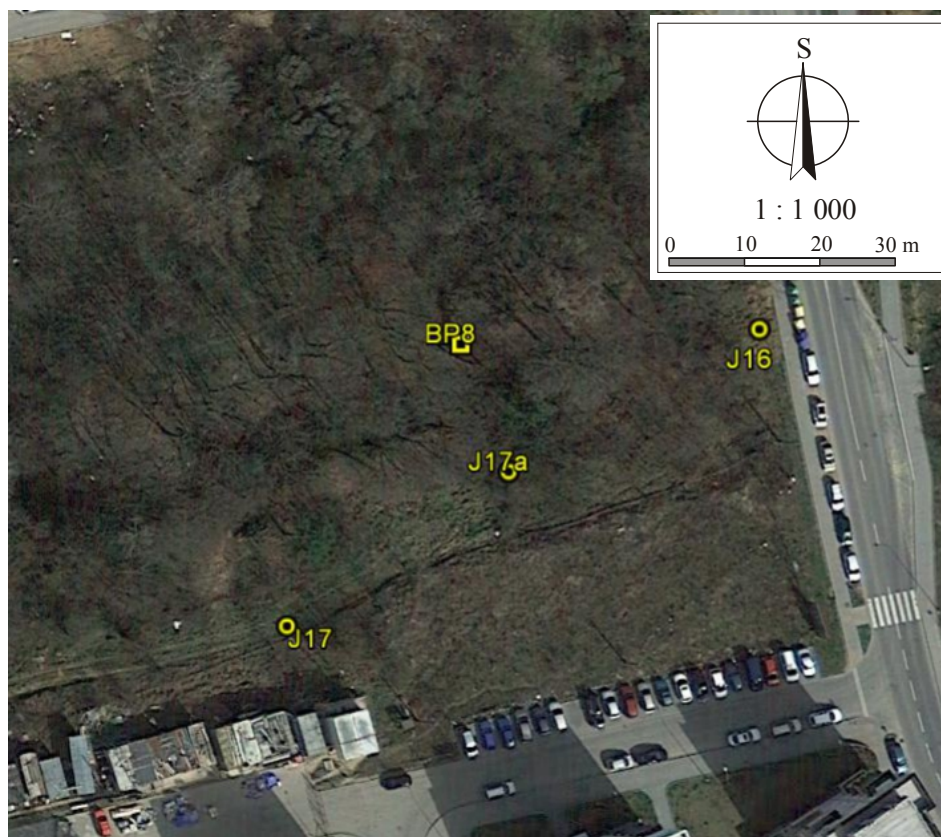
3.8 Stanoviště BP8

Korozní průzkum pro objekt BP8 byl proveden v místě jihovýchodního portálu projektovaného tramvajového tunelu – viz obrázek 3.8-1.

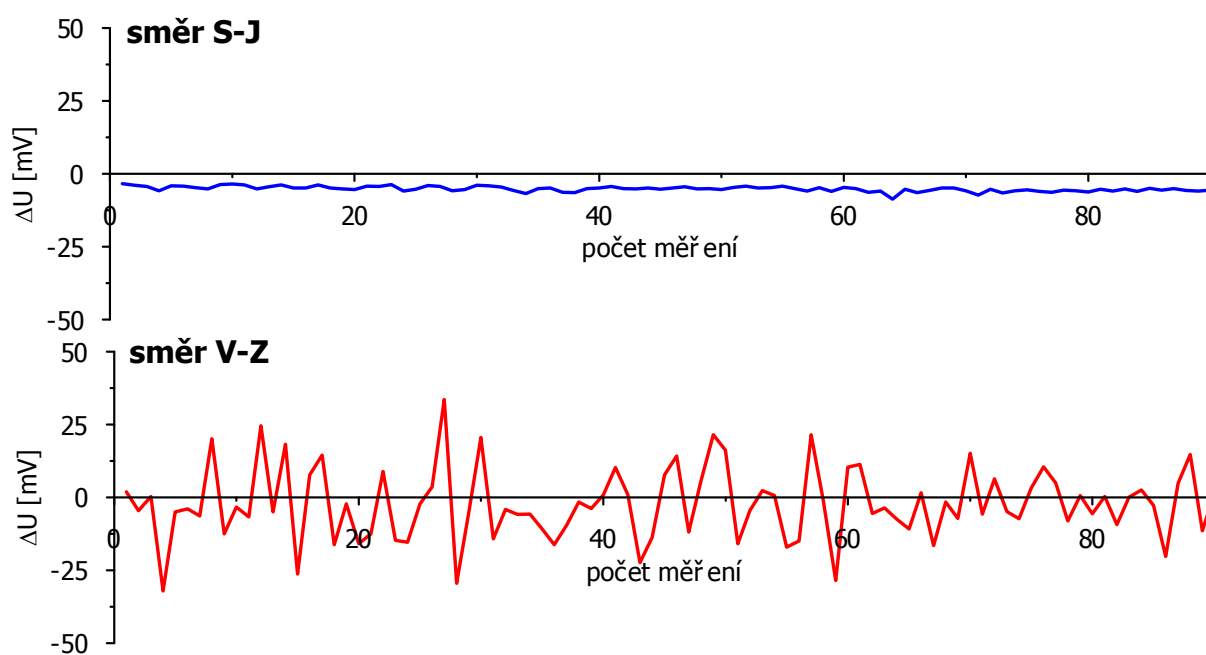
Sběr dat na stanovišti BP8, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal automaticky s periodou odečtu 20 s ve směru S-J a manuálně s periodou odečtu 20 s ve směru V-Z. Data byla v každém sběru registrována cca půl hodiny. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.8-2. V průběhu měření byly ve směru S-J registrovány pouze záporné hodnoty mezielektrodového potenciálu a ve směru V-Z kladné i záporné hodnoty mezielektrodového potenciálu.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP8 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná

o třívrstevné prostředí – viz obr. 3.8-4 Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.8-4.



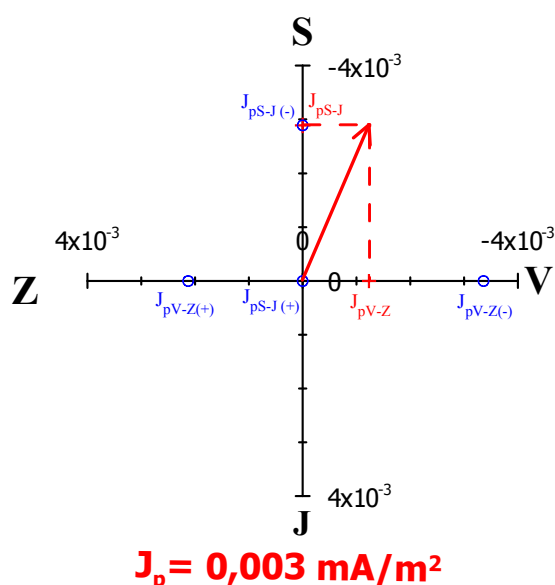
Obr. 3.8-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP8 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



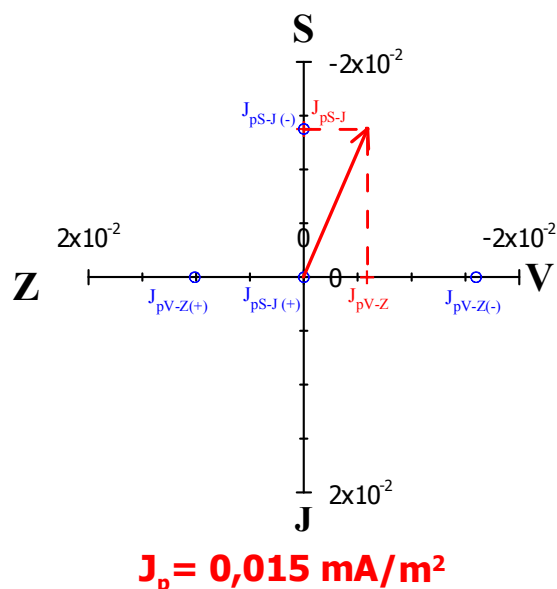
Obr. 3.8-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP8

Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 8 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (200 Ωm)



- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (42 Ωm)



$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

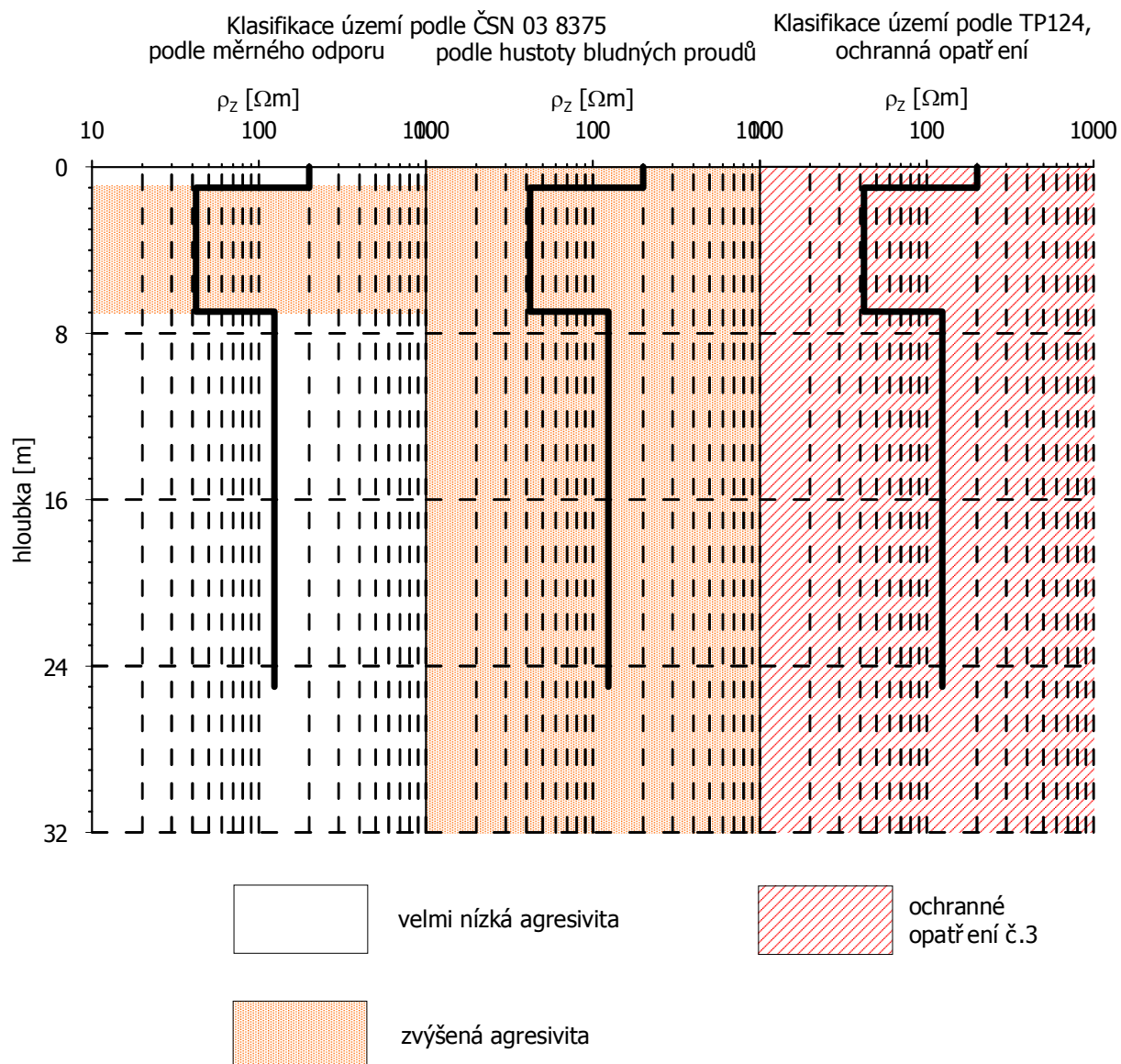
$J_{pS-J(+)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

$J_{pV-Z(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.8-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP8 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.8-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.8-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.8-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP8 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.8-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP8 podle ČSN 03 8375 a TP124

3.9 Stanoviště BP9

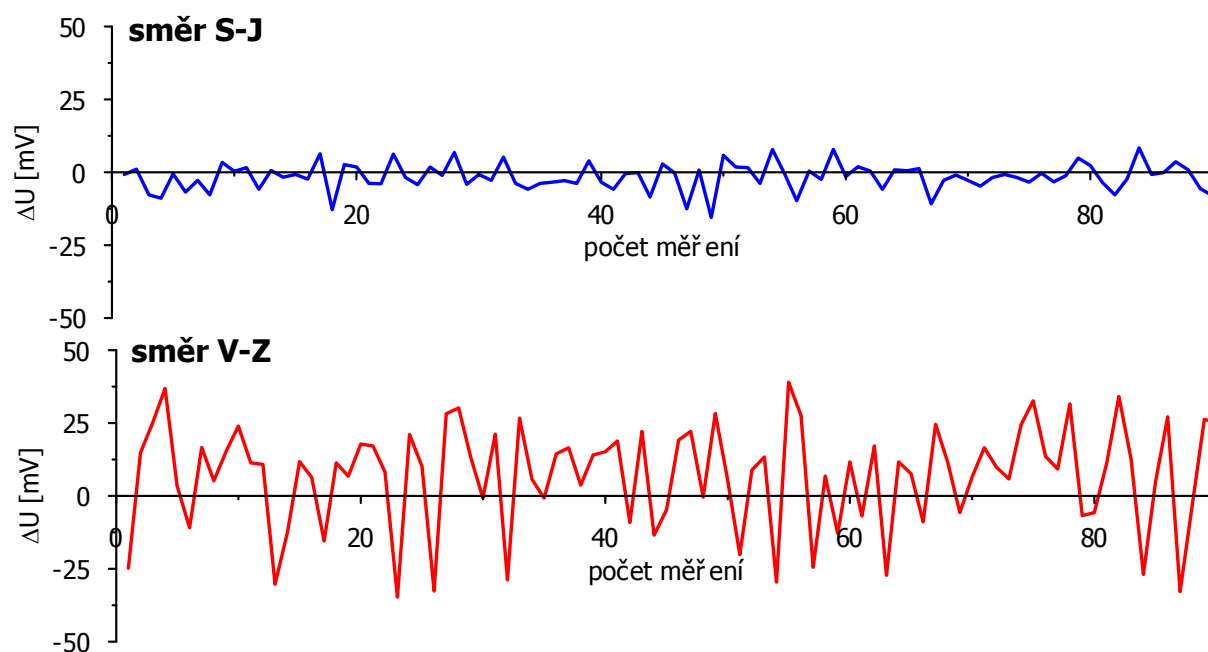
Korozní průzkum pro objekt BP9 byl proveden na stanovišti umístěném na okraj lesíku v blízkosti budoucí tramvajové smyčky – viz obrázek 3.9-1. V okolí stanoviště nebyly identifikovány žádné významnější zdroje bludných proudů.

Sběr dat na stanovišti BP9, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal ve směru S-J automaticky s periodou odečtu 20 s a manuálně ve směru V-Z se stejnou periodou. Data byla v každém sběru registrována cca půl hodiny. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.9-2.

Elektrický odpor prostředí v okolí stanoviště BP9 byl zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místě měření se jedná o pětivrstevné prostředí – viz obr. 3.9-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.9-4.



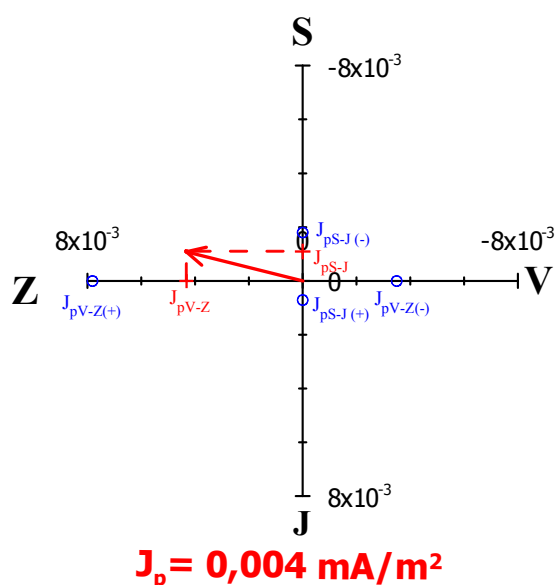
Obr. 3.9-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP9 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



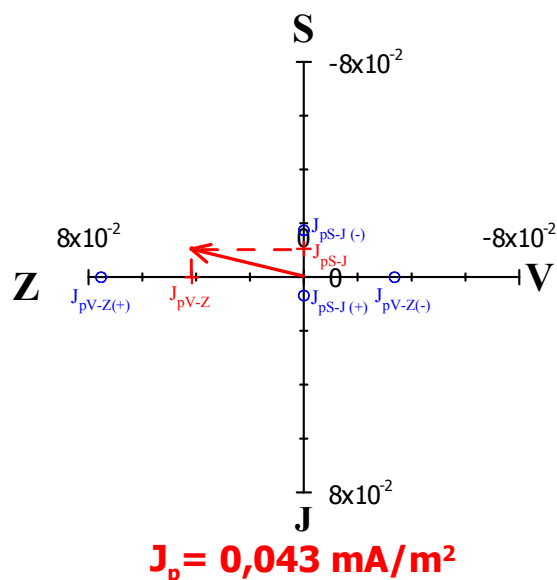
Obr. 3.9-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP9

Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 9 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu ($164 \Omega\text{m}$)



- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu ($17 \Omega\text{m}$)



$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

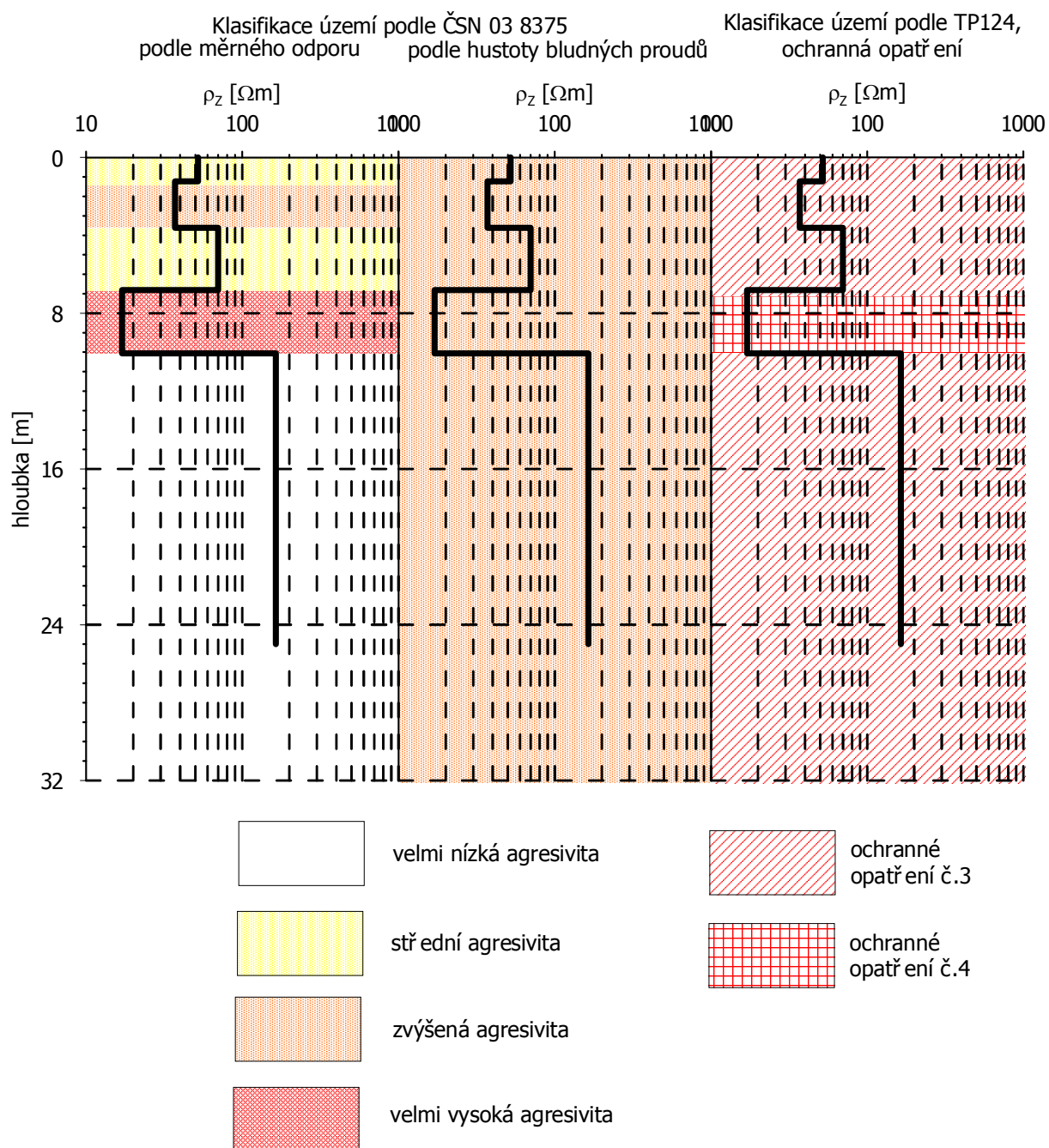
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.9-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP9 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.9-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.9-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.9-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě stanoviště BP9 byl stanoven ve výši 5.



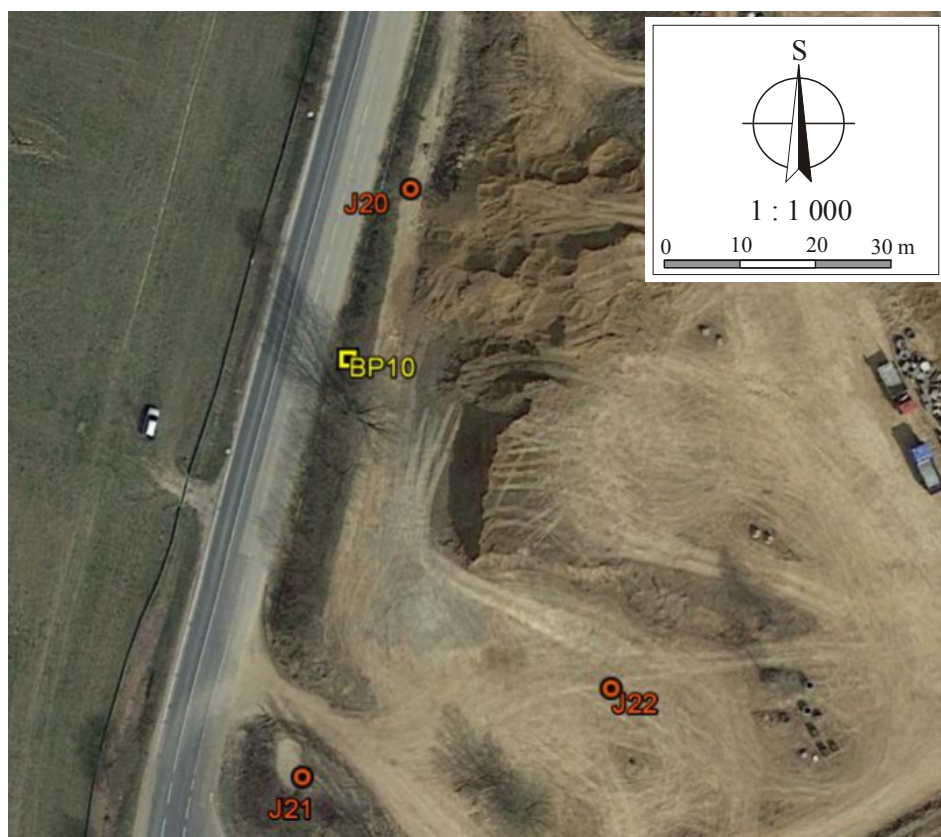
Obr. 3.9-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP9 podle ČSN 03 8375 a TP124

3.10 Stanoviště BP10

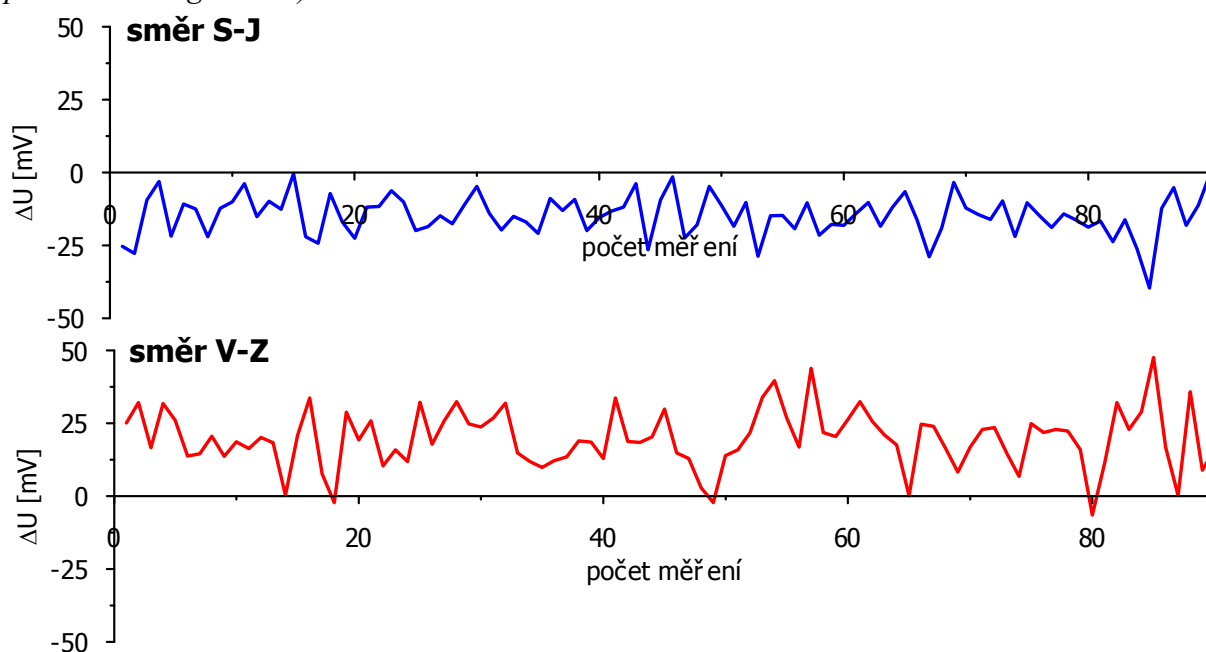
Korozní průzkum pro objekt BP10 byl proveden na stanovišti v blízkosti hlavní komunikace a paty svahu násepu budoucí tramvajové smyčky (viz obrázek 3.10-1). V okolí stanoviště nebyly identifikovány žádné zdroje bludných proudů.

Sběr dat na stanovišti BP10, ve fázi zjišťování přítomnosti bludných proudů, probíhal ve směru S-J automaticky s periodou odečtu 20 s a manuálně ve směru V-Z se stejnou periodou odečtu. Průběh měřené veličiny v čase přináší obrázek 3.10-2. V průběhu měření byly ve směru S-J registrovány pouze záporné hodnoty a ve směru V-Z výhradně kladné hodnoty mezielektrodového potenciálu v řádu desítek mV.

Elektrický odpor prostředí byl v okolí stanoviště BP10 zjišťován metodou VES. Naměřené hodnoty byly kvantitativně interpretovány a bylo zjištěno, že v místech měření se jedná o třívrstvé prostředí – viz obr. 3.10-4. Klasifikaci území z hlediska měrných odporů názorně přibližuje levý graf obrázku 3.10-4.



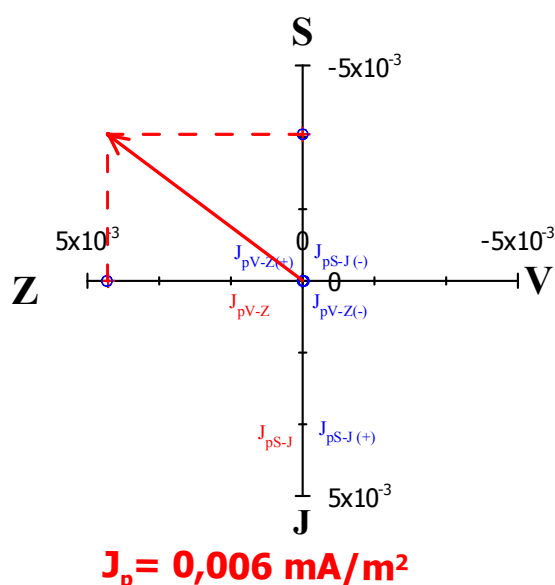
Obr. 3.10-1 Situace stanovišť korozního měření pro stanoviště BP10 (zdroj mapového podkladu GoogleEarth)



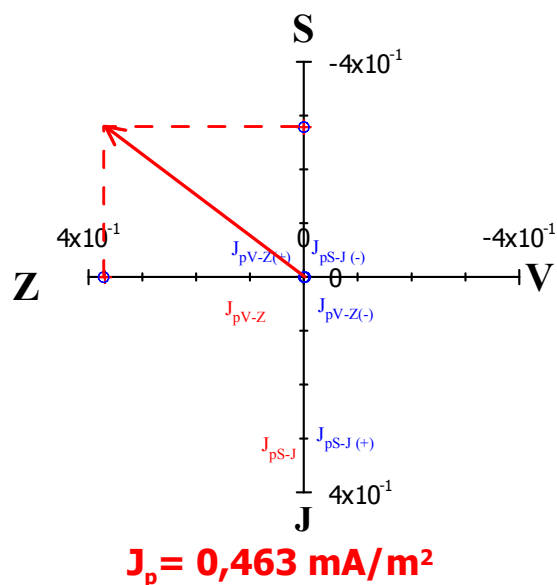
Obr. 3.10-2 Grafický průběh měření ΔU na stanovišti BP10

Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP 10 (vyhodnoceno podle ČSN 03 8375)

- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejvyšším měrném odporu (491 Ωm)



- hustota bludných proudů ve vrstvě
o nejnižším měrném odporu (6 Ωm)



$J_{pS-J(-)}$ hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2], polarita

J_p výsledný vektor hustoty bludných proudů
v zemi [mA/m^2]

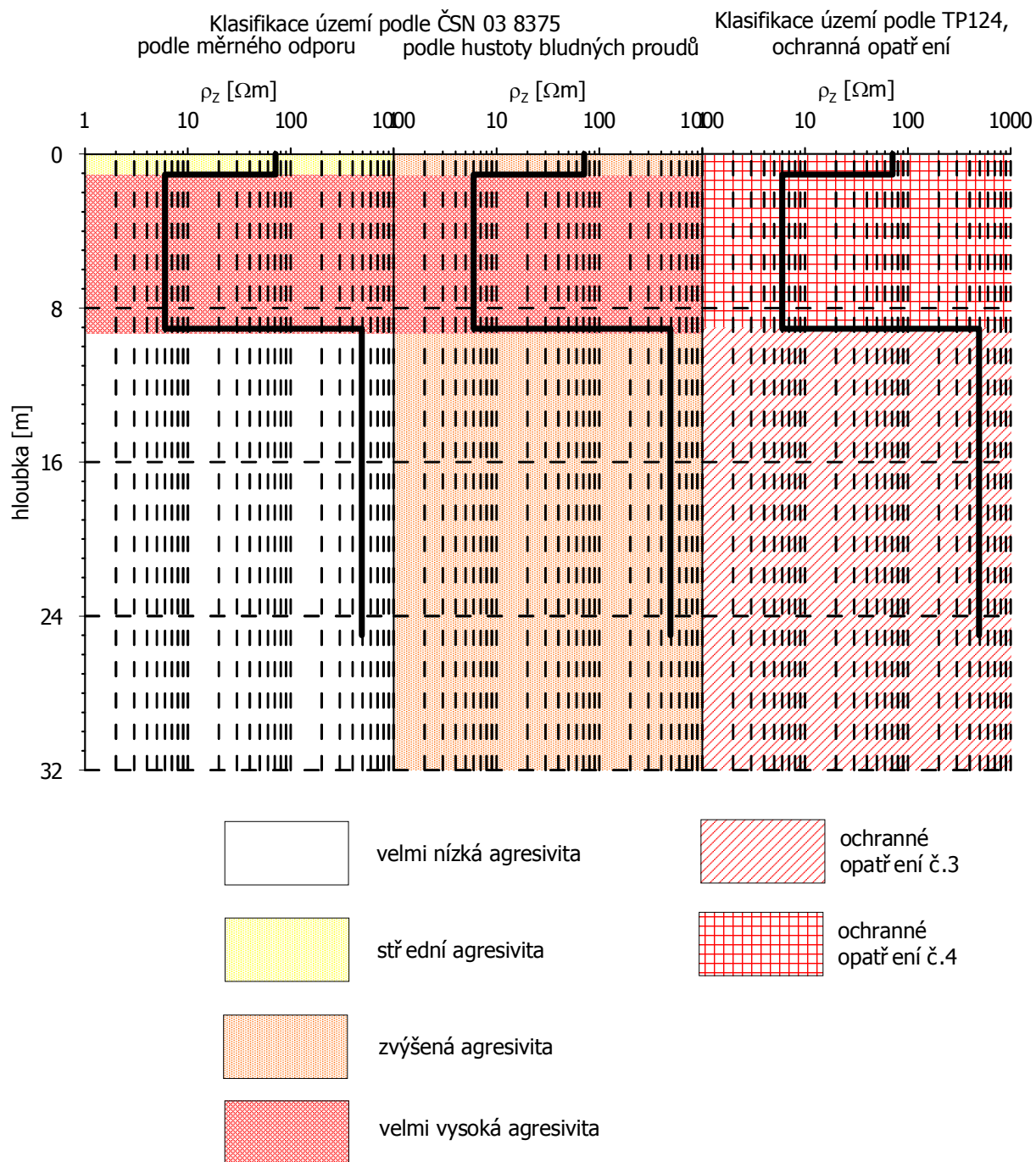
J_{pS-J} hustota bludných proudů v zemi
ve směru sever - jih [mA/m^2]

J_{pV-Z} hustota bludných proudů v zemi
ve směru východ - západ [mA/m^2]

Obr. 3.10-3 Výsledky měření bludných proudů na stanovišti BP10 (podle ČSN 03 8375)

Stanovené složky plošné hustoty bludných proudů $J_{px(S-J)}$, $J_{px(V-Z)}$ ve zjišťovaných směrech sever – jih a východ – západ a výsledné vektory plošné hustoty bludných proudů J_p jsou vyneseny do vektorových diagramů v obrázku 3.10-3. Pro zobrazení výsledků měření bludných proudů na každém stanovišti byly vytvořeny dva diagramy, které demonstrují směr a velikost vektoru bludných proudů, šířících se částí horninového prostředí o maximálním a minimálním měrném odporu zjištěném měřením metodou VES.

Vyhodnocení prostředí z hlediska hustoty bludných proudů podle ČSN 03 8375 přehledně přináší prostřední graf obrázku 3.10-4. Hodnocení prostředí v souladu s TP 124 přináší pravý graf obrázku 3.10-4. Zatřídění ovlivňuje, kromě tabulkových hodnot, také tzv. sací koeficient „Ks“, což je parametr, kterým se násobí výpočtová proudová hustota „ J_p “ stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372. Sací koeficient může nabývat hodnot 1 až 10, v případě obou stanovišť pro objekt BP10 byl stanoven ve výši 5.



Obr. 3.10-4 Agresivita území v okolí stanoviště BP10 podle ČSN 03 8375 a TP124

4. Závěr

V rámci akce „Brno – Bystřice Kamenice, tramvajová trať, předběžný GTP“ byl v souladu s projektem, realizován základní korozní průzkum na stanovištích BP1 – BP10. Metodika prací je uvedena v kapitole 2 a interpretace realizovaných prací je popsána v kapitole 3. Veškeré grafické výstupy korozního průzkumu jsou součástí textu podkapitol 3.1 až 3.10.

V tabulce 2-4 uvádíme přehled všech stanovišť korozního průzkumu v zájmovém území, jejich klasifikace podle hustoty bludných proudů J [mA/m^2] a měrných odporů ρ [Ω/m] v souladu s ČSN 038372 s přihlédnutím k technickým podmínkám TP 124 Ministerstva dopravy a spojů.

Hodnocení korozního průzkumu probíhalo v souladu s ČSN 03 8375 „Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi“ a Technickými podmínkami TP 124 „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací“. Klasifikace území podle jednotlivých stanovišť je součástí kapitoly 3 a bylo provedeno graficky. Vysvětlivky jsou vždy součástí klasifikací. Podle TP 124 je nezbytné pro každé stanoviště volit tzv. sací koeficient, který byl s ohledem na podmínky stanoven na hodnotu 5. Nejvyšší hodnoty mezielektrodových potenciálů byly podle očekávání naměřeny na stanovišti BP1 lokalizovaném v blízkosti tramvajové trati, která je významným zdrojem bludných proudů.

Tabulka 2-4 Klasifikace stanovišť BP1 až BP10 podle hustoty bludných proudů J [mA/m^2] a měrných odporů ρ [Ω/m] v souladu s ČSN 038372 s přihlédnutím k technickým podmínkám TP 124 Ministerstva dopravy a spojů.

Stanoviště	ČSN 038372 podle J [mA/m^2]	ČSN 038372 podle ρ [Ω/m]	TP 124
BP1	III	I - III	3 - 4
BP2	III	II, IV	3 - 4
BP3	III	III - IV	3 - 4
BP4	III	I - III	3 - 4
BP5	III	I - II	3
BP6	II	I	3
BP7	III	I - II	3
BP8	III	I, III	3
BP9	III	I - IV	3 - 4
BP10	III - IV	I, II, IV	3 - 4

Kde I – velmi nízká agresivita prostředí, II – střední, III – zvýšená, IV – velmi vysoká
1 – 5 – základní ochranná opatření

Z hlediska rozložení měrných odporů se agresivita prostředí mění v závislosti na pozicích jednotlivých stanovišť stejně tak jako na hloubce. Nejnižší stupeň agresivity byl identifikován

na stanovištích BP5 a BP6, kde se jedná až na výjimku v úvodních hloubkových partiích BP5 výhradně o nízkou agresivitu prostředí. Dále pak ve směru k stanovišti BP10 agresivita narůstá, zejména v hloubkových intervalech cca 1 – 11 m, kde se mění od střední (stanoviště BP7) až po velmi vysokou (stanoviště BP10). V hlubších polohách je naopak většina měřičských stanovišť BP4 – BP10 charakterizována velmi nízkou agresivitou. Nejvyšším stupněm agresivity jsou pak postižena stanoviště BP2 a BP3, v menší míře pak BP1, kde byla identifikována velmi vysoká agresivita, pomineme-li úvodní partie, takřka v celém zkoumaném hloubkovém dosahu.

Z hlediska hustoty bludných proudů (podle ČSN 03 8375) je celé průzkumné území charakterizováno většinou jako území se zvýšenou agresivitou až na prostředí v okolí stanoviště BP7, které je charakterizováno střední agresivitou v celém rozsahu průzkumu a okolí stanoviště BP10, kde agresivita mění intenzitu mezi zvýšenou až velmi vysokou.

V případě hodnocení průzkumných území podle kritérií stanovených TP 124 bude v případě realizace staveb nezbytné aplikovat ochranná opatření nejčastěji stupně 3 až 4.

V Ostravě dne 10. 6. 2016

Ing. Roman Duras

Ing. Jan Gebauer

Literatura

- (1) ČSN 03 8362 Měděná referenční elektroda k měření potenciálu. Podzemní kovová konstrukce – půda (1976).
- (2) ČSN 03 8365 Zásady měření při protikorozi ochraně kovových zařízení uložených v zemi. Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi (1988).
- (3) ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi (1972).
- (4) Technické podmínky TP 124, Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací, Jeku s.r.o., Praha, 2008.