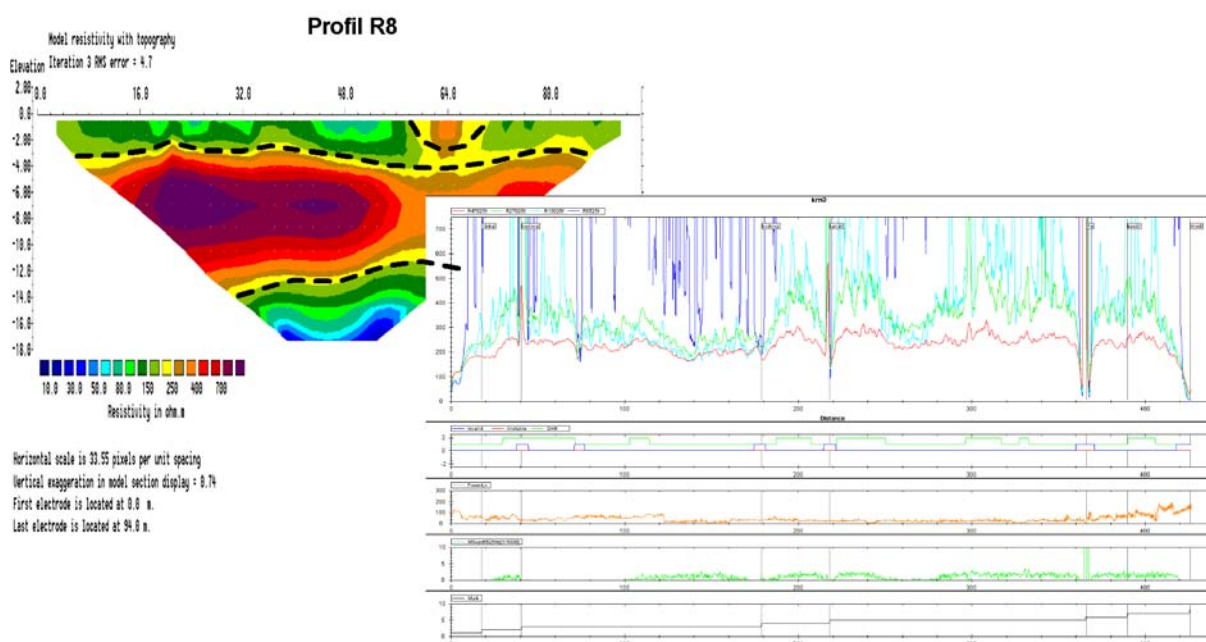


## **G.12.09 – Podrobný IGP pro stavby 02.091 až 02.093.**

### **Technická zpráva o geofyzikálním průzkumu**

### **Lokalita: Krnov**



**Odběratel:**

**Pöyry Environment a. s.**

Botanická 834/56  
602 00 Brno - město

**Odpovědný řešitel:**

RNDr. V. Beneš

**Jednatel společnosti:**

RNDr. J. Bárta, CSc.

**V Praze, 27. 9. 2010**

Tel.: 296 837 220 (24,27),  
605 258 213  
Tel., fax: 266 712 779  
E – mail: [post@gimpuls.cz](mailto:post@gimpuls.cz)  
URL: [www.gimpuls.cz](http://www.gimpuls.cz)

IČO: 48948624  
DIČ: CZ48948624  
Bankovní spojení:  
ČSp Praha 7  
č.ú.: 206354349/0800

G IMPULS Praha spol. s r.o.  
audituje dle standardů  
ISO 9001:2008  
**3EC International**

## **Obsah:**

Úvod

Popis prací

Výsledky měření

Zaměření profilů

Závěr a doporučení

## **Seznam obrázků:**

Obr. 1	Schéma měřených profilů (stavba 02.09)
Obr. 2a	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – pravý břeh, profil L1
Obr. 2b	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – pravý břeh, profil L2, L3 a L4
Obr. 2c	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – levý břeh, profil L5
Obr. 2d	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – levý břeh, profil L6 (vzdušná pata hráze)
Obr. 2e	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – levý břeh, profil L7, L8, L9 a L10.
Obr. 2f	Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle SOP – kontrolní měření rušených úseků profilu L4, L8 a L10.
Obr. 3a	Přehled odporových řezů dle OT
Obr. 3b	Přehled odporových řezů dle OT
Obr. 4a	Přehled detailních měření v místě jezu (stavba 02.901)
Obr. 4b	Přehled detailních měření v místě mostu (stavba 02.903)
Obr. 4c	Přehled detailních měření v místě mostu (stavba 02.902)
Obr. 5.1a	Stanice bludných proudů B1. Levý břeh - stavba 02.901.
Obr. 5.1b	Stanice bludných proudů B2. Pravý břeh - stavba 02.901.
Obr. 5.2a	Stanice bludných proudů B3. Levý břeh - stavba 02.903.
Obr. 5.2b	Stanice bludných proudů B4. Pravý břeh - stavba 02.903.
Obr. 5.3a	Stanice bludných proudů B5. Levý břeh - stavba 02.902.
Obr. 5.3b	Stanice bludných proudů B6. Pravý břeh - stavba 02.902.
Obr. 6	Návrh technických prací pro podrobný IGP

## Úvod

Geofyzikální průzkum na lokalitě „Krnov“ byl proveden v rámci podrobného IGP pro stavbu G.12.09. Objednatel je firma Pöyry Environment a. s., práce byly realizovány na základě smlouvy o dílo č. 08191/5010.

Cílem geofyzikálního průzkumu je upřesnění znalostí o geologické stavbě lokality s ohledem na založení staveb sloužících k protipovodňové ochraně na horním toku řeky Opavy. Jedná se o stavby typu protipovodňové hráze, zdi a o rekonstrukce mostů a jezů. Základní výhodou geofyzikálního průzkumu je skutečnost, že dokáže popsat mělkou geologickou stavbu v celé trase plánovaných objektů. Může tak propojit přesné, ale bodové informace zjištěné ve vrtech a kopaných sondách. Na základě výsledků geofyzikálních měření bude možno optimálně navrhnout rozsah vrtů a sond pro podrobný IGP.

Zájmové území zahrnuje prostor města Krnov. Území je budováno kulmskými sedimenty typu droba a jílovité břidlice s deskovitou odlučností. Kulmské sedimenty jsou překryty kvarterním pokryvem charakteru eolických, deluviálních a především fluviálních sedimentů řeky Opavy. Fluviální sedimenty jsou zastoupeny dvěma souvrstvími s rozdílnou zrnitostí – hrubými bazálními klastiky (štěrky, šterkopísky) a nadložními, soudržnými povodňovými zeminami. Při bázi kvartéru jsou místy popisovány glaciofluviální sedimenty, převažují písčité jíly. Nejsvrchnější vrstvu na lokalitě tvoří antropogenní navážky. Celkově je pokryv velmi pestrý s ostrými materiálovými přechody.

Proměřené profily byly vytyčeny podle pokynů zadavatele, vybrané lomové body trasy hráze byly vyznačeny na předaných podkladech. Terénní práce byly provedeny v červenci a srpnu 2010. Předběžné výsledky průzkumu byly předány elektronicky v podkladech pro kontrolní den 30. 8. 2010.

## Popis prací

Postup prací během geofyzikálního průzkumu byl založen na metodice GMS (tj. Geofyzikální Monitorovací Systém), který používáme při kontrole stavu protipovodňových hrází. Metodika kombinuje rychlé metody s vysokou efektivitou pro všeobecný popis geologické stavby v celé délce liniové stavby s detailním měřením v anomálních místech nebo v místech založení složitějších staveb. Díky tomu dosahujeme optimálního poměru ceny průzkumu a kvality získaných informací. Pro rychlé měření využíváme metodu dipólového odporového profilování (DEMP), v místech silného rušení elektromagnetického signálu používáme náhradní metodu SOP – symetrické odporové profilování. Základem detailních měření je odporová tomografie (OT), která je v místech stavby nebo rekonstrukce mostů a jezů doplněna mělkou refrakční seismikou (MRS) a měřením bludných proudů (BP).

**Metoda dipólového elektromagnetického profilování (DEMP)** patří mezi elektromagnetické geofyzikální metody. Měřeným parametrem je zdánlivá vodivost (resp. zdánlivý měrný odpor) geologického prostředí v místě měření. Na základě odporů lze interpretovat hranice jednotlivých vrstev prostředí a posoudit jejich vlastnosti. Toho lze využít pro sledování kolísání obsahu jílovité a písčité frakce ve zkoumaném geologickém prostředí (tj. relativní propustnosti prostředí). Hlíny a jíly totiž obecně mají ve srovnání s písky a šterky výrazně nižší odpory. Princip metody DEMP je založen na měření indukce primárního elektromagnetického pole vysílací cívky v okolním zkoumaném prostředí. Díky indukci primárního pole vzniká pole druhotné (sekundární), jehož intenzita je dána vodivostí (odporem) prostředí v okolí vysílací cívky. Hloubkový dosah metody závisí na vodivosti prostředí a především na frekvenci primárního elektromagnetického pole. Vysoké frekvence mají menší hloubkový dosah než frekvence nízké. To je důležité pro interpretaci měřených dat. V příznivém případě lze posoudit, zda např. chybí svrchní poloha povodňových hlín nebo zda se anomálie vodivosti vyskytuje v tělese nebo v podloží existujících hrází. Pro měření byl použit přístroj GEM2 (GEOPHEX, USA), který pracuje jako širokopásmová digitální multifrekvenční elektromagnetická aparatura. V našem případě byly nastaveny 4 pracovní frekvence, které se jeví jako

nejvhodnější na základě analýzy elektromagnetického šumu na většině lokalit v ČR. Jedná se o frekvence 6525 Hz, 13025 Hz, 27025 Hz a 47025 Hz. Těmto frekvencím odpovídá orientační hloubkový dosah 15 m, 10 m, 5 m a 2 m. Měření bylo provedeno se stackováním 5 (tj. do paměti byl ukládán průměr 5 po sobě jdoucích měření) v „kontinuálním“ módu při rychlosti volné chůze. Výsledná hustota dat odpovídá cca 4 záměry na 1 m profilu. Aparatura byla propojena s navigačním systémem GPS, díky tomu byla pozice proměřených profilů zaznamenána automaticky. Výstupem měření jsou grafy odporů podél měřeného profilu s určením tzv. kvasiisotropních bloků (tj. míst obdobného materiálového složení a geomechanických vlastností) a vytipováním lokálních anomálií (např. starých inženýrských sítí) a ostrých materiálových přechodů (např. výplně meandrů). Analýza naměřených dat byla provedena s využitím programu GMS\_data.

**Symetrické odporové profilování (SOP)** nahrazuje metodu DEMP v místech silného rušení. Jedná se o nejběžnější variantu 4 elektrodového odporového profilování. Proudové elektrody (zvykově označované A a B) jsou situovány na okraji uspořádání, v jeho středu symetricky měřicí elektrody M a N. Obvyklá sekvence elektrod je tedy A – M – N – B, vzájemné vzdálenosti elektrod v metrech jsou 5 – 5 – 5, případně 10 – 10 – 10. Změřený elektrický odpor je nazýván jako zdánlivý. Jedná se vlastně o střední měrný elektrický odpor horninového prostředí mezi zemským povrchem a hloubkovým dosahem uspořádání. Hloubkový dosah uspořádání je závislý na vzdálenosti proudových elektrod AB a odpovídá nejčastěji AB/4. Hodnota zdánlivého měrného odporu je pozičně přisouzena středu uspořádání. Výstupem měření metodou SRP je profilová křivka - graf měrných odporů podél měřeného profilu, které lze popisovat jako grafy metody DEMP.

Metoda **odporové tomografie OT** patří mezi stejnosměrné geoelektrické odporové metody. Princip metody spočívá v měření měrných odporů zemin a hornin pomocí velkého množství elektrod umístěných podél profilu. Elektrody jsou spojeny speciálním kabelem, který umožňuje elektrody postupně zapojovat jako proudové i potenciálové. Díky tomu lze proměřit velký počet variant 4-elektrodového uspořádání s různou geometrií a hloubkovým dosahem. Měření probíhá automaticky, vše je řízeno pomocí PC. Celkový hloubkový dosah měření závisí na maximální vzdálenosti proudových elektrod. Pro měření metodou OT byla použita aparatura ARES (GF Instruments, CZ). Proměřen byl vždy úsek v délce 94 m (tzv. položení), který byl osazen 48 elektrodami s krokem po 2 m. V případě potřeby lze měřený úsek libovolně protahovat, toho jsme využili při měření na hrázi Petrova rybníku. Zde byly měřeny profily s délkou 710 a 846 m. Výstupem průzkumu je odporový řez / model zájmového profilu. Na základě odporů lze posoudit materiálové složení prostředí a jeho homogenitu ve smyslu vertikální stavby zájmového území. Pro výpočet odporového modelu byl použit program Res2Dinv.

**Mělká refrakční seismika MRS** je měřena pouze v místech výstavby nebo rekonstrukce mostů a jezů. Metoda využívá lomu seismické vlny na rozhraní pomalejšího (nadložního) a rychlejšího (podložního) prostředí. V našem případě je to např. rozhraní mezi říčními sedimenty a pevným podložím. Seismické snímače (geofony) jsou umístěny na profilu s pravidelným krokem. Délka položení (layoutu) je navržena na 94 m (48 geofonů s krokem po 2 m). Jako zdroj seismické energie se používá dopad velkého kladiva. Místa úderu kladiva leží na kraji i uvnitř položení (layoutu) geofonů. V určité vzdálenosti od dopadu kladiva se k povrchu dostane jako nejrychlejší právě vlna lomená, protože ta se podél refrakčního rozhraní pohybuje rychleji, než je rychlost v nadloží. Díky tomu lze interpretovat tvar refrakčního rozhraní i rychlosti v jeho nadloží a podloží. Interpretované seismické rychlosti v hrázi slouží pro určení ulehlosti materiálu a dalších geomechanických vlastností. Seismická měření byla provedena s využitím 48 kanálové aparatury Terraloc Mk 6 (ABEM Švédsko), pro interpretaci naměřených dat používáme program REFLEX W (Sandmeier 2010).

**Měření bludných proudů** je prováděno v místech založení mostů. Měření slouží pro posouzení elektrochemických potenciálů vznikajících v horninovém prostředí. Rozložení potenciálů je silně ovlivněno umělým zásahem do prostředí (založení stavby, položení inženýrských sítí apod.). Bludné proudy, které pronikají do kovových objektů, vytvářejí anodické i katodické oblasti a jsou příčinou elektrochemické koroze kovových konstrukcí. Elektrochemické pole může být v čase proměnné. Při měření bylo postupováno zejména ve smyslu níže uvedených norem a standardů:



ČSN 03 8375 – Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.

ČSN 03 8372 – Zásady ochrany proti korozi nelineových zařízení uložených v zemi nebo ve vodě.

ČSN 03 8365 – Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi.

Metodický pokyn dokumentace elektrických a geofyzikálních měření betonových mostů pozemních komunikací. Vydalo Ministerstvo dopravy ČR, Praha 1995. (Dokonalé propracování tohoto pokynu umožňuje jeho využití i pro jiné pozemní stavby).

ČSN EN 50162 – Ochrana před korozí bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav.

Měření proběhlo na observačních stanicích, na kterých byla sledována přítomnost bludných proudů. Měření bludných proudů proběhlo tak, že byly sledovány potenciální rozdíly mezi nepolarizovatelnými elektrodami N a M1, resp. N a M2. Vzdálenost elektrod od sebe byla vždy 20 metrů. Směr dvojice nepolarizovatelných elektrod NM1 byl vůči dvojici NM2 vždy kolmý. Měření velikosti bludných proudů probíhalo ve dvou vzorkovacích režimech, a to 1 s a 10 s. Měrný odpor prostředí byl odečten z výsledků odporové tomografie.

Geofyzikální průzkum na lokalitě „Krnov“ byl proveden v souladu s projektem prací. Na lokalitě byly proměřeny metodou DEMP profily v ose projektovaných nových hrází, stávajících a nově projektovaných zdí. V místě projektovaných úprav jezu a dvou mostů bylo provedeno detailní měření pomocí metod OT a MRS, dále byly změřeny stanice bludných proudů.

Předběžná analýza měření DEMP ukázala, že mělká geologická stavba lokality je celkem pestrá. Generelně je lokalita z hlediska pokryvu (základových půd) budována říčními sedimenty řeky Opavy (převažují písky a štěrky), které jsou většinou překryty vrstvou povodňových hlín a hlinito-písčitých navážek s mocností nejčastěji 1 až 2 m. Často se však vyskytují anomální úseky, kde je mocnost povodňových hlín výrazně snižena nebo zcela chybí. Pro kontrolní – detailní měření metodou OT byly vybrány vesměs takové úseky. Celkem bylo změřeno 12 kontrolních úseků. Situace provedených měření je zakreslena na schématu, viz obr. 1. Přehled provedených měření je shrnut v Tab. 1.

**Tab. 1 Přehled provedených měření na lokalitě „Krnov“.**

Položka	Jednotka	Množství
Doprava, příprava	km	400
DEMP/SOP v ose nových hrází	km	1,1
OT 30% rozsahu nových hrází (osa)	položení	3
DEMP/SOP pro stávající hráze (osa/pata)	km	0
OT 30% rozsahu stávajících hrází (osa)	položení	0
DEMP/SOP v ose opěrných zdí	km	3,66
OT 30% rozsahu opěrných zdí (osa)	položení	9
DEMP/SOP v ose obchvatu	km	0
OT 30% rozsahu trasy obchvatu	položení	0
DEMP/SOP v ose průlehu	km	0
OT 30% rozsahu trasy průlehu	položení	0
OT pro mostní objekty	položení	4
MRS pro mostní objekty	položení	4
BP pro mostní objekty	stanice	6
OT na břehu pro jezy	položení	2
OT napříč tokem pro jezy	položení	1
MRS na břehu pro jezy	položení	2
Zpracování	ks	1
Zpráva	ks	1

## Výsledky měření

**Výsledky měření metodou DEMP** jsou dokumentovány ve formě grafů měřených odporů a jejich základní interpretace na obr. 2a - e. V horním grafu je soubor odporových křivek pro jednotlivé pracovní frekvence. Další graf ukazuje základní interpretaci provedených měření. Ve formě lomené čáry jsou vymezeny úseky s vyšší mírou rušení (funkce Invalid = 1) a rozsah interpretovaných kvasihomogenních bloků QHB. Bloky QHB jsou místa obdobného materiálového složení a geomechanických vlastností. Pro vymezení hranic bloků používáme limitní hodnoty odporů uvedené v Tab. 2. Na grafu jsou analyzována data pro frekvenci 47025 Hz, tj. s hloubkovým dosahem cca 2 m. Třetí a čtvrtý graf ukazuje míru šumu pro frekvenci 50 Hz (funkce power Ln) a magnetickou susceptibilitu. Oba parametry lze využít pro interpretaci přítomnosti železných objektů nebo elektrických zařízení v trase profilu. Poslední graf zachycuje pozici terénních značek (ploty, silnice, apod.). Rušené úseky profilů L4, L8 a L10 byly přeměřeny metodou SOP. Výsledné odporové grafy jsou na obr. 2f.

**Tab. 2 Typické hodnoty měrných odporů dle metody DEMP pro běžný kvartérní pokryv**

*Poznámka: uvedené hodnoty platí pro měření za sucha – při měření za zvýšené vlhkosti je třeba počítat se sníženými limity, např. 20 – 50 – 90 – 140 ohmm.*

Měrný odpor (ohmm)	Popis	Hodnota QHB (quasihomogenní bloky)
pod 40	Jíl	-2
41 - 80	Písčitý jíl až jílovitý písek	-1
81 - 140	Jílovitý písek až štěrkopísek	0
141 - 250	Slabě jílovitý písek až štěrkopísek	1
nad 251	Písek až štěrkopísek	2

Výsledky měření metodou OT jsou zpracovány ve formě odporových řezů na obr. 3a, b. Měrné odpory hornin jsou v řezech vyjádřeny formou mapy izolinií odporů. Odporová škála je konstruována tak, aby co nejlépe vystihovala materiálové změny v místě měření. V řezech je černou linií vyznačen průběh hlavních subhorizontálních odporových rozhraní (vesměs rozsah vrstev kvartéru a eventuálně zvětralého podloží).

Podobně jsou prezentovány výsledky detailních měření u mostních objektů a jezu (obr. 4a - c). Kromě odporových řezů dle OT je navíc uveden řez seismický. Seismické rychlosti jsou vyjádřeny jako mapa izolinií, interpretované refrakční rozhraní je zakresleno černou přerušovanou čarou. Průběh měření bludných proudů je dokumentován sadou grafů naměřených elektrických potenciálů (viz obr. 5.1a až 5.3b).

**Výsledky geofyzikálního průzkumu na lokalitě „Krnov“ lze shrnout do následujících odstavců:**

### **Stavba 02.091 – nábrežní zdi, ochranná hráz, jez:**

1. Hodnoty odporů dle metody DEMP (profily L1, L5 a L6) se pro „mělké“ frekvence 27025 a 47025 Hz na lokalitě pohybují nejčastěji v širokém rozmezí 50 až 500 ohmm, Tomu odpovídá hodnota QHB -1 až +2. Charakter pokryvu je tedy značně proměnný, vyskytují se písčité hlíny až slabě hlinité písky a štěrky. Hodnoty odporů dále s hloubkou vesměs rostou (viz „hluboké“ frekvence 6525 a 13025 Hz). **To interpretujeme tak, že zájmové území je pokryto pestrá vrstvou povodňových hlín a písčitých navážek, která má proměnnou mocnost (místy i chybí). V jejím podloží se vyskytují písky a štěrky říční terasy.**

2. Interpretaci měření metodou DEMP potvrdilo kontrolní, detailní měření OT. V řezech na obr. 3a, b vidíme 3 až 4 subhorizontální vrstvy. První dvě vrstvy mají velmi pestré odpory, nejčastěji od 60 do 600 ohmm. Jedná se o vrstvy pokryvu, které mají proměnný charakter. Vyskytují se jak písčité jíly až hlinité písky (většinou povodňové hlíny, místy navážky), tak štěrkovité navážky nebo štěrkovito-písčité sedimenty říční terasy. Mocnost svrchní polohy je značně proměnná, pohybuje se od 4 do 12 m. **Problematické oblasti** vysokých odporů v pokryvu, které vystihují rozsah více propustných vrstev a které na lokalitě převažují, **jsou vyznačeny na obr. 6 tmavě modrou linií.**

3. Dále se v řezu vyskytují polohy s odpory 20 až 200 ohmm. To odpovídá jílovitým sedimentům (glaciofluvialní sedimenty?) až slabě hlinitým pískům až štěrkům. Místy se však vyskytují již podložní kulmské sedimenty (dle informací z vrtů). Ty jsou zastoupeny silně zvětřalými a rozpukanými drobnými, které mohou mít charakter až kamenitých sutí. Pokles odporů v tomto segmentu řezu pravděpodobně souvisí s kolísáním obsahu jílovité složky v sedimentech.

4. Podobná situace byla zaznamenána i v místě úpravy jezu (viz obr. 4a). V blízkosti povrchu zde ale převažují více hlinité – jílovité sedimenty. Patrně se jedná o hlinité navážky s mocností kolem 3 m. V korytě řeky nelze vyloučit výskyt jílovitých (glaciofluvialních) sedimentů. Seismické rychlosti sedimentů v okolí jezu při povrchu dosahují hodnot vesměs od 400 do 1000 m/s. Jedná se o rychlosti charakteristické pro nepevněné sedimenty a navážky až ulehlé sedimenty. Dále s hloubkou rychlosti rostou. Interpretované refrakční rozhraní se nachází v hloubce cca 5 m, kde se rychlosti pohybují již kolem 1400 m/s. Takové rychlosti se mohou vyskytovat u silně ulehlých sedimentů pod hladinou podzemní vody (případně u rozvětraných kulmských sedimentů).

5. Při posuzování nebezpečí koroze v místě úprav jezu se vychází ze zjištěné proudové hustoty pole bludných proudů  $J_p$  [mA/m<sup>2</sup>] a velikosti zjištěných měrných odporů [ $\Omega$ m]. Oba parametry byly měřeny na dvou stanicích (B1 levý břeh, B2 pravý břeh). Dokumentace měření je na obr. 5.1a, b. Výsledky měření jsou přehledně uvedeny v tabulce na konci kapitoly. **Z výpočtu proudových hustot plyne ve smyslu ČSN 03 8372, že lokalita se nachází v místech, které zařazujeme do**

**kategorie IV, agresivita velmi vysoká** (stanice B2 – pravý břeh)

**kategorie III, agresivita zvýšená** (stanice B1 – levý břeh).

Při praktickém použití výsledku lze uvažovat, že celá konstrukce se nachází v místech, kterou zařazujeme do

**kategorie IV, agresivita velmi vysoká**

protože přes stavbu může dojít k pronikání proudů z jednoho břehu na druhý.

### **Stavba 02.093 – nábrežní zdi, most:**

1. Hodnoty odporů dle metody DEMP (profily L2, L3 a L7, L8, L9) se pro „mělké“ frekvence 27025 a 47025 Hz na lokalitě pohybují nejčastěji v širokém rozmezí 80 až 400 ohmm (mimo rušené úseky, kde bylo měřeno metodou SOP). Tomu odpovídá hodnota QHB -1 až +2. Charakter pokryvu je tedy značně proměnný, vyskytují se písčité hlíny až slabě hlinité písky a štěrky. Hodnoty odporů dále s hloubkou vesměs rostou (viz „hluboké“ frekvence 6525 a 13025 Hz). **To interpretujeme tak, že zájmové území je pokryto pestrá vrstvou povodňových hlín a písčitých navážek, která má proměnnou mocnost (místy i chybí). V jejím podloží se vyskytují písky a štěrky říční terasy.**

2. Interpretaci měření metodou DEMP potvrdilo kontrolní, detailní měření OT. V řezech na obr. 4b (okolí mostu) vidíme 3 subhorizontální vrstvy. Svvrchní vrstva má zvýšené odpory 200 do 400 ohmm. Jedná se o materiály typu štěrkovité navážky až slabě hlinité písky a štěrky. Mocnost svrchní polohy je značně proměnná, pohybuje se od 3 do 8 m. **Problematické oblasti** vysokých odporů v pokryvu, které

vystihují rozsah více propustných vrstev a které na lokalitě převažují, **jsou vyznačeny na obr. 6 tmavě modrou linií.**

3. Dále se v řezu vyskytují polohy s odpory 50 až 150 ohmm. To odpovídá jílovitým sedimentům (glaciofluvialní sedimenty?) až hlinitým pískům až štěrům. Místy se však vyskytují již podložní kulmské sedimenty (dle informací z vrtů). Ty jsou zastoupeny silně zvětřalými a rozpukanými drobkami, které mohou mít charakter až kamenitých sutí. Pokles odporů v tomto segmentu řezu pravděpodobně souvisí s kolísáním obsahu jílovité složky v sedimentech.

4. Seismické rychlosti sedimentů v okolí mostu při povrchu dosahují hodnot vesměs od 500 do 1100 m/s. Jedná se o rychlosti charakteristické pro středně ulehlé až ulehlé sedimenty a navážky. Zvýšené rychlosti pod mostem jsou patrně projevem jeho základů. Dále s hloubkou rychlosti rostou. Interpretované refrakční rozhraní se nachází v hloubce cca 3 až 6 m, kde se rychlosti pohybují již kolem 1400 m/s. Takové rychlosti se mohou vyskytovat u silně ulehlých sedimentů pod hladinou podzemní vody (případně u rozvětraných kulmských sedimentů).

5. Při posuzování nebezpečí koroze v místě úprav mostu se vychází ze zjištěné proudové hustoty pole bludných proudů  $J_p$  [mA/m<sup>2</sup>] a velikosti zjištěných měrných odporů [ $\Omega$ m]. Oba parametry byly měřeny na dvou stanicích (B3 levý břeh, B4 pravý břeh). Dokumentace měření je na obr. 5.2a, b. Výsledky měření jsou přehledně uvedeny v tabulce na konci kapitoly. **Z výpočtu proudových hustot plyne ve smyslu ČSN 03 8372, že lokalita se nachází v místech, které zařazujeme do**

**kategorie IV, agresivita velmi vysoká** (stanice B3 a B4)

#### **Stavba 02.092 – nábrežní zdi, most:**

1. Hodnoty odporů dle metody DEMP (profily L4 a L10) se pro „mělké“ frekvence 27025 a 47025 Hz na lokalitě pohybují nejčastěji v širokém rozmezí 80 až 400 ohmm (mimo rušené úseky, kde bylo měřeno metodou SOP). Tomu odpovídá hodnota QHB -1 až +2. Charakter pokryvu je tedy značně proměnný, vyskytují se písčité hlíny až slabě hlinité písky a štěrky. Hodnoty odporů dále s hloubkou vesměs rostou (viz „hluboké“ frekvence 6525 a 13025 Hz). **To interpretujeme tak, že zájmové území je pokryto pestrá vrstvou povodňových hlín a písčitých navážek, která má proměnnou mocnost (místy i chybí). V jejím podloží se vyskytují písky a štěrky říční terasy.**

2. Interpretaci měření metodou DEMP potvrdilo kontrolní, detailní měření OT. V dané oblasti jsou řezy R4 a R12 (obr. 3a,b) a S5 a S6 (obr. 4c). Na řezech většinou vidíme 3 subhorizontální vrstvy. Svrchní vrstva má odpory od 60 do 150 ohmm. Jedná se o materiály typu hlinité až hlinito-písčité navážky nebo povodňové hlíny. Mocnost svrchní polohy je značně proměnná, pohybuje se od 1 do 4 m. Výjimkou je řez R4, kde je při povrchu poloha s vysokými odpory nad 300 ohmm. To jsou patrně propustné štěrkovité navážky. Obecně **problematické oblasti** vysokých odporů v pokryvu, které vystihují rozsah více propustných vrstev, **jsou vyznačeny na obr. 6 tmavě modrou linií.**

3. Dále se v řezech vyskytují polohy jak zvýšených odporů (vesměs nad 200 ohmm = písky a štěrky terasy), tak dále do podloží vrstvy s odpory 20 až 150 ohmm. To odpovídá jílovitým sedimentům (glaciofluvialní sedimenty?) až hlinitým pískům až štěrům. Místy se však vyskytují již podložní kulmské sedimenty (dle informací z vrtů). Ty jsou zastoupeny silně zvětřalými a rozpukanými drobkami, které mohou mít charakter až kamenitých sutí. Pokles odporů v tomto segmentu řezu pravděpodobně souvisí s kolísáním obsahu jílovité složky v sedimentech.

4. Seismické rychlosti sedimentů v okolí mostu při povrchu dosahují hodnot vesměs od 500 do 1100 m/s. Jedná se o rychlosti charakteristické pro středně ulehlé až ulehlé sedimenty a navážky. Zvýšené rychlosti pod mostem jsou patrně projevem jeho základů. Dále s hloubkou rychlosti rostou. Interpretované refrakční rozhraní se nachází v hloubce cca 3 až 5 m, kde se rychlosti pohybují již

kolem 1500 m/s. Takové rychlosti se mohou vyskytovat u silně ulehlých sedimentů pod hladinou podzemní vody (případně u rozvětraných kulmských sedimentů).

5. Při posuzování nebezpečí koroze v místě úprav mostu se vychází ze zjištěné proudové hustoty pole bludných proudů  $J_p$  [mA/m<sup>2</sup>] a velikosti zjištěných měrných odporů [ $\Omega$ m]. Oba parametry byly měřeny na dvou stanicích (B5 levý břeh, B6 pravý břeh). Dokumentace měření je na obr. 5.3a, b. Výsledky měření jsou přehledně uvedeny v tabulce na konci kapitoly. **Z výpočtu proudových hustot plyne ve smyslu ČSN 03 8372, že lokalita se nachází v místech, které zařazujeme do**

**kategorie III, agresivita zvýšená** (stanice B5 – levý břeh)

**kategorie II, agresivita střední** (stanice B6 – pravý břeh)

Při praktickém použití výsledku lze uvažovat, že celá konstrukce se nachází v místech, kterou zařazujeme do

**kategorie III, agresivita zvýšená**

protože přes stavbu může dojít k pronikání proudů z jednoho břehu na druhý.

**Hodnocení nebezpečí koroze** se obecně provádí na základě porovnání měřených hodnot s příslušnými standardy (ČSN). V tabulce 3 jsou uvedena kritéria podle ČSN 03 8372.

**Tab. 3: Nebezpečí koroze dle ČSN 03 8372**

Měrný odpor [ $\Omega$ m]	Proudová hustota $J_p$ [mA/m <sup>2</sup> ]	Charakteristika korozivity	Stupeň korozivity
více jak 100	méně než 0,0001	velmi nízká	I
50 - 100	0,0001 – 0,003	střední	II
23 - 50	0,003 – 0,1	zvýšená	III
méně než 23	více než 0,1	velmi vysoká	IV

V tabulce 5 jsou přehledně zpracovány výsledky měření bludných proudů na všech stanicích. V tabulce jsou uvedeny proudové hustoty  $J_p$  a dále je zde uvedená kategorie agresivity ve smyslu ČSN 03 8372. Výpočet proudové hustoty byl proveden tak, že nejprve byly stanoveny průměrné hodnoty potenciálních rozdílů v jednotkách mV/m. Tyto hodnoty byly stanoveny jak pro směry MN1, tak pro MN2. Po výpočtu velikosti vektorů rozdílů potenciálního pole byly vypočteny proudové hustoty  $J_p$  – což je podíl těchto vektorů k měrnému odporu prostředí.

Geologická stavba podloží, plynoucí z řezů odporové tomografie je shrnuta v následující tabulce 4.

**Tab 4: Geologická stavba podloží**

Stanice	Hloubka [m]	Měrný odpor $\rho$ [ $\Omega$ m] *)
Pravý břeh – B4	0 - 15	75
Levý břeh – B3	0 - 15	75
Pravý břeh – B2	0 - 15	50
Levý břeh – B1	0 - 15	125
Pravý břeh – B6	0 - 15	150
Levý břeh – B5	0 - 15	150



Tab 5: Výpočet proudových hustot  $J_p$ 

Stanice	Datum/režim vzorkování	Měrný odpor $\rho$ [ $\Omega\text{m}$ ] *)	Proudová hustota $J_p$ [ $\text{mA}/\text{m}^2$ ]	Kategorie agresivity dle $J_p$ **)
B4	25.07.10/1 sec	75	0.24008	IV
B4	25.07.10/10 sec	75	0.23054	IV
B3	25.07.10/1 sec	75	0.15274	IV
B3	25.07.10/10 sec	75	0.27874	IV
B2	25.07.10/1 sec	50	0.17438	IV
B2	25.07.10/10 sec	50	0.14505	IV
B1	25.07.10/1 sec	125	0.03448	III
B1	25.07.10/10 sec	125	0.03840	III
B5	25.07.10/1 sec	150	0.03290	III
B5	25.07.10/10 sec	150	0.02900	III
B6	25.07.10/1 sec	150	0.00100	II
B6	25.07.10/10 sec	150	0.00260	II

\*) reprezentativní hodnota odvozená z odporových měření

\*\*) kategorizace ve smyslu normy ČSN 03 8372, viz tab. 1

### Zaměření profilů

Zadavatel průzkumu předal souřadnice vybraných lomových bodů trasy projektovaných staveb, které sloužily pro navigaci během měření s využitím příruční stanice GPS typu Garmin GPSmap 60CSx. Skutečný průběh měřených profilů byl zaměřen v průběhu měření metody DEMP synchronně zapojenou stanicí GPS typu Garmin GPS 16 HVS. Chyba určená polohy pomocí této technické stanice GPS se pohybuje od 2 do 8 m podle kvality příjmu satelitního signálu. Profily pro kontrolní (detailní) měření metodou OT byly vytyčeny a zaměřeny pomocí příruční stanice GPS typu Garmin GPSmap 60CSx. Její chyba v určení polohy kolísá od 1 do 6 m podle kvality příjmu satelitního signálu.

### Závěr a doporučení

Geofyzikální průzkum na lokalitě „Krnov“ ukázal na celkem pestré geologické stavbu svrchní polohy sedimentů pokryvu. Lokalita je vesměs kryta polohou povodňových hlín (místa navážek) nejčastěji s mocností od cca 1 do 3 m. Velmi často se však vyskytují oblasti, kde je mocnost nižší než 1 m, případně oblasti, kde vrstva zcela chybí. Na některých místech se také vyskytují navážky charakteru písků a štěrků se zvýšenou propustností. V podloží povodňových hlín (navážek) se nachází poloha říčních písků a štěrků. Dále směrem do podloží (řezy OT mají hloubkový dosah cca 18 m) se místy vyskytují písčité jíly až jílovité písků (graciofluvialní?), dle vrtné dokumentace místy také již kulmské sedimenty.

Snížená mocnost hlinitého pokryvu nebo výskyt propustných navážek mohou komplikovat zakládání protipovodňových staveb. Problematické oblasti jsou vyznačeny na obr. 6 pomocí tmavě modrých linií

podél trasy projektovaných staveb. Doporučujeme se zaměřit především na oblasti vyznačené silnou linií.

V rámci podrobného IGP doporučujeme provedení doplňkových vrtů, které situujeme do interpretovaných oblastí se sníženou mocností povodňových hlín nebo do oblastí obecně typických pro danou lokalitu (viz obr 6). Souřadnice vrtů jsou uvedeny v Tab. 6. Situace navrhovaných vrtů přitom zohledňuje již provedené technické práce v rámci předběžného IGP. Výsledná síť vrtných prací a výsledky geofyzikálních měření poskytnou optimální informaci o svrchní geologické stavbě zájmového území.

Další případné rozšíření technických prací v rámci podrobného průzkumu je třeba konzultovat s projektanty tak, aby respektovaly jejich požadavky z hlediska zakládání složitějších staveb (např. zavázání hrází, křížení staveb s inženýrskými sítěmi, mosty, jezy apod.). Jedná se také o úpravu jezu a dvou mostních objektů. Při projektu úprav těchto staveb doporučujeme přihlédnout ke zjištěné kategorii agresivity prostředí. Z výpočtu proudových hustot plyne ve smyslu ČSN 03 8372, že lokalita se nachází v místech, které zařazujeme do

**kategorie IV, agresivita velmi vysoká** (stavba 02.091 a 02.093)

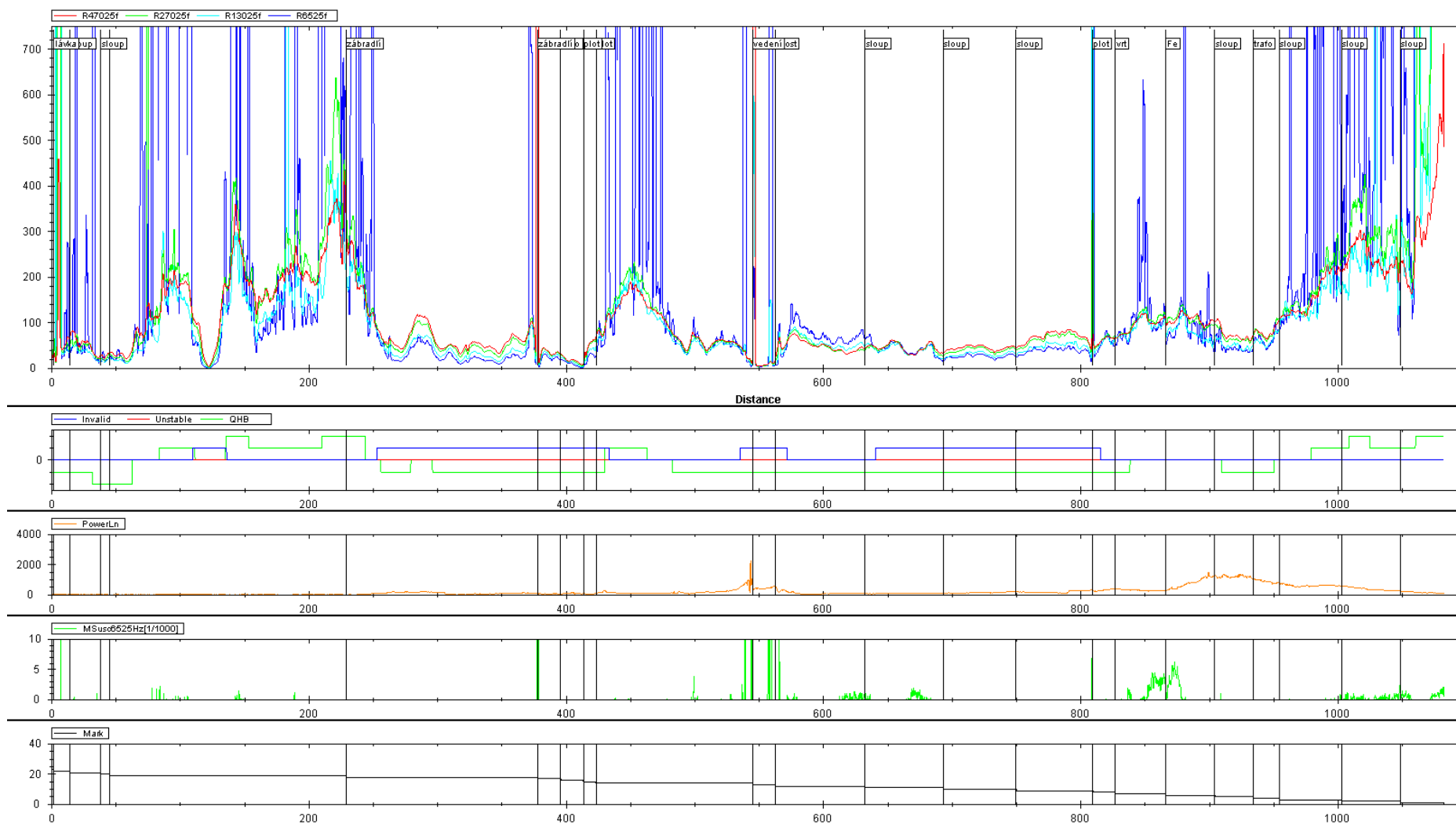
**kategorie III, agresivita zvýšená** (stavba 02.092)

**Tab. 6 Návrh vrtů (sond) pro podrobný IGP na lokalitě „Krnov“**

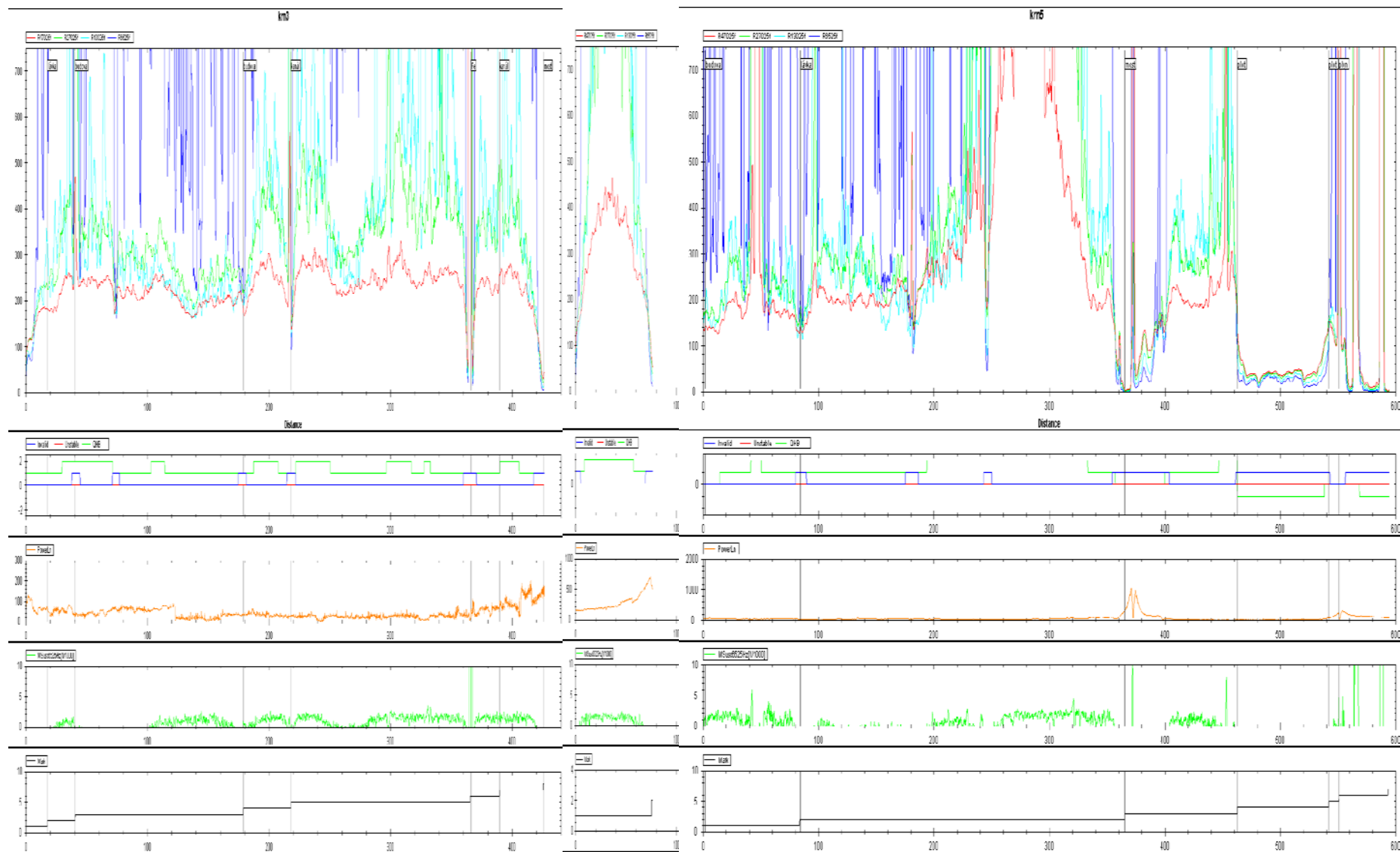
Pořadové číslo	stavba	Y (m)	X (m)	Poznámka
1	02.901	510477	1070048	Pravý břeh, zvýšená propustnost
2	02.901	510305	1069978	Pravý břeh, zvýšená propustnost
3	02.901	509784	1069990	Pravý břeh, u jezu, zvýšená propustnost
4	02.903	509502	1069924	Pravý břeh, zvýšená propustnost
5	02.903	509186	1069882	Pravý břeh, zvýšená propustnost
6	02.902	508902	1069588	Pravý břeh, zvýšená propustnost
7	02.901	510502	1070016	Levý břeh, zvýšená propustnost
8	02.901	510105	1070111	Levý břeh, zvýšená propustnost
9	02.901	509972	1070102	Levý břeh, zvýšená propustnost
10	02.901	509863	1069944	Levý břeh, zvýšená propustnost
11	02.902	508890	1069509	Levý břeh, zvýšená propustnost



krn1

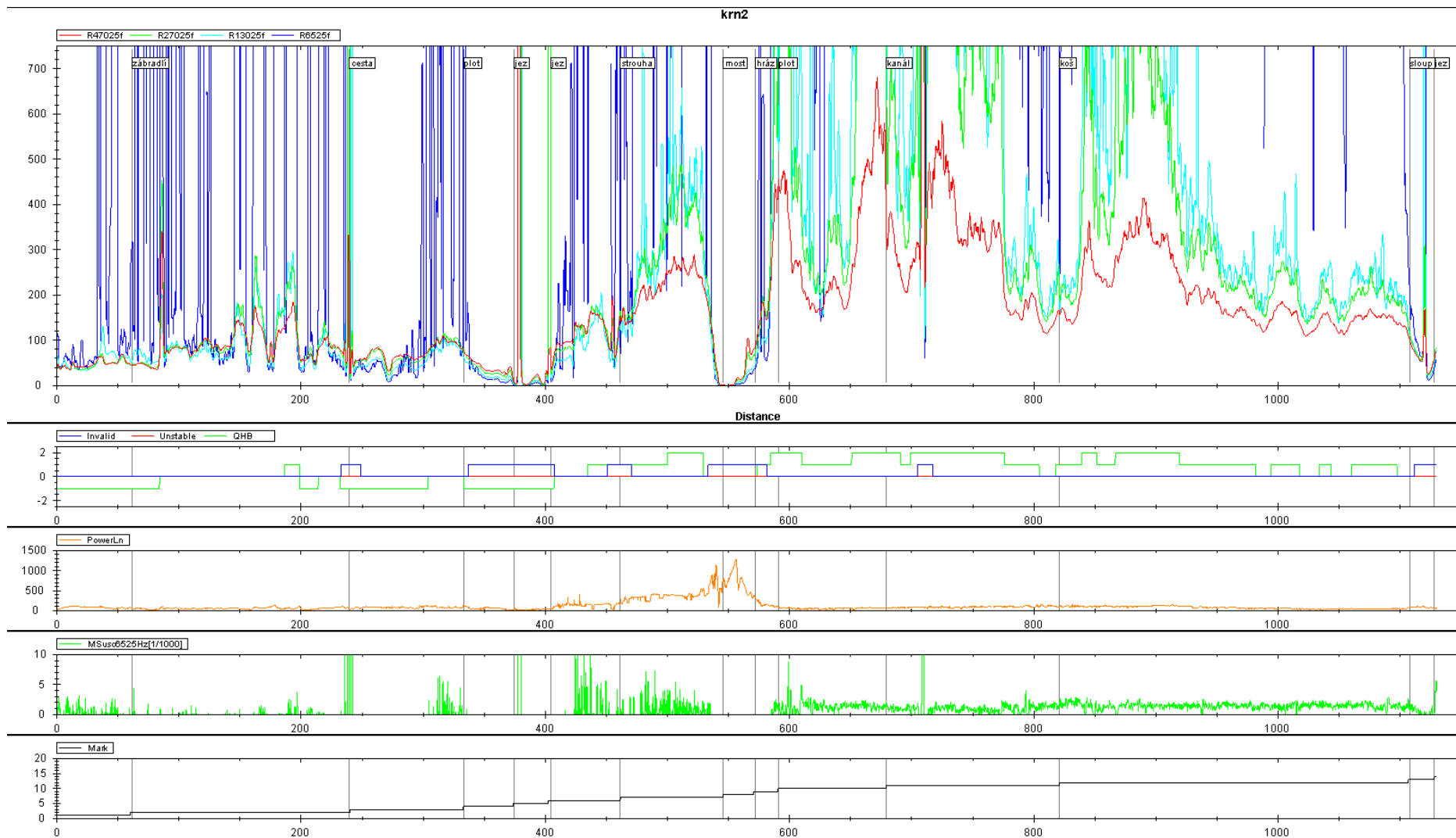


Obr. 2a Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – pravý břeh – profil L1.

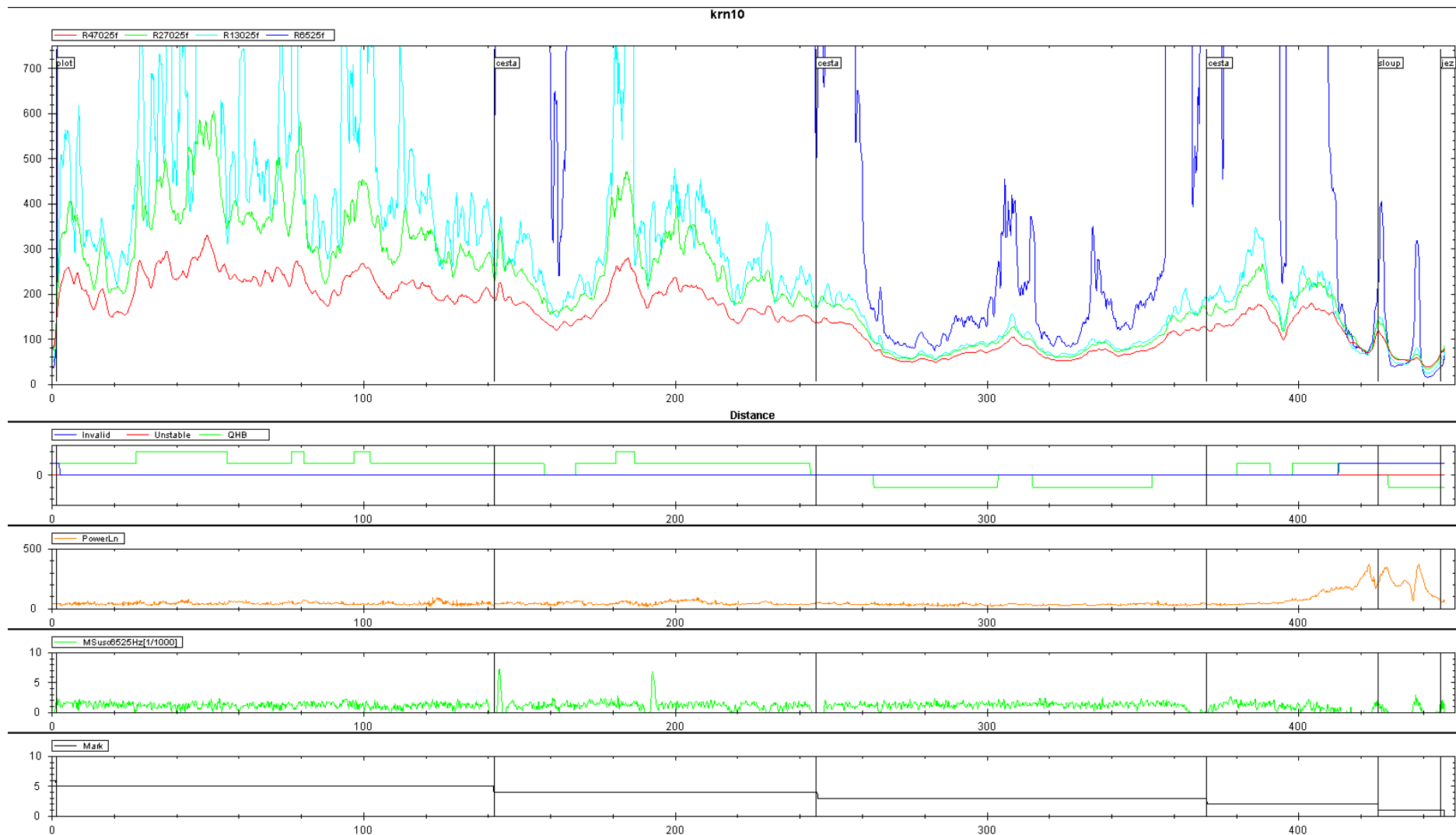


Obr. 2b Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMO – pravý břeh – profil L2, L3 a L4.

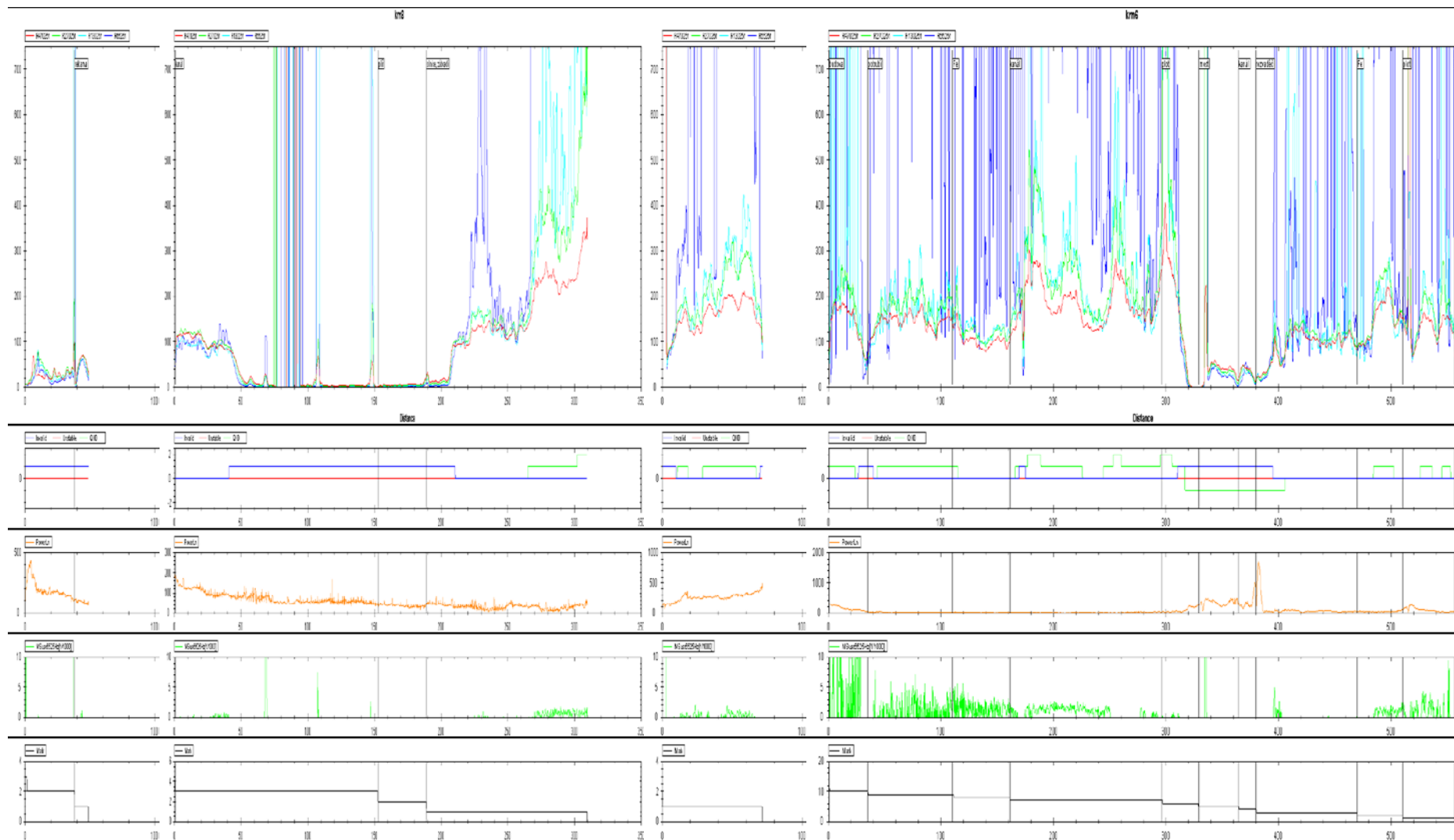




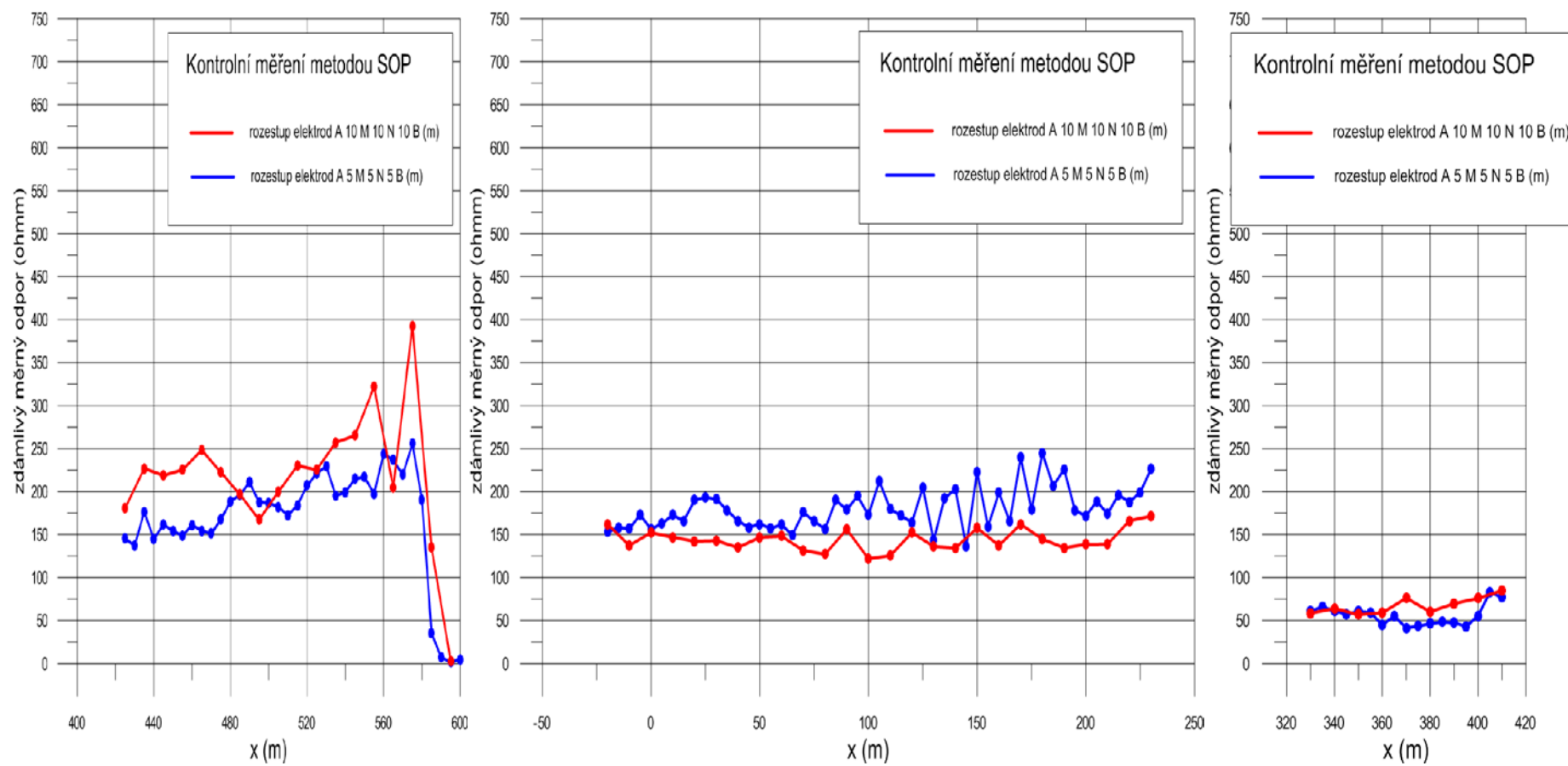
**Obr. 2c** Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – levý břeh – profil L5 (včetně stávající hráze).



**Obr. 2d Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMP – levý břeh – profil L6 (vzdušná pata hráze).**

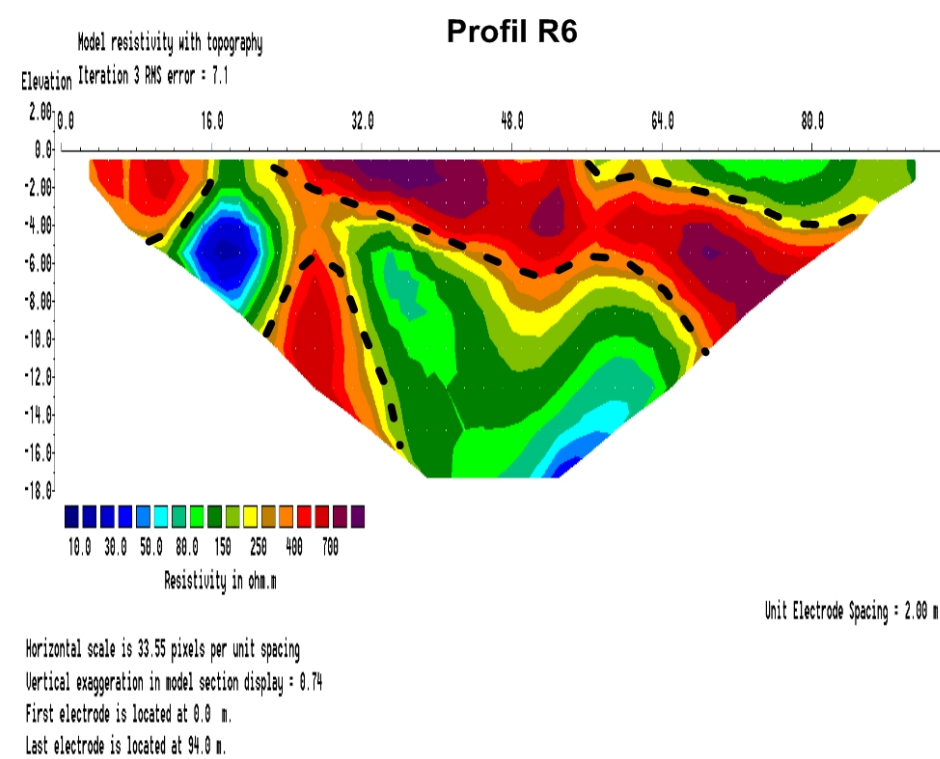
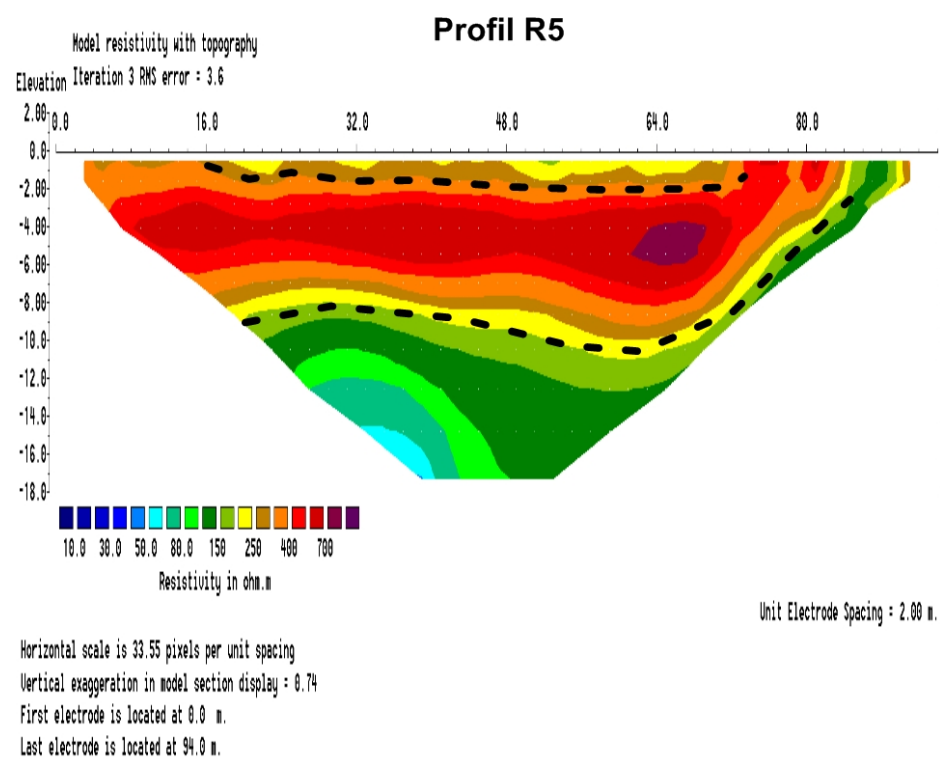
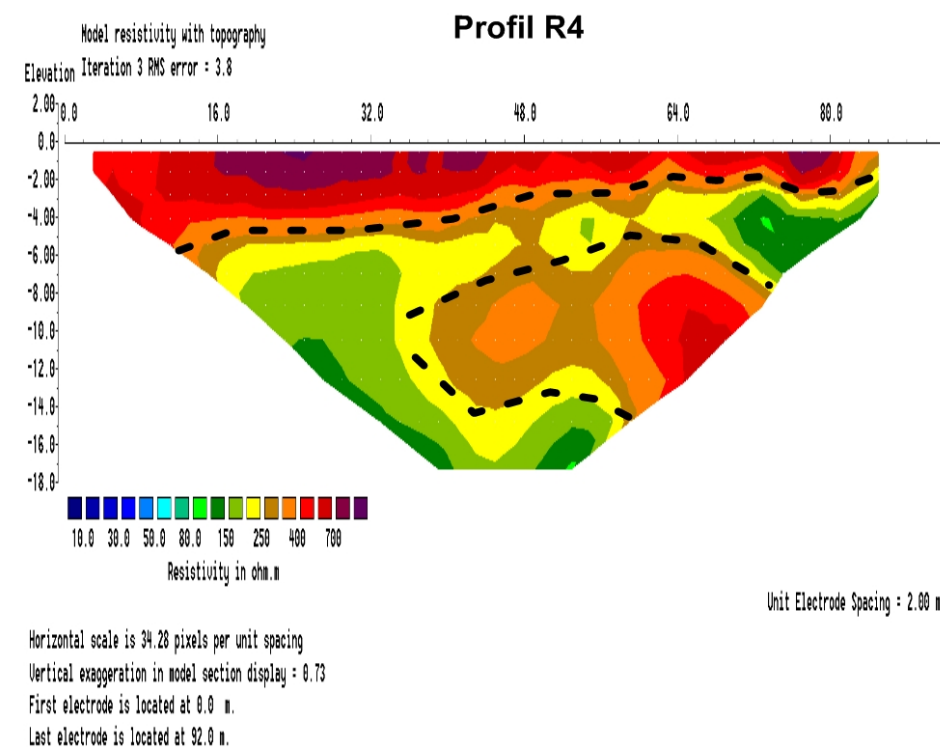
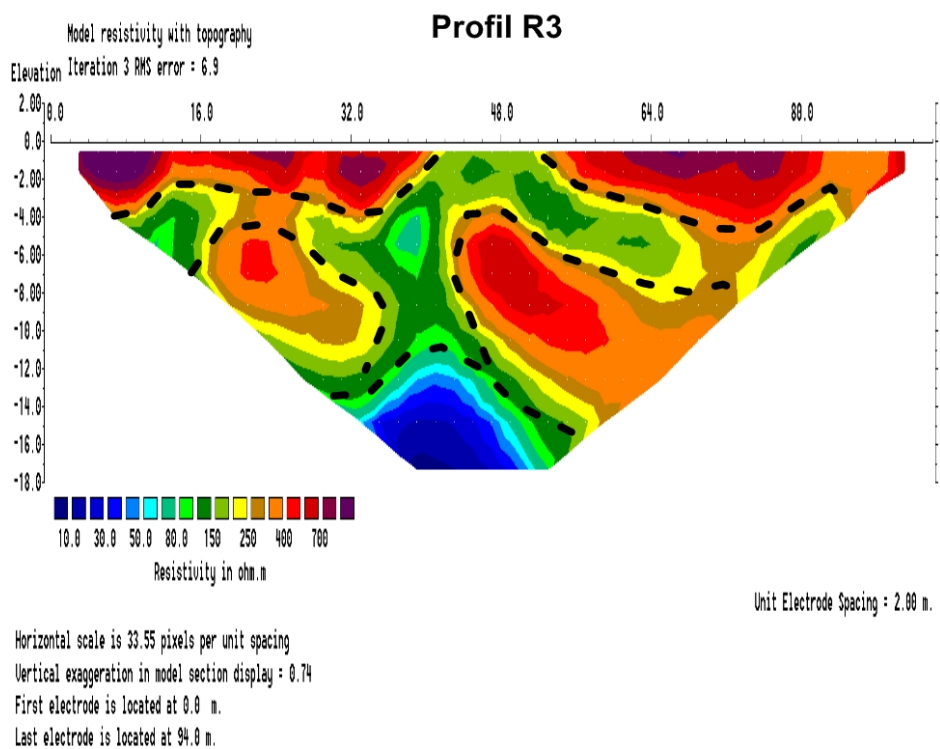
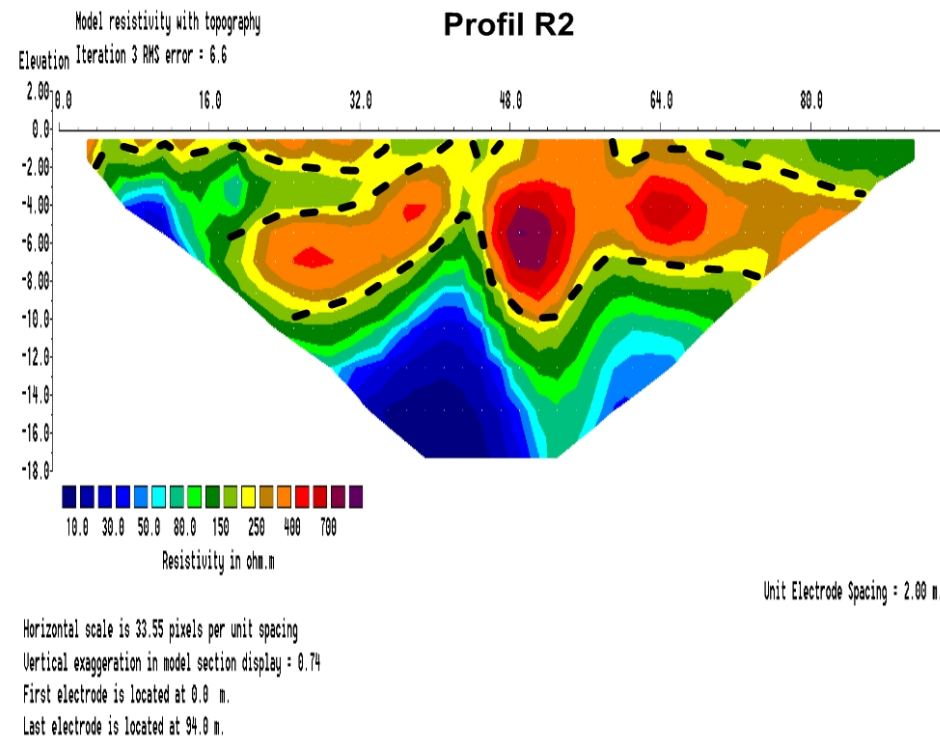
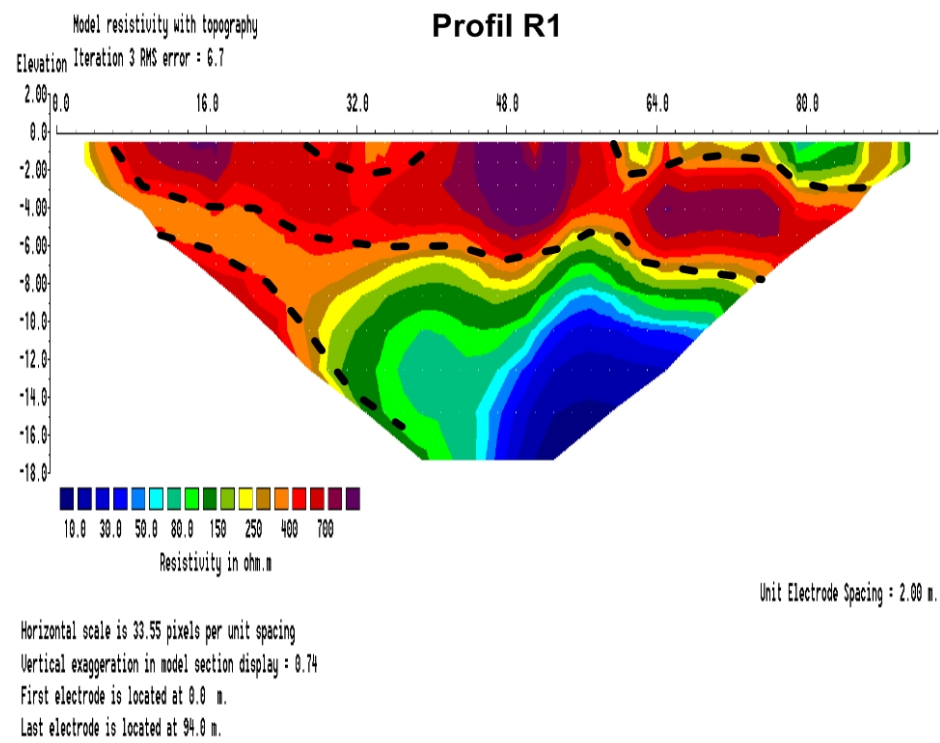


Obr. 2e Přehled grafů zdánlivých měrných odporů dle DEMF – levý břeh – profil L7, L8, L9 a L10.



Obr. 2f Přehled grafů zdámlivých měrných odporů dle SOP – kontrolní měření rušených úseků profilu L4, L8 a L10.

Obr. 3a Přehled odporových řezů dle OT - lokalita Krnov.

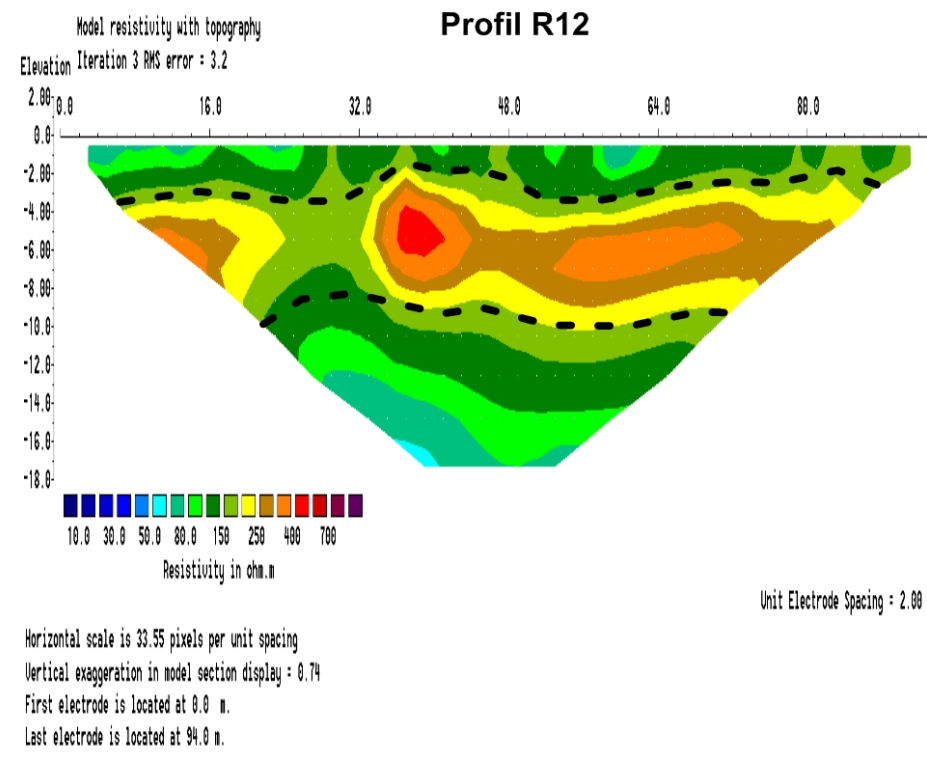
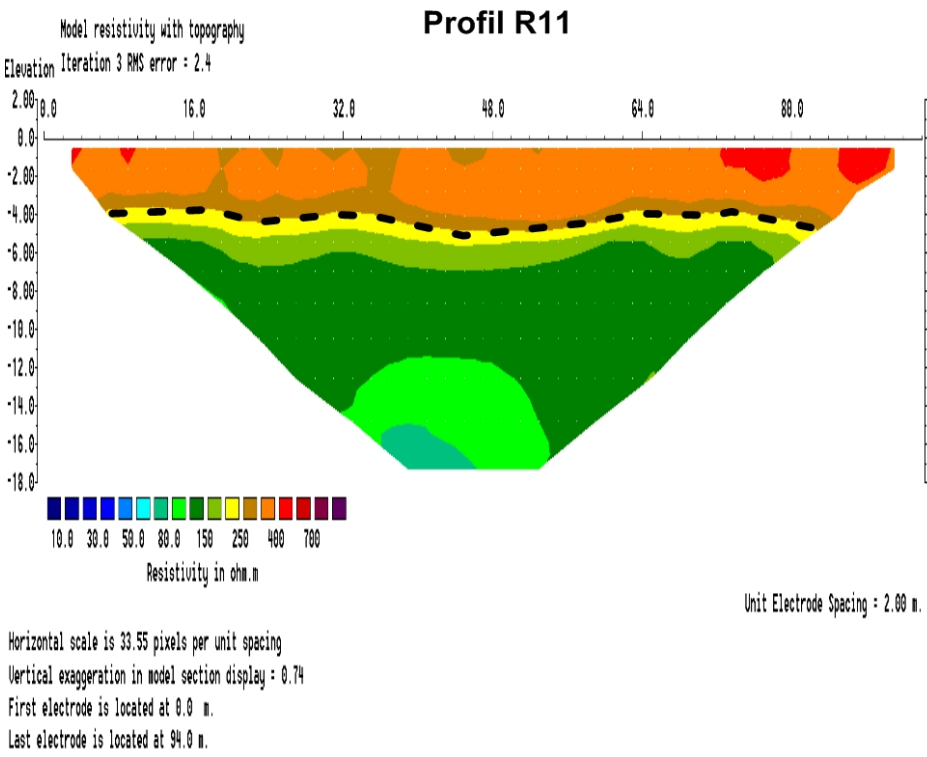
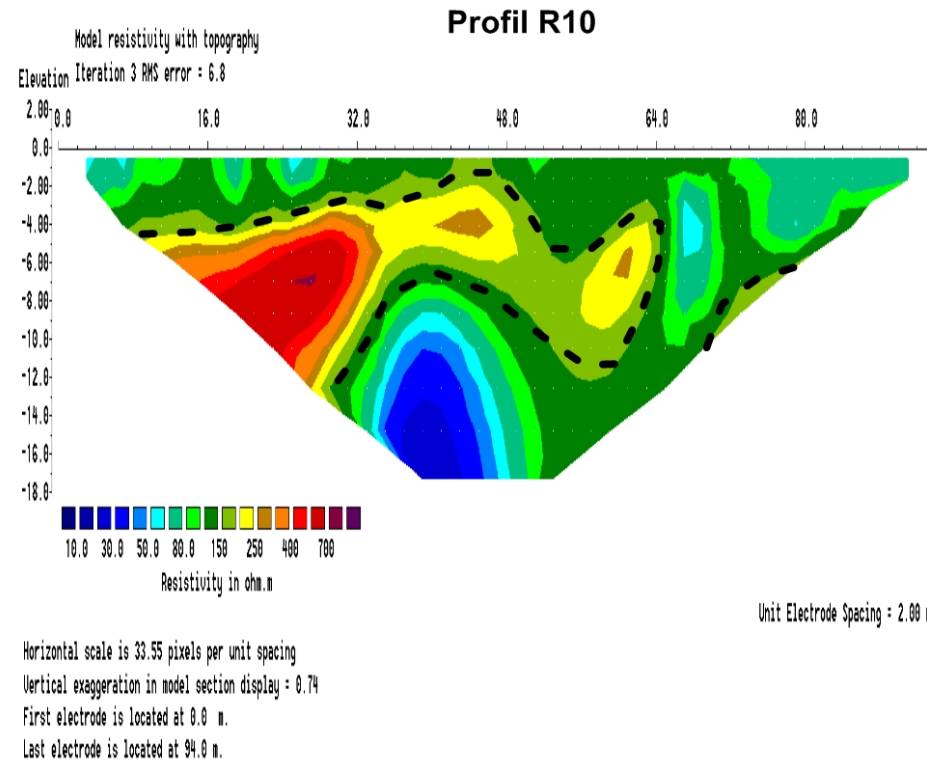
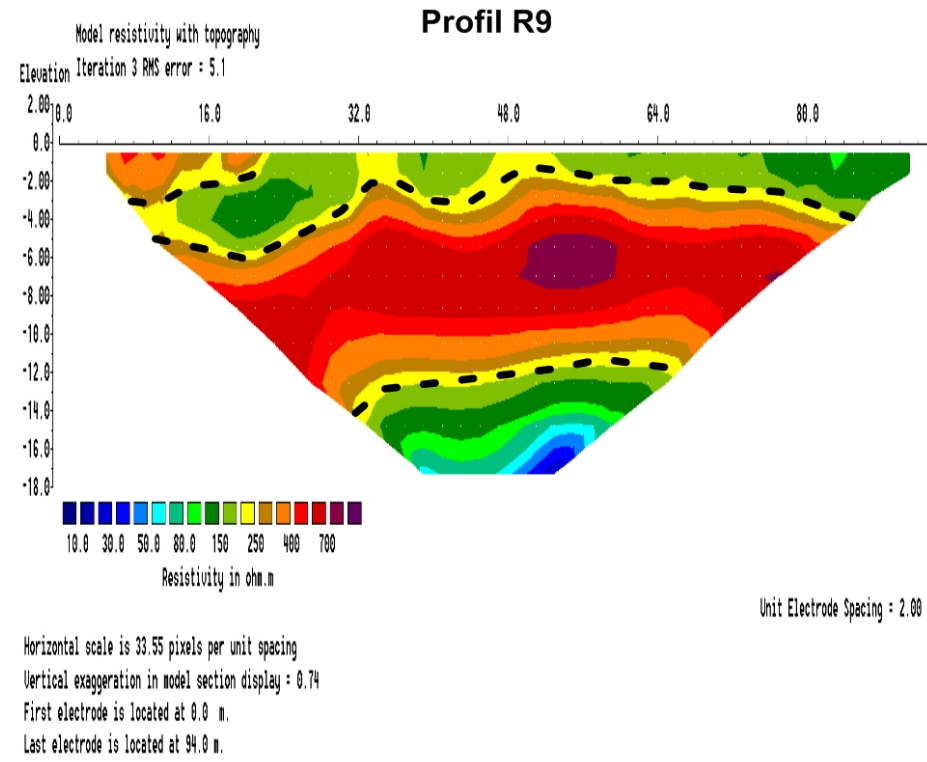
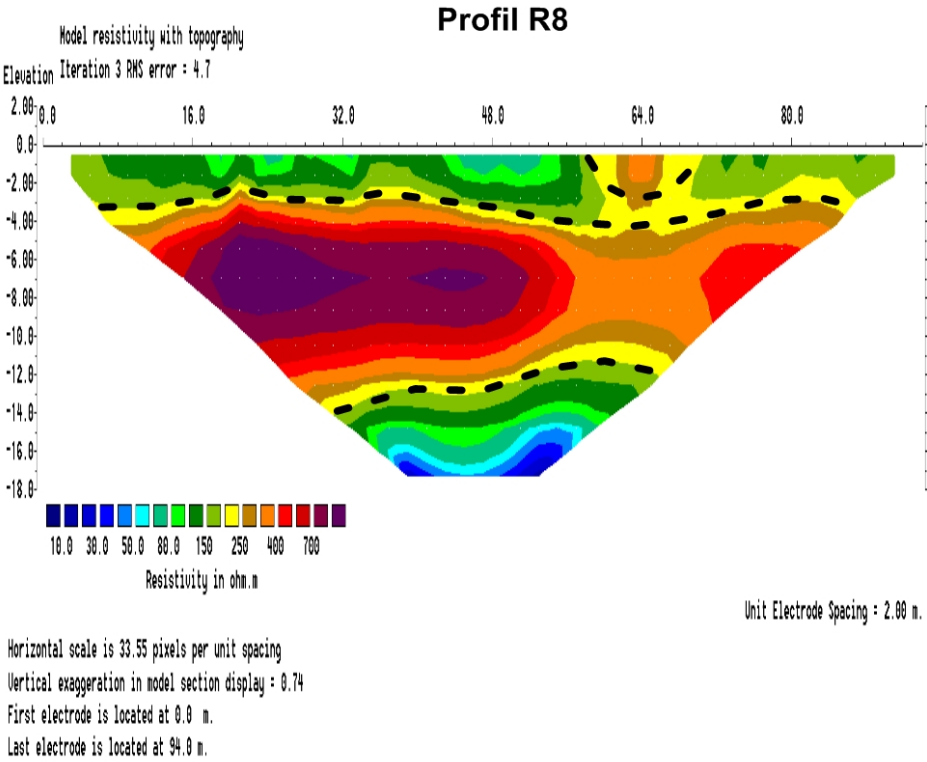
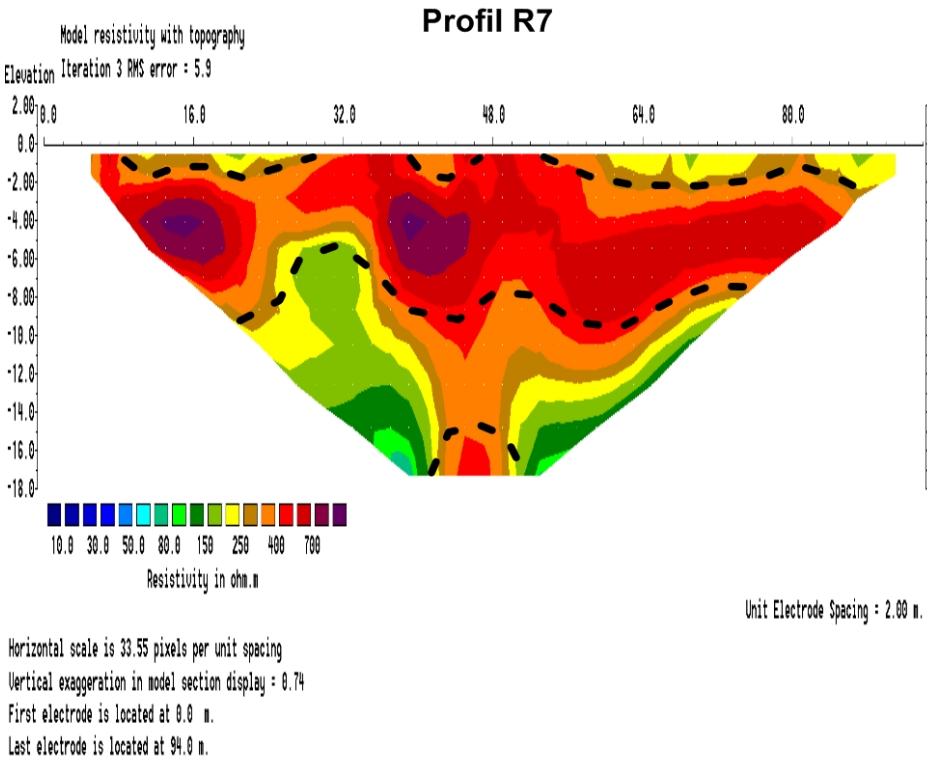






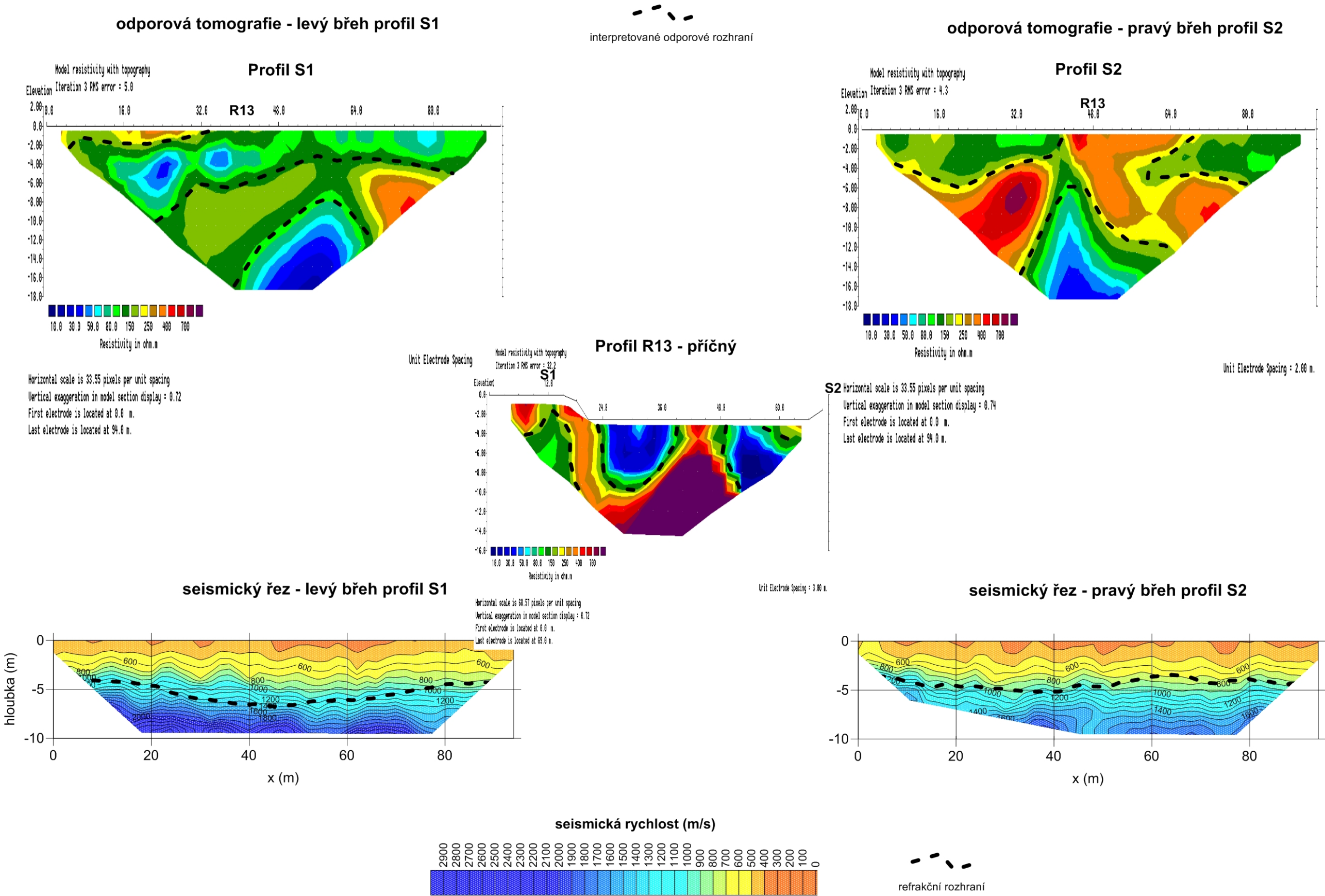
Obr. 3b Přehled odporových řezů dle OT - lokalita Krnov.

interpretované odporové rozhraní měřítko 1 : 800 / 400



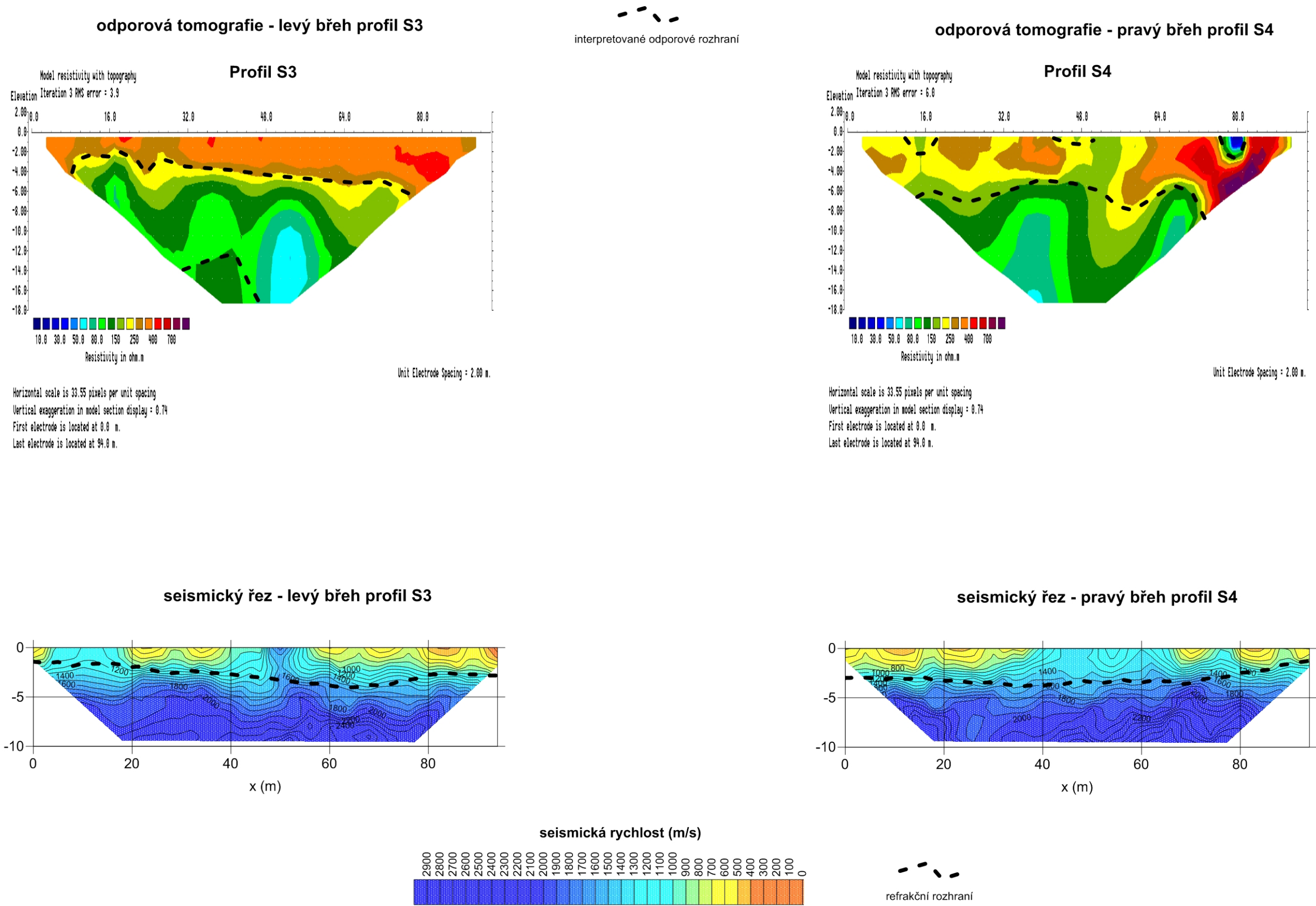
Obr. 4a Přehled detailních měření v místě jezu (stavba 02.091). Lokalita Krnov.

měřítko 1 : 800 / 400

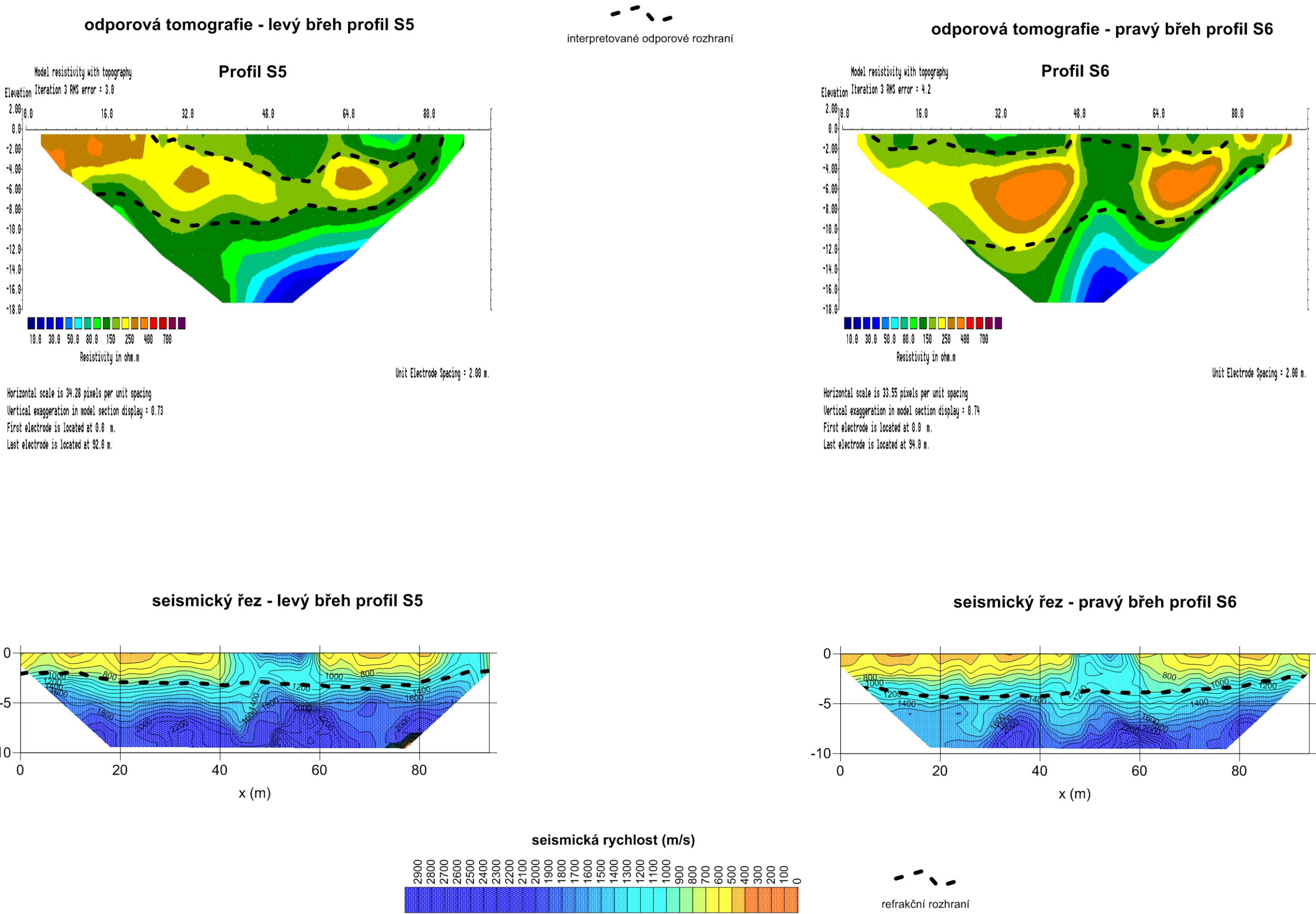




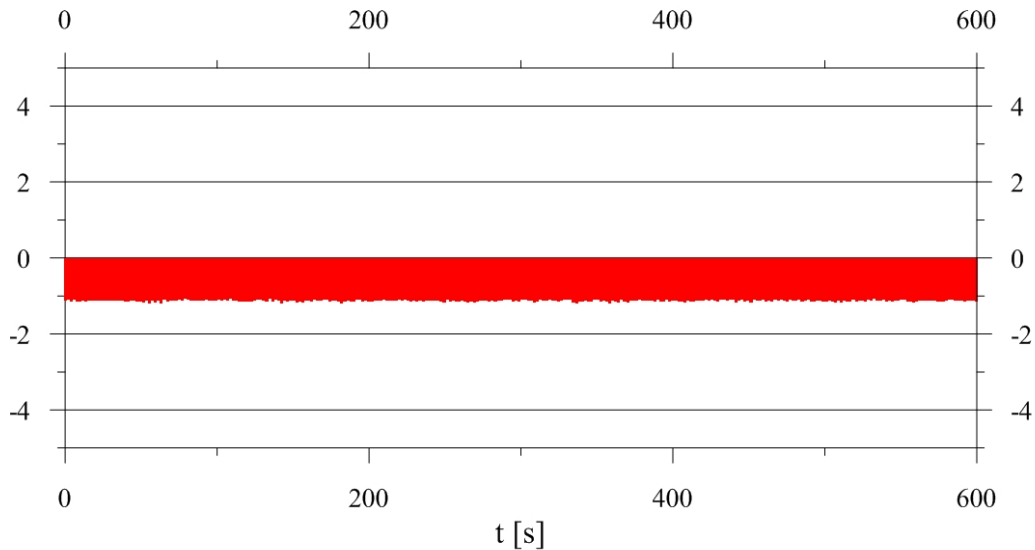
Obr. 4b Přehled detailních měření v místě mostu (stavba 02.093). Lokalita Krnov.



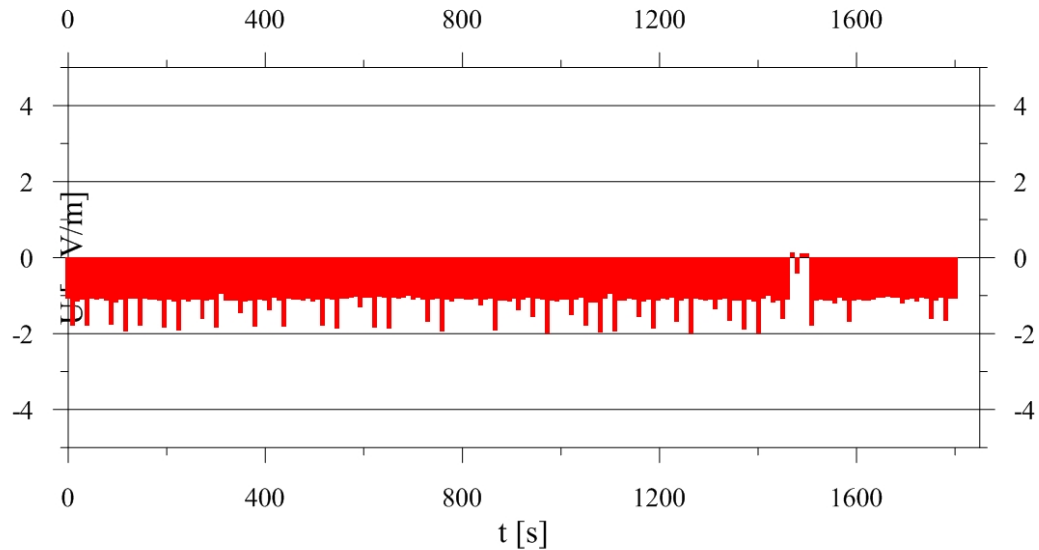
Obr. 4c Přehled detailních měření v místě mostu (stavba 02.092). Lokalita Krnov.



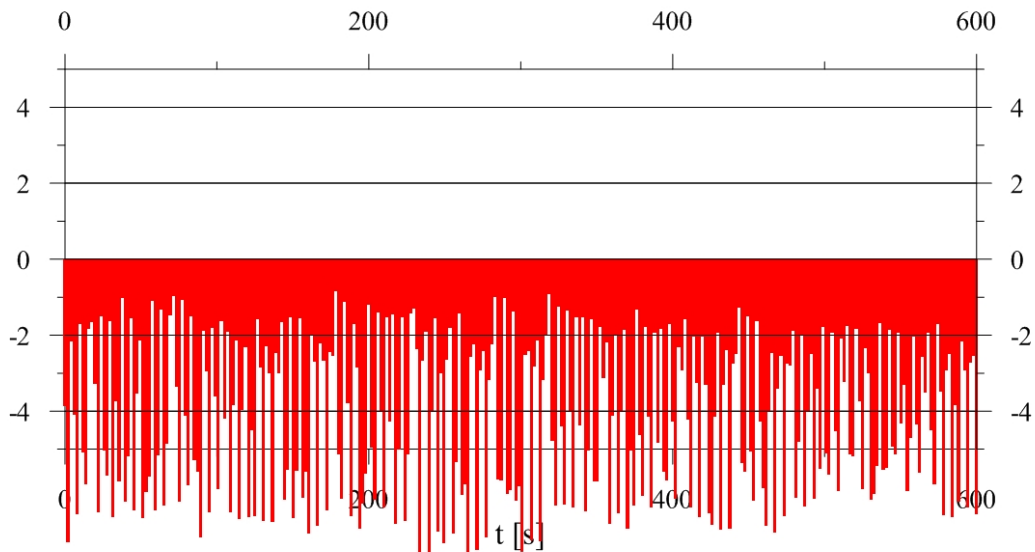
**Směr NM1**



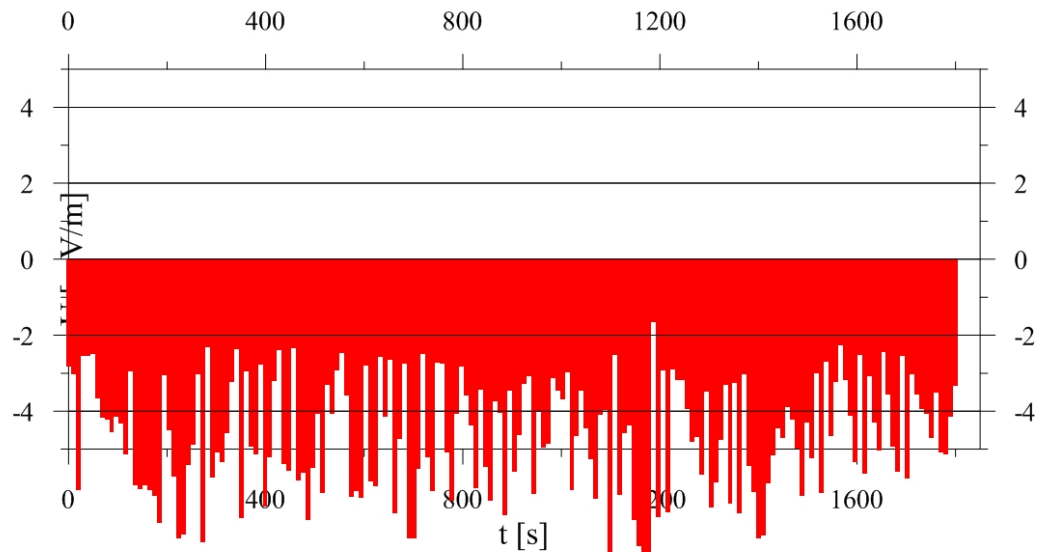
**Směr NM1**



**Směr NM2**



**Směr NM2**

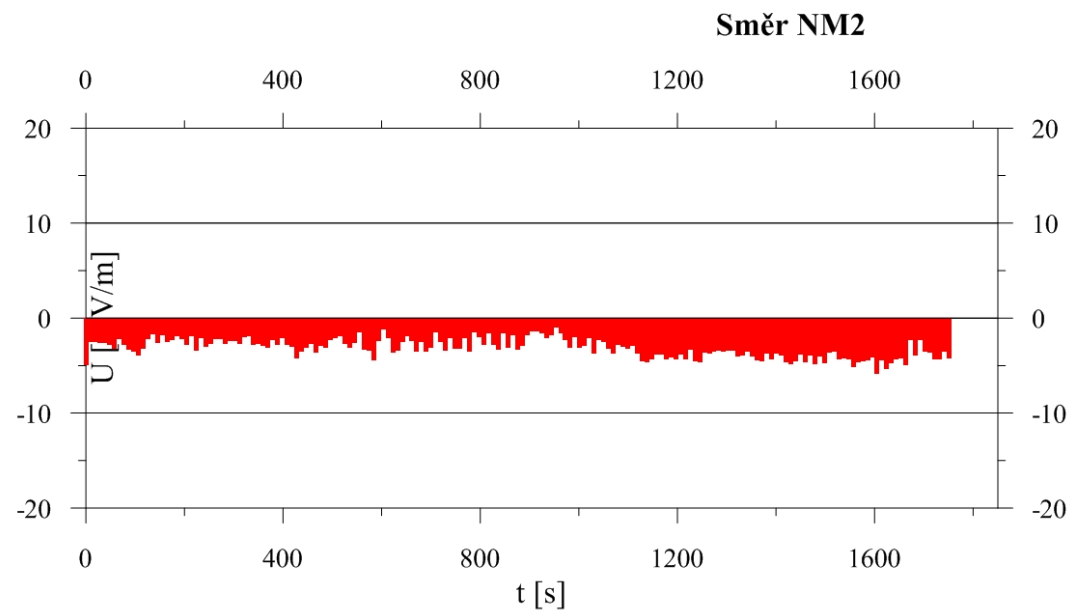
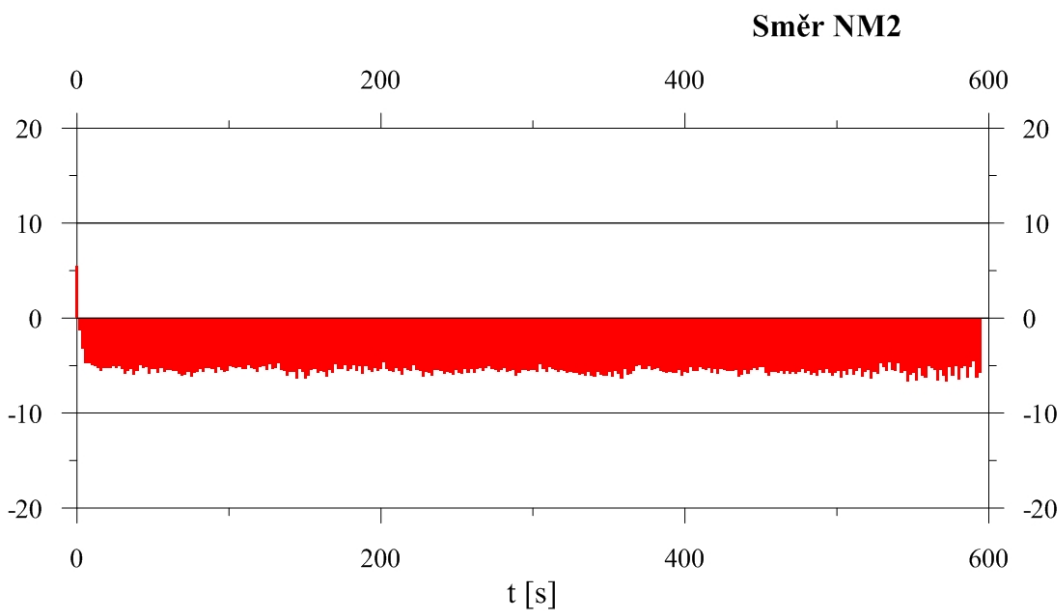
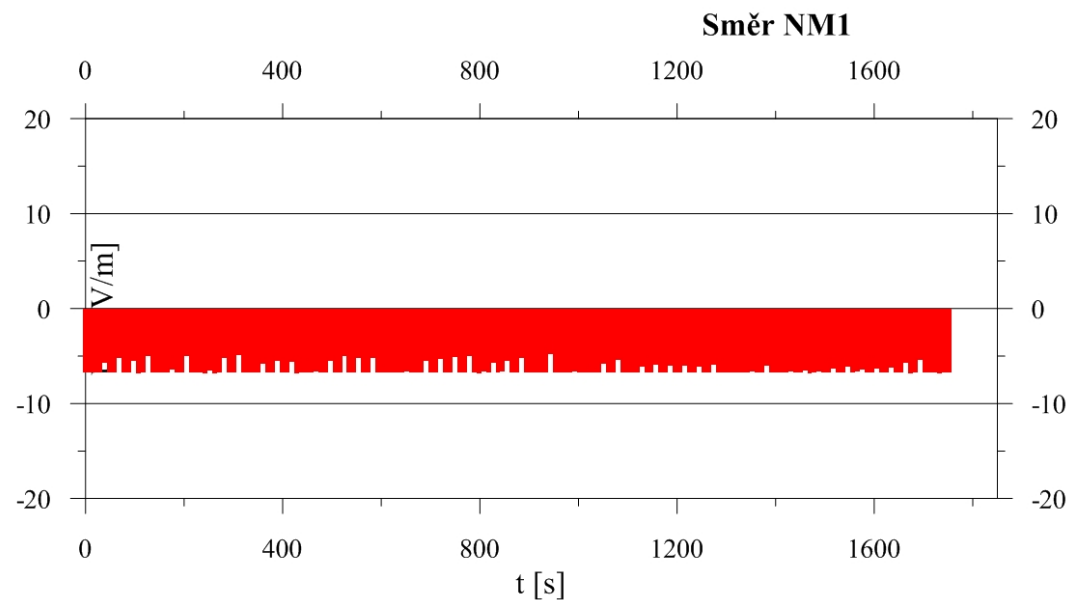
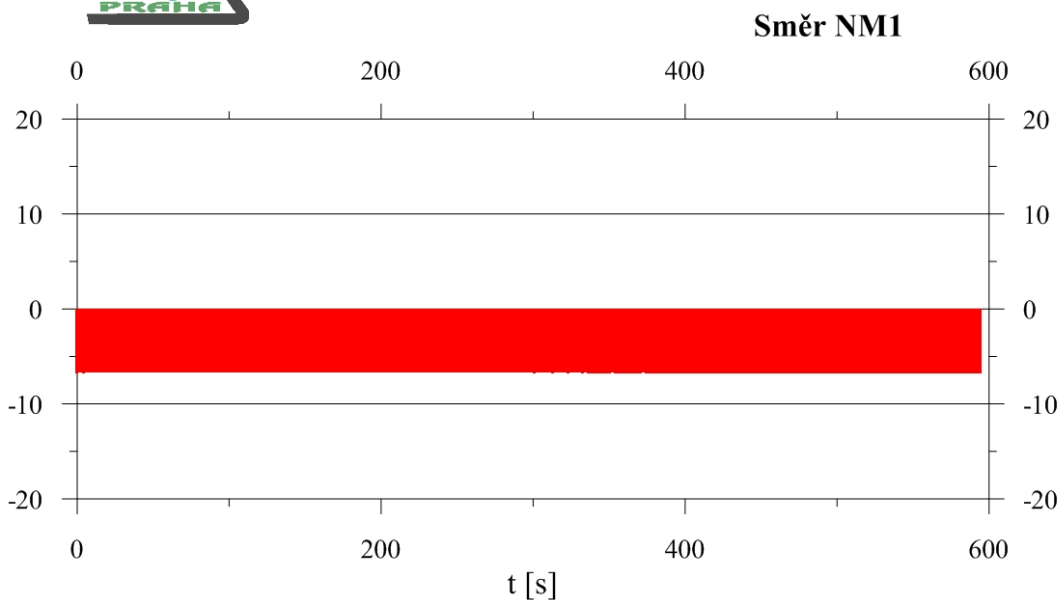


**Záměry po 1s**

**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.1a Stanice bludných proudů B1. Levý břeh - stavba 02.091.**



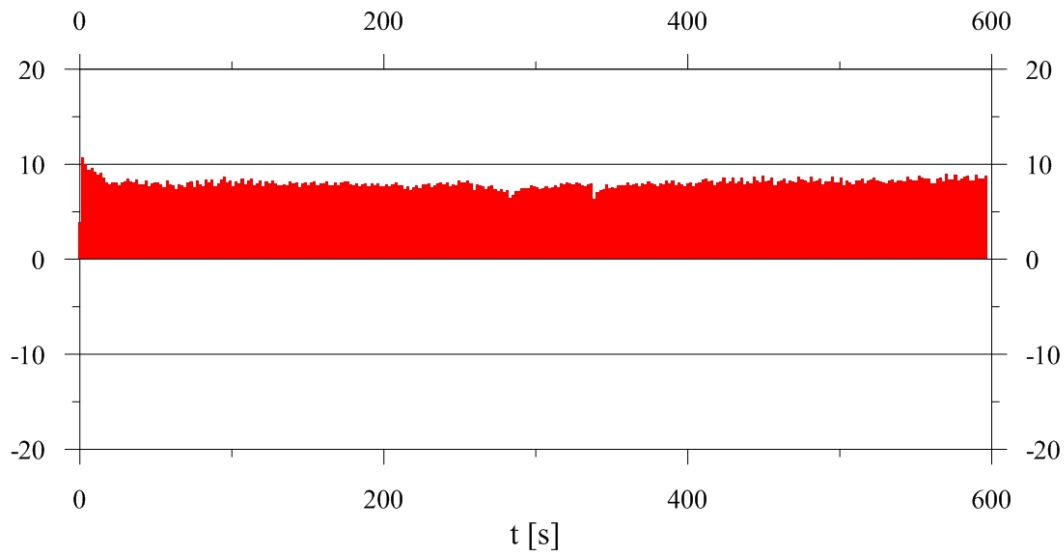


**Záměry po 1s**

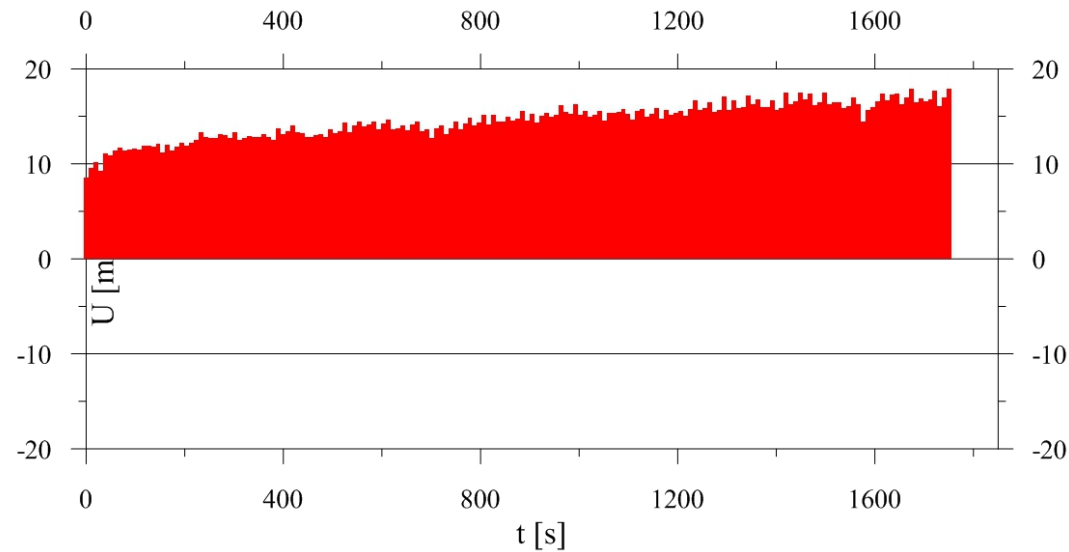
**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.1b Stanice bludných proudů B2. Pravý břeh - stavba 02.091.**

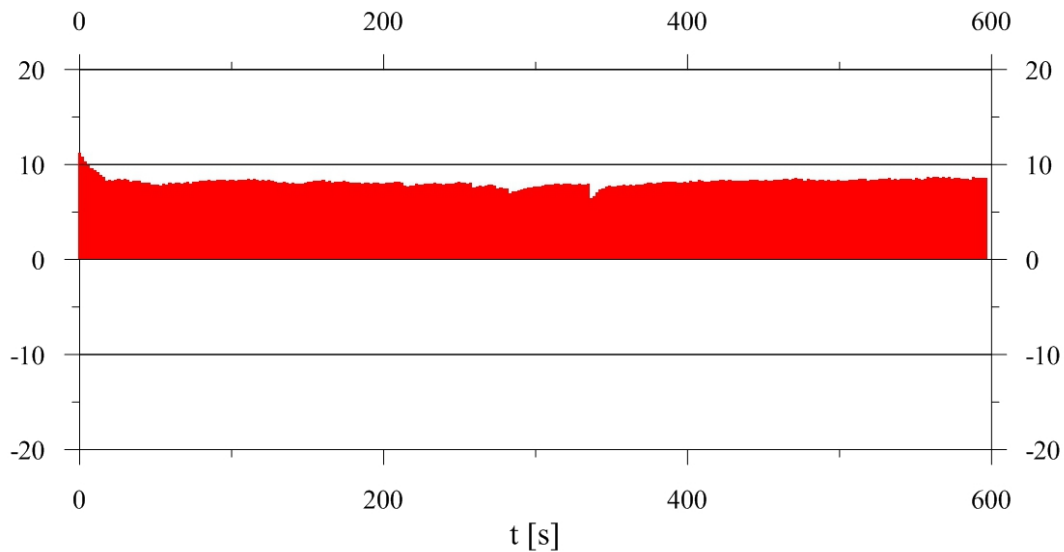
**Směr NM1**



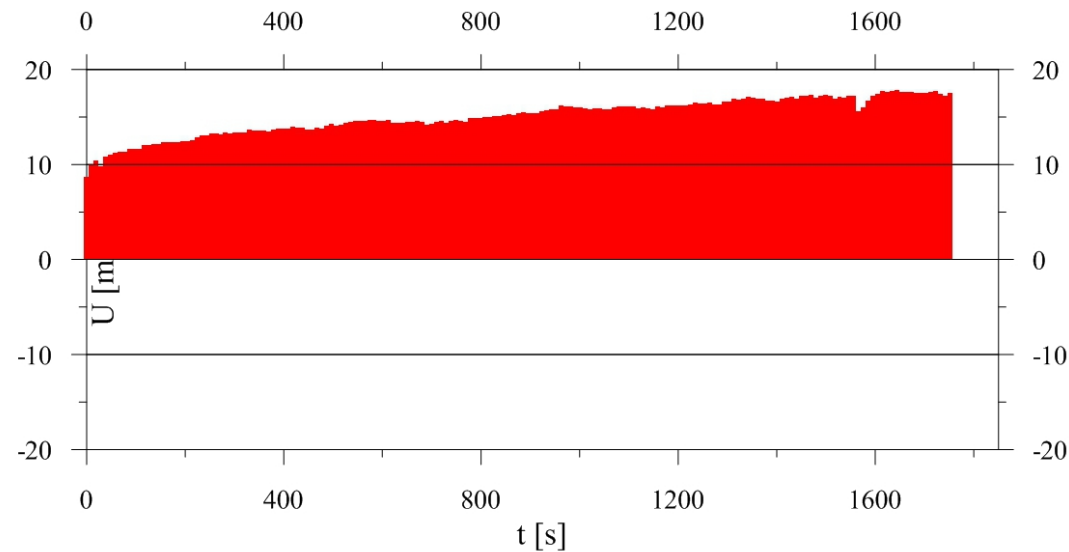
**Směr NM1**



**Směr NM2**



**Směr NM2**

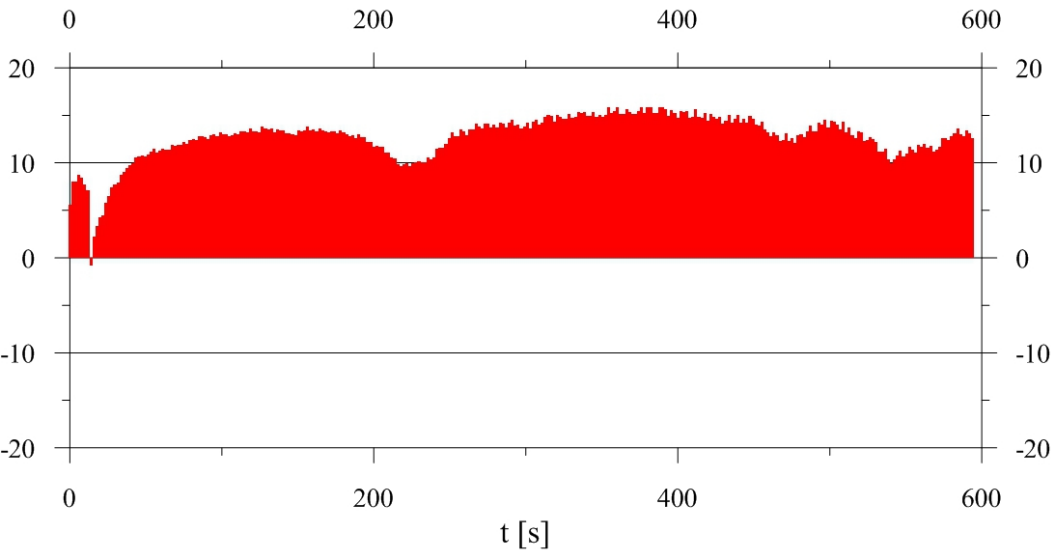


**Záměry po 1s**

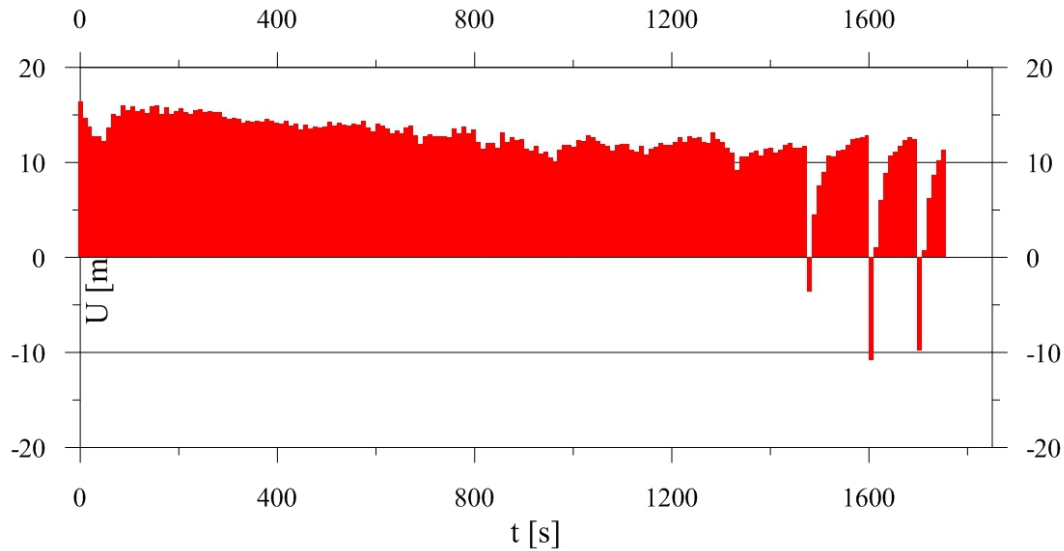
**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.2a Stanice bludných proudů B3. Levý břeh - stavba 02.093.**

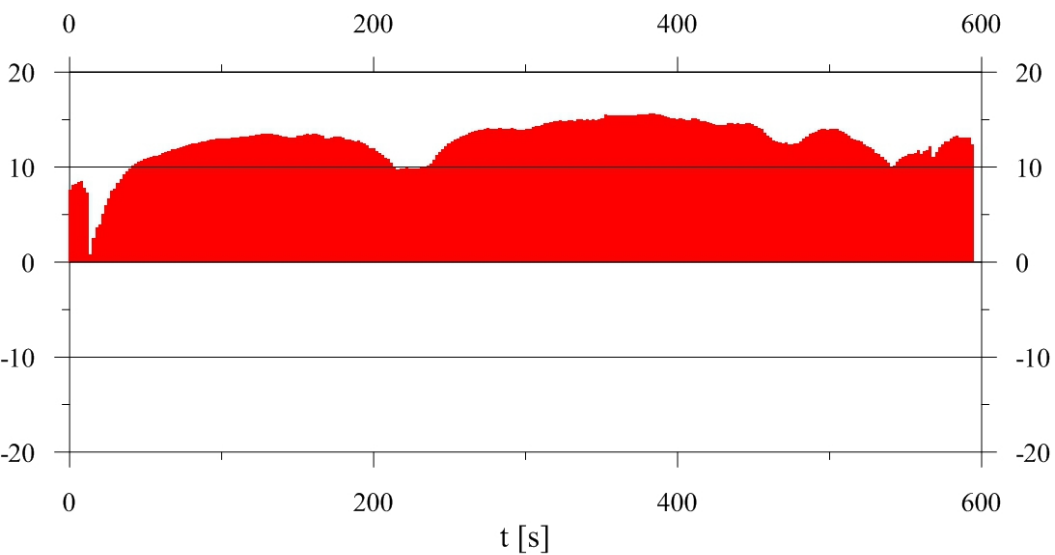
**Směr NM1**



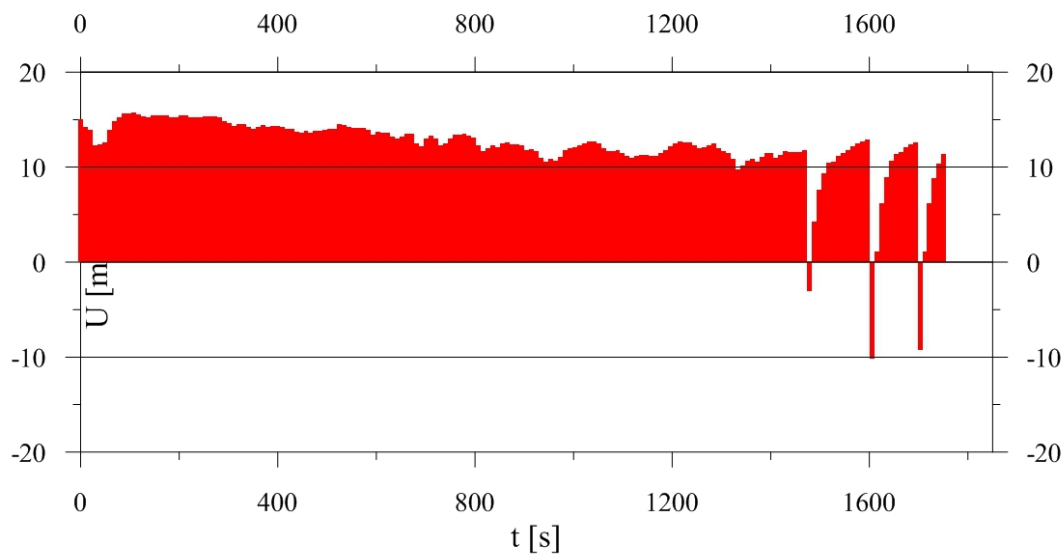
**Směr NM1**



**Směr NM2**



**Směr NM2**



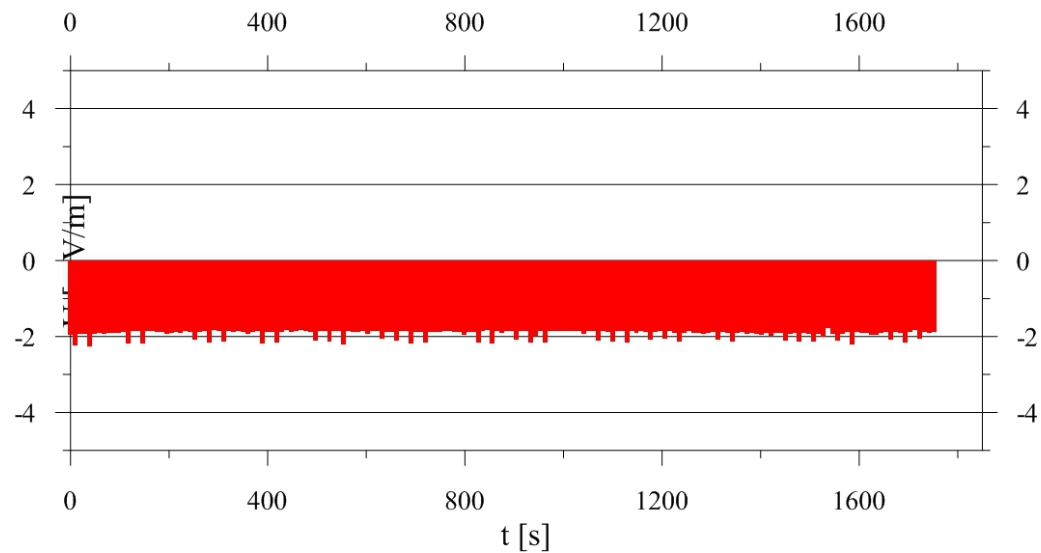
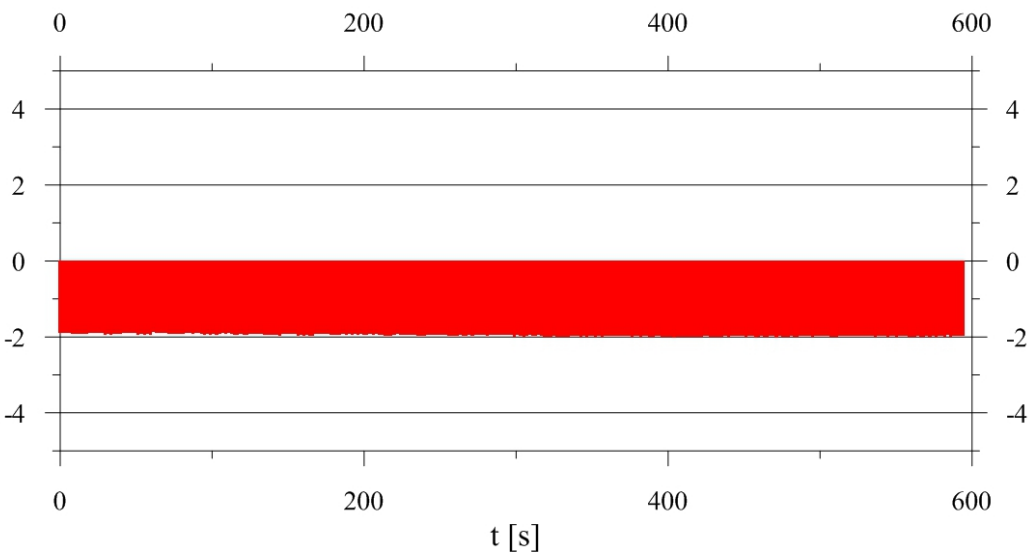
**Záměry po 1s**

**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.2b Stanice bludných proudů B4. Pravý břeh - stavba 02.093.**

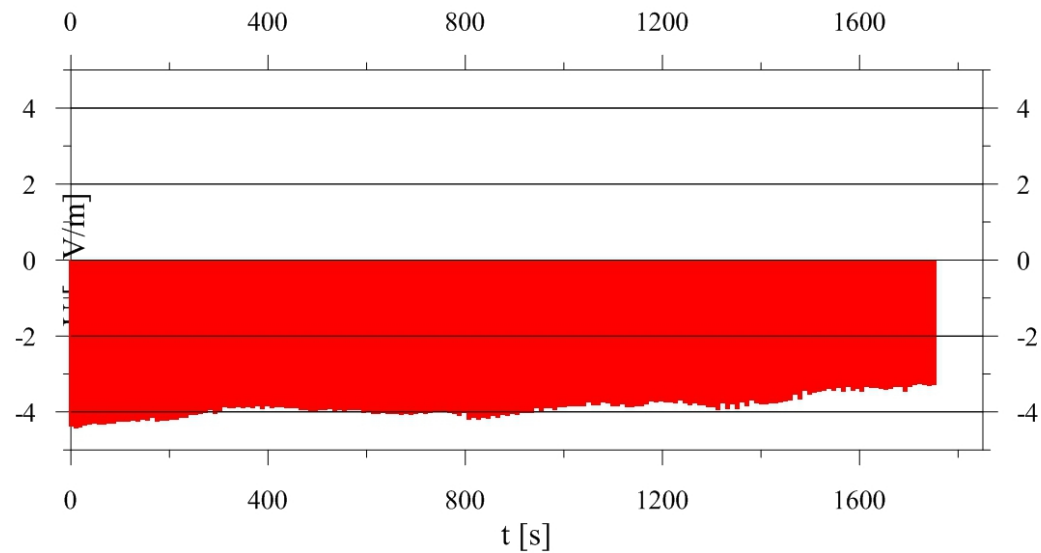
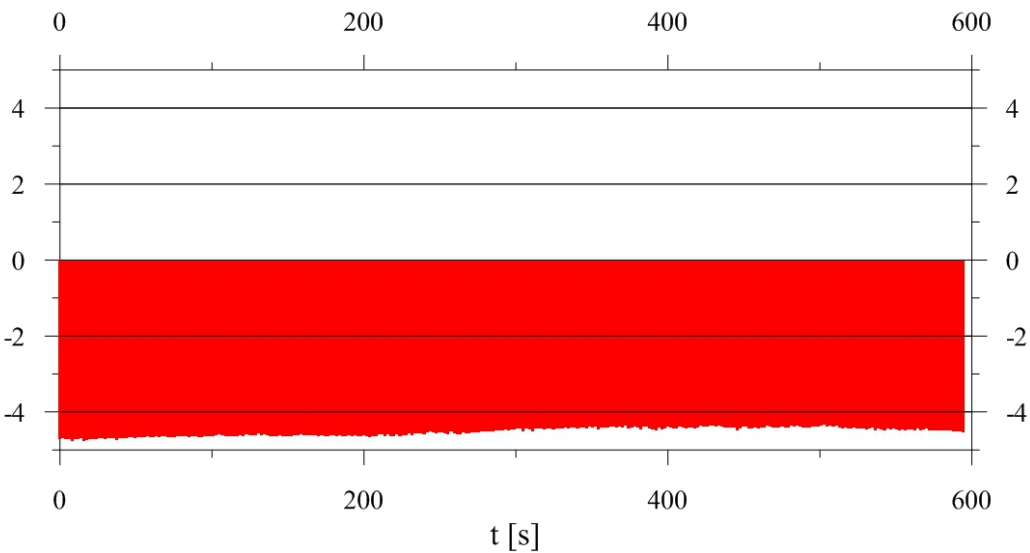
**Směr NM1**

**Směr NM1**



**Směr NM2**

**Směr NM2**

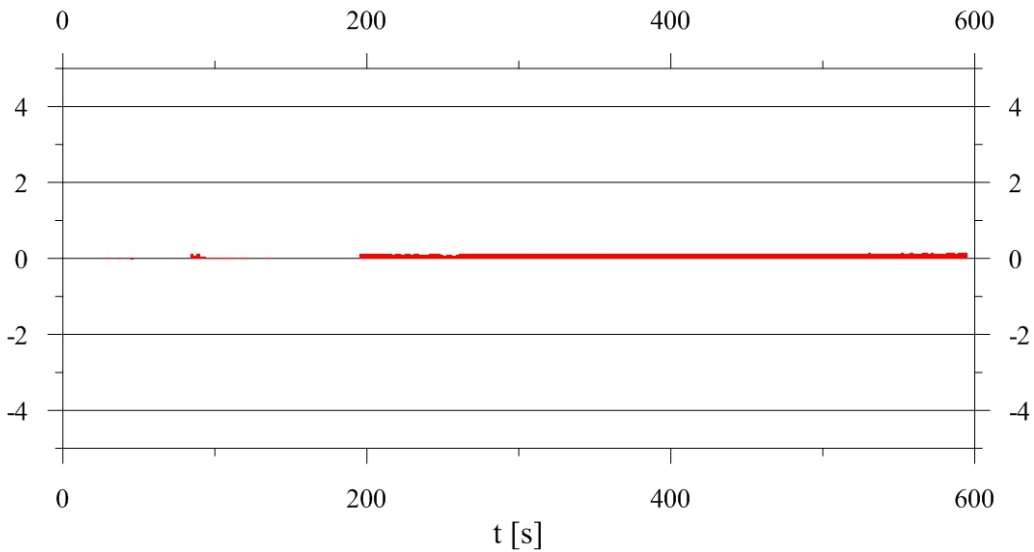


**Záměry po 1s**

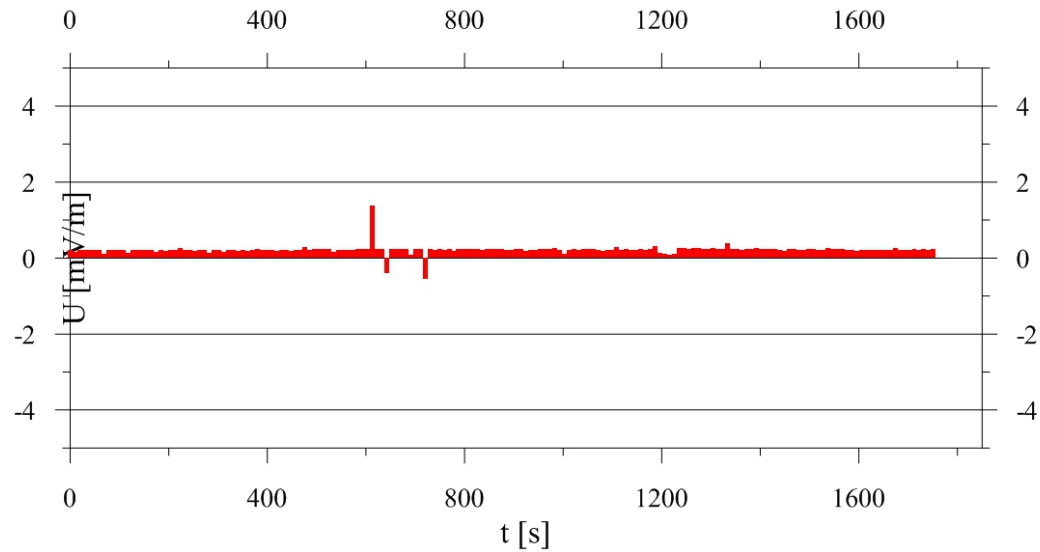
**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.3a Stanice bludných proudů B5. Levý břeh - stavba 02.092.**

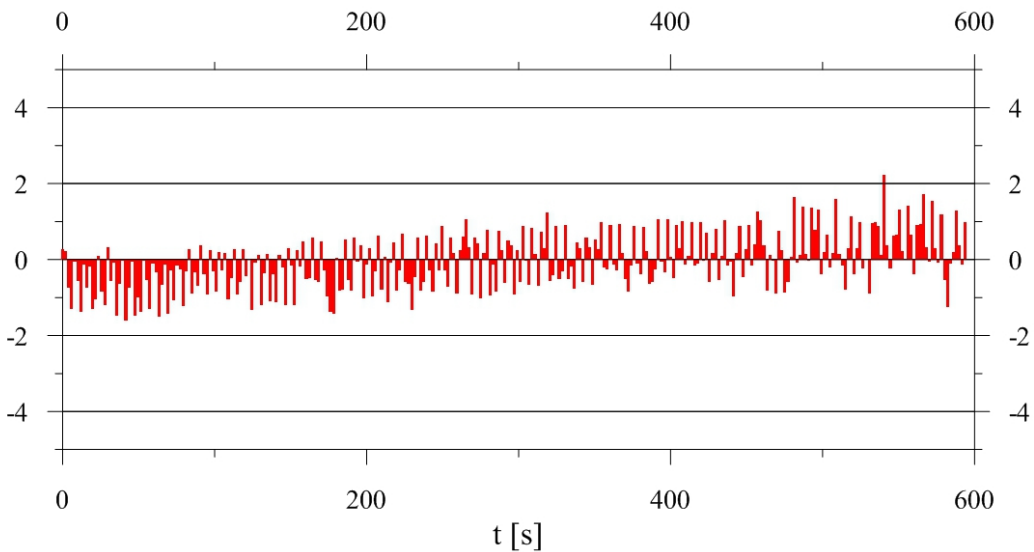
**Směr NM1**



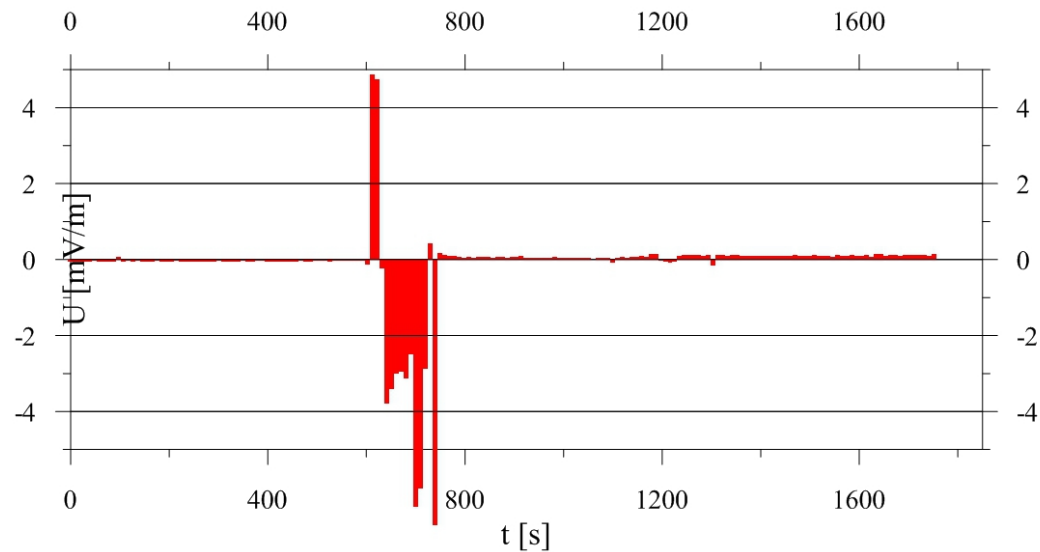
**Směr NM1**



**Směr NM2**



**Směr NM2**



**Záměry po 1s**

**Záměry po 10 s**

**Obr. 5.3b Stanice bludných proudů B6. Pravý břeh - stavba 02.092.**



