

ŘEŠENÍ STABILITY SESUVNÉHO ÚZEMÍ GEOFYZIKOU, STAVBA DÁLNICE D8

SOLVING THE LANDSLIDE STABILITY BY GEOPHYSICS; BUILDING OF HIGHWAY D8

Milan Hrutka ¹, Marek Spěšný ²

Abstrakt

Vhodné použití a kombinování geofyzikálních metod, jako jsou např. elektrická odporová tomografie (ERT), dipólové elektromagnetické profilování (DEMP) a mělká refrakční seismika (MRS), může mít velký vliv na řešení problematiky v sesuvných územích a následné sanaci postižených svahů. Tyto metody mohou upřesnit mocnost pokryvných sedimentů, rozčlenit zájmové území na litologické celky a zjistit míru porušení horninového prostředí aktivních sesuvů. Dále mohou ověřit přítomnost možných diskontinuit v hlubších zónách, ověřit a upřesnit polohy zvodnění a vymezit místa předpokládaných smykových ploch těchto sesuvů. Příkladem je popsání geofyzikální měření na stavbě dálniční komunikace D8 u obce Dobkovičky v Českém Středohoří.

Abstract

Appropriate use and the combination of geophysical methods, such as electrical resistivity tomography (ERT), dipole electromagnetic profiling (DEMP) and shallow seismic refraction (SSR), can have a major impact on solving problems in areas of landslide and follow the rehabilitation of the affected slopes. These methods may specify the thickness of near-surface sediment deposits, divide area of interest to lithological units and determine the degree of violation of the geological environment of active landslides. They can also verify the presence of possible discontinuities within the deeper zones of rock, validate and refine the position of saturation and define places of expected slip surface of landslides. An example is the described geophysical measurements on the construction of highway D8 by the village Dobkovičky in the Czech Central Mountains.

Klíčová slova

svahový pohyb, sanace, elektrická odporová tomografie (ERT), dipólové elektromagnetické profilování (DEMP), mělká refrakční seismika (MRS)

Keywords

mass movement, rehabilitation, electrical resistivity tomography (ERT), dipole electromagnetic profiling (DEMP), shallow seismic refraction (SSR)

1 Úvod

Oblastí geofyzikálního průzkumu bylo sesuvné území na stavbě dálniční komunikace D8 u obce Dobkovičky v Českém Středoohoří. Zájmová oblast měření byla především mezi staničením 56,160 – 56,755 km, kde výstavba silničního tělesa byla realizována v odřezu svahu ve dvou etážových úrovních. Odřezy svahů byly provedeny v navrženém sklonu 1 : 2. V suchém stavu byly zeminy svahované v tomto sklonu stabilní. Vlivem sezónního zvodnění v roce 2010 (duben až červen) došlo ke čtyřem svahovým pohybům (sesuv



Obr.1 Výchoz hlubší smykové plochy po reaktivaci sesuvu č.2

č. 1 až sesuv č. 4) horního zářezu nad etáží č. 1 – směr na Prahu a ke dvěma svahovým pohybům (sesuv č. 5 a sesuv č. 6) dolního zářezu nad etáží č. 2 – směr na Ústí nad Labem v oblasti pod sesuvem č.3 a sesuvem č.4 horního zářezu. Smykové plochy těchto sesuvů byly predisponovány ztekuceným povrchem nepropustných sedimentů (tercierních jíílů a křídových slínovců), které překrývala zvodnělá báze kvartérních sutí. K nestabilitě svahů došlo, vzhledem ke geologickým poměrům, především vlivem výšky odřezu svahu (6 – 12 m) realizovaného v příliš strmém sklonu a nedostatečně odvodněným zeminám.

Pro sanaci bylo na základě stabilitní analýzy doporučeno snížit sklon svahů na 1 : 2,5, sanovat sesutá místa hutněnou čedičovou stěrkokdrťí a provést zpevnění a drenování zvodnělých míst drenážními žebry. Od dalších technických řešení, jako jsou gabiony či opěrné zdi, bylo vzhledem k obtížné prostorové realizaci upuštěno. Sanace sesuvů do hloubky cca 3,5 m probíhala od září 2010 do února 2011. Úspěšnost mělkých sanací prověřilo jak jarní tání, tak i jarní období dešťů a sanované území se jevilo jako stabilní.

V dubnu 2011 došlo po sanacích planárního sesuvu č. 2 (56,260 – 56,320 km) k reaktivaci hlubší smykové plochy v cca 5 – 6 m a 10 – 12 m na bázi fosilního sesuvu. Na vrchní etáží č. 1 – směr na Prahu byl viditelný výchoz smykové plochy, kde rychlost zdvihu činil cca 4 cm za den (obr. 1). Pro stabilizaci paty sanovaného sesuvu byl realizován stabilizační přísyp, který měl za účel svah dočasně stabilizovat. Po stabilizaci svahu bylo navrženo provedení inženýrsko-geologického doprůzkumu s cílem zjištění příčiny reaktivace již sanovaného sesuvu č. 2 a posouzení úspěšnosti všech mělkých sanací ostatních sesuvů ve staničení 56,160 – 56,755 km. Mezi

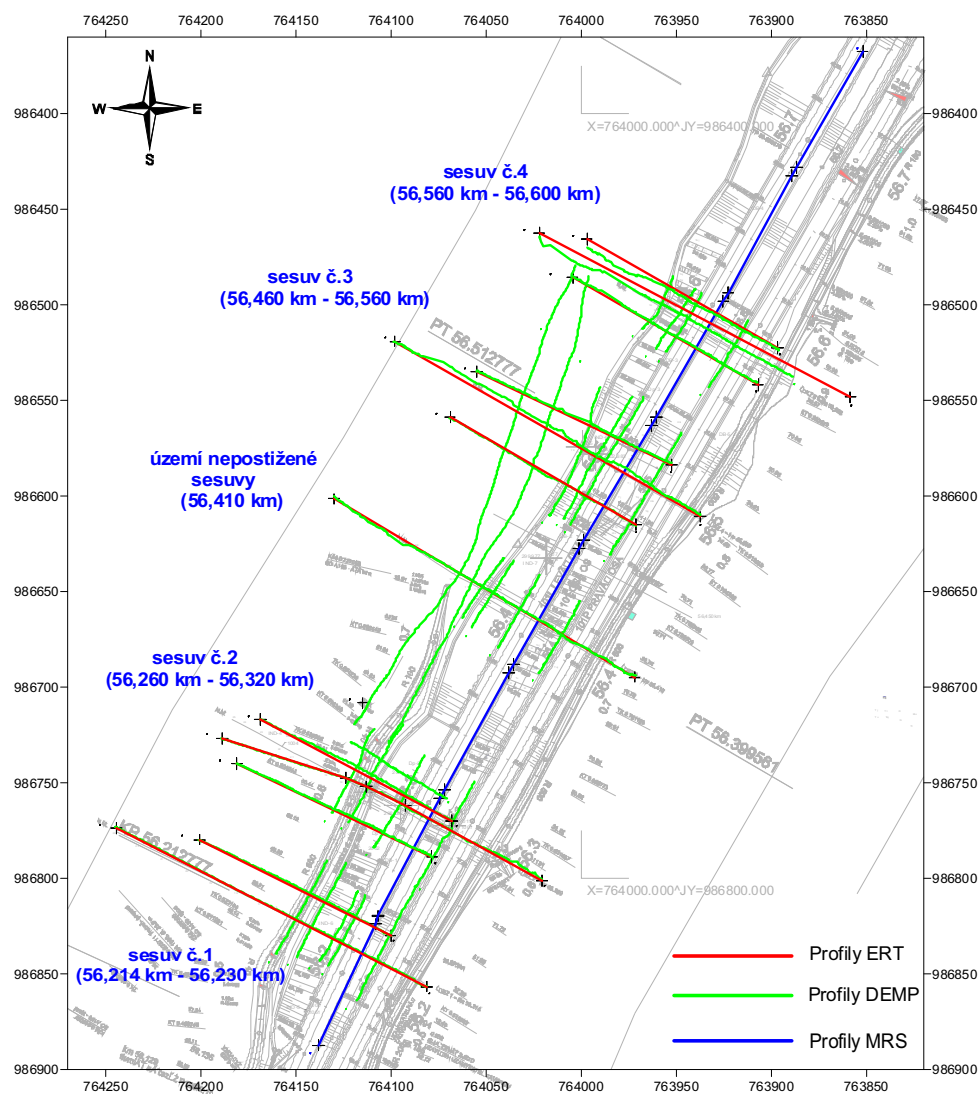
geologickými pracemi navrženými a realizovanými v rámci IG doprůzkumu jako bylo mapování, technické práce (vrtné práce, penetrace), karotáž, inklinometrie, laboratorní práce, stabilizační výpočty a předběžné návrhy sanování, byl také realizován geofyzikální průzkum.

2 Geofyzikální průzkum

Geofyzikální průzkum byl proveden v dubnu a květnu 2011 jako součást inženýrsko-geologického doprůzkumu lokality pro zjištění příčin porušení svahu a ověření geologického složení v místech provedených sanačních prací v realizovaném zářezu budované dálnice D8 v úseku 56,160 – 56,755 km. K řešení této problematiky byly zvoleny tři vzájemně se doplňující geofyzikální metody: elektrická odporová tomografie (ERT), dipólové elektromagnetické profilování (DEMP) a mělká refrakční seismika (MRS). Geofyzikální měření bylo situováno tak, aby zastihovalo všechny sanované úseky (sesuv č. 1 až sesuv č. 6), kdy měření na sesuvech č.3 a č. 4, v horním zářezu nad etáží č.1, zároveň zastihlo úseky postižené sesuvy č.5 a č.6 v dolním zářezu nad etáží č.2. Dále bylo provedeno srovnávací měření v úseku nepostiženém sesuvy (nesanovaný úsek) viz obr. 2. Toto měření bylo realizováno z důvodu možnosti porovnání výsledků měření ze sanovaných úseků.

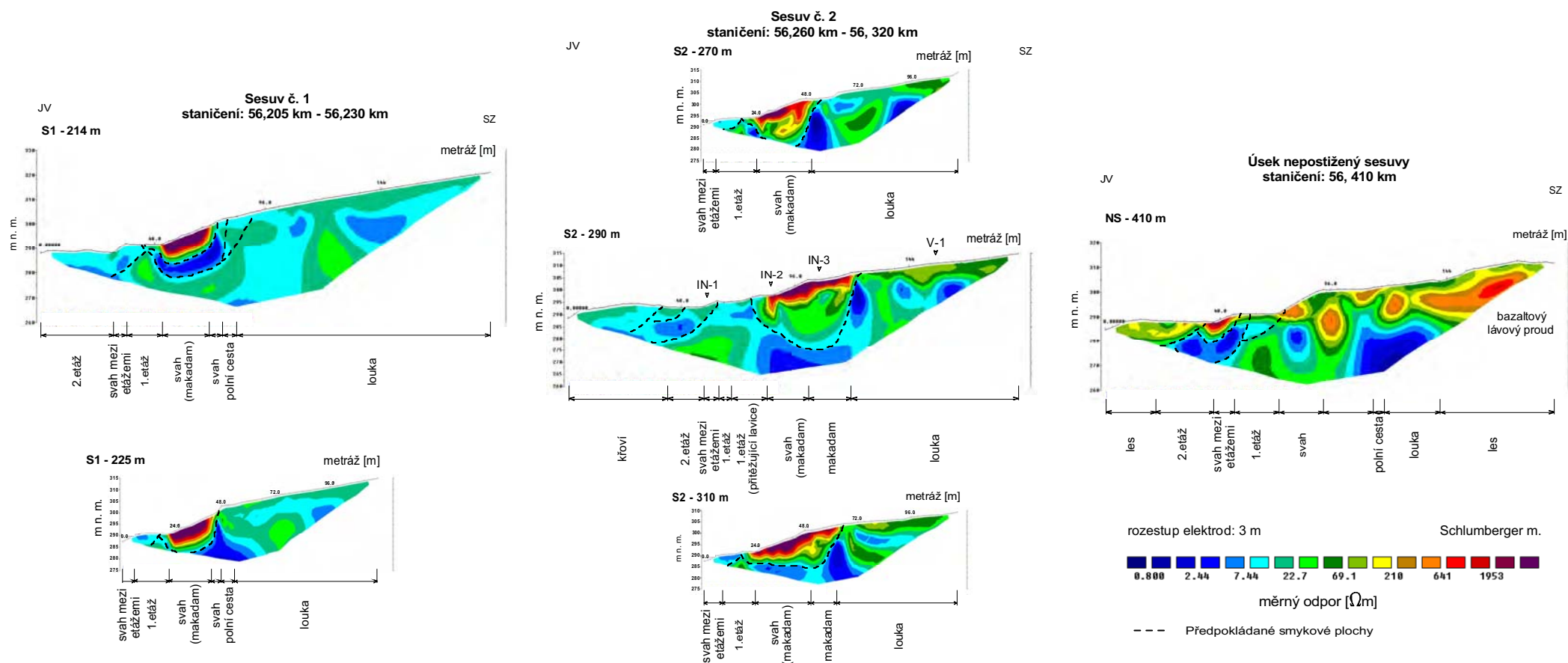
Elektrická odporová tomografie (ERT) byla změřena pomocí digitální geofyzikální aparatury ARES s multielektrodovým kabelovým systémem výrobce GF Instruments, s.r.o. Brno. Měřené profily byly vedeny po spádnicí kolmo na komunikaci v délkách 117 m a 189 m s rozstupem elektrod 3 m. Všechny geoelektrické profily byly měřeny pomocí Wenner – Schlumbergerova uspořádání. Účelem geoelektrického měření bylo ze sestavených odporových řezů interpretovat litologické celky geologického prostředí, stupeň jejich porušení, ověřit hloubku smykových ploch aktivního sesuvu č. 2, eventuálně ověřit přítomnost a hloubku případných smykových ploch mělce sanovaných sesuvů č.1a č. 3 až č. 6.

Dipólové elektromagnetické profilování (DEMP) bylo provedeno aparaturou CMD – Explorer (Electromagnetic Conductivity Meter)



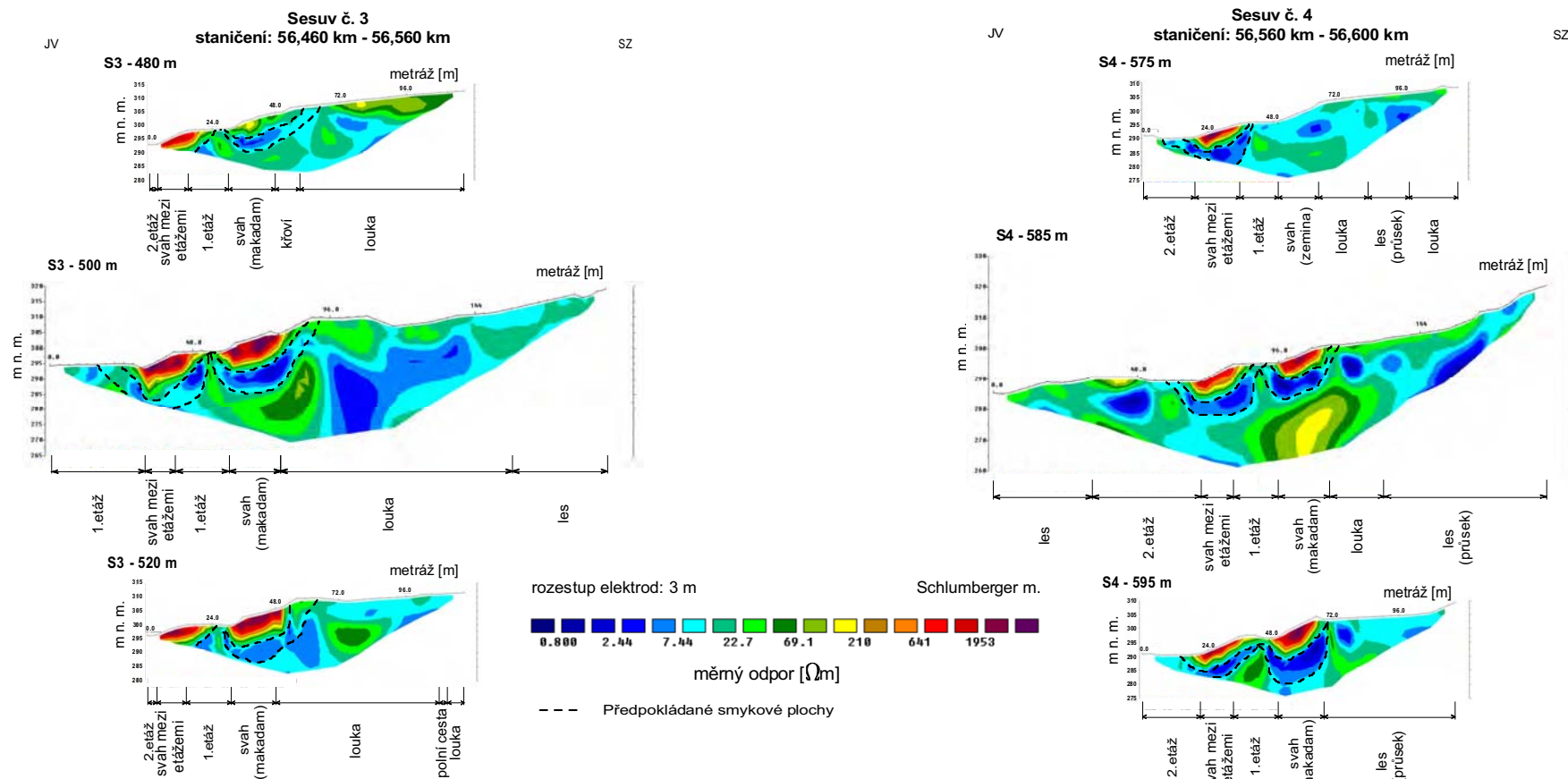
Obr.2 Schéma geofyzikálních profilů na dálniční stavbě D8 u obce Dobkovičky v Českém Středohoří

výrobce GF Instruments, s.r.o. Brno. Cílem elektromagnetického měření bylo (rovnoměrným pokrytím) rozlišit zájmovou plochu podle vodivostních vlastností ve třech měřených hloubkových úrovních do hloubky cca 7 m, detailněji upřesnit měření ERT a interpretovat hranice sesuvných a nesesuvných úseků v ploše.



Obr.3 Geoelektrické řezy sesuvu č. 1, sesuvu č.2 a úseku nepostiženého sesuvy

Seismická data byla změřena pomocí digitální seismické aparatury Geode (fy. Geometrics Ltd.). Seismické měření na lokalitě bylo provedeno na jednom profilu SP ve staničení 56,160 – 56,755 km na vrchní etáži č. 1 cca 2 m od hrany svahu mezi vrchní etáží č. 1 a spodní etáží č. 2. ve směru JJZ – SSV. Seismické měření mělo přinést informace o mělké nízkorychlostní vrstvě, která je tvořena převážně nezpevněnými pokrývnými uloženinami a antropogenními navážkami, o reliéfu pevnějšího podloží a o celkovém charakteru (stupni porušení) podloží do hloubky.

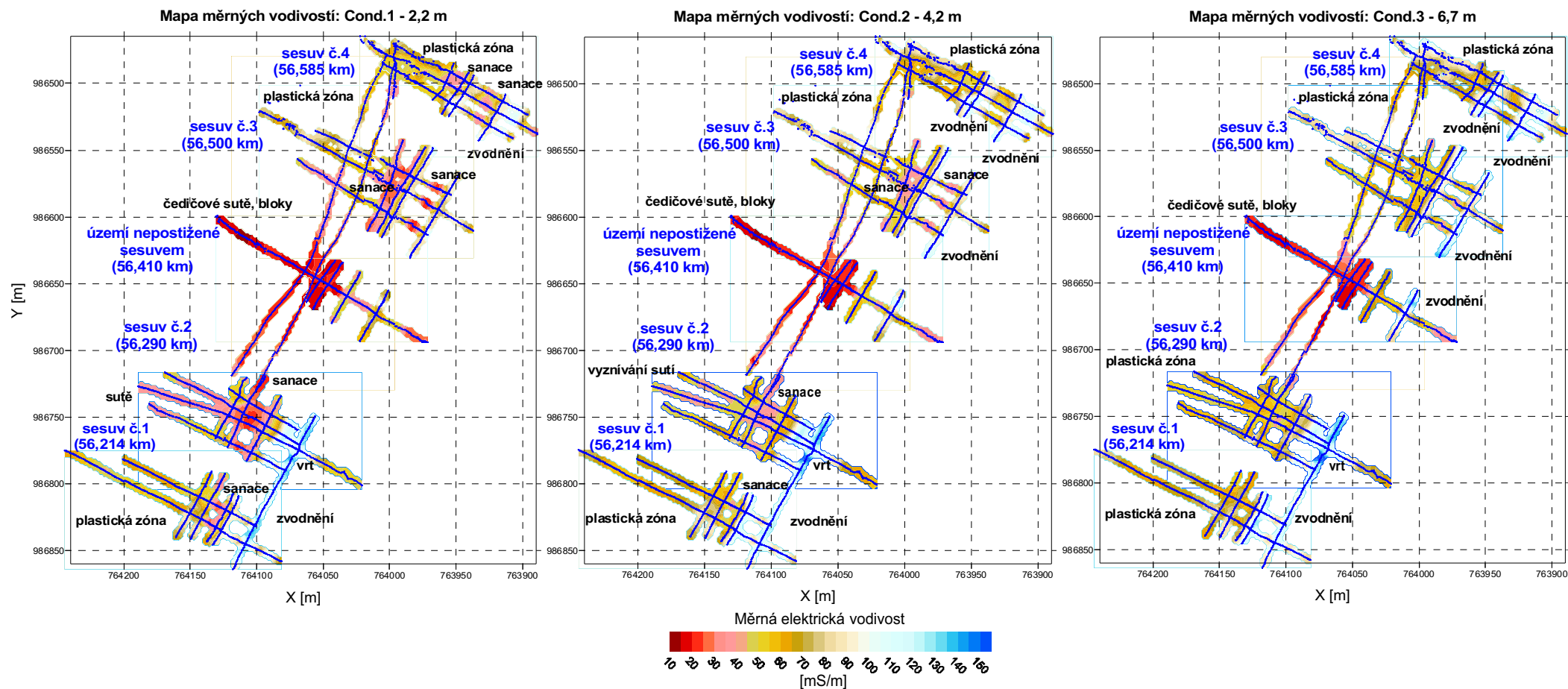


Obr.4 Geoelektrické řezy sesuvu č. 3 (sesuv č.5) a sesuvu č.4 (sesuv č.6)

3 Výsledky geofyzikálního měření

Dle vrtného průzkumu a předchozích geologických prací je geologické prostředí zájmové lokality tvořeno vrstvou kvartérních a deluviálních sedimentů, sutěmi s úlomky bazaltu, v jejich podloží se nacházejí slínovce, místy se vyskytují zvětralé bazaltové bloky a polohy tufů.

Podle geoelektrického měření ERT bylo z měrných elektrických odporů geologické prostředí rozděleno do tří litologických skupin: $\rho < 20 \Omega\text{m}$ – kvartérní pokryv a zvodnělé a porušené slínovce, $\rho = 20 - 200 \Omega\text{m}$ – kompaktní slínovce a sutě, $\rho = 200 - 2000 \Omega\text{m}$ – sanační materiál (makadam), bazalt, bazaltové úlomky až bloky. Dále byly interpretovány předpokládané hlubší smykové plochy (černá čárkovaná čára), které dosahovaly hloubek kolem 6 m, 10 m a 20 m, a které mělká sanace sesuvů nemohla zastihnout. V některých případech (geoelektrický profil S2 – 290 m) se projevovaly obdobné známky výskytu předpokládaných smykových ploch v hloubkách až 20 – 30 m.



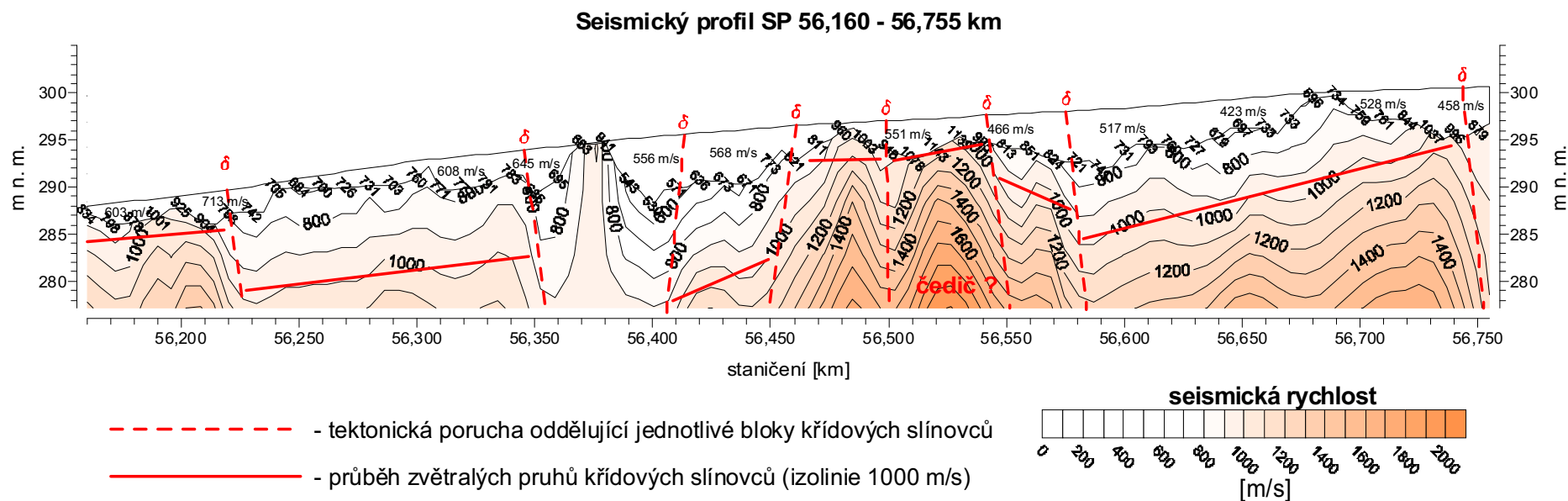
Obr.5 Mapy měrných elektrických vodivostí (Cond.1 – 2,2 m, Cond.2 – 4,2 m, Cond.3 – 6,7 m)

Geoelektrickým měřením v místě nezastiženém sesuvy (geoelektrický profil NS – 410 m) v horním zářezu nad etáží č. 1 byl pravděpodobně zachycen nad polohou křídových slínovců bazaltový lávový proud s rozvolněným čelem, který s největší pravděpodobností zapříčinil větší stabilitu svahu, a proto zde nedošlo k sesuvným pohybům. Pod etáží č. 1 a etáží č. 2, téhož profilu, je ale patrný náznak předpokládané smykové plochy, která zasahuje do hloubky až 18 m. Geoelektrické řezy naměřené v zájmové lokalitě jsou zobrazeny na obr.3 a obr. 4.

Z naměřených dat elektromagnetické metody DEMP byly interpretovány litologické polohy a podle měrné vodivosti byly rozděleny do čtyř skupin: $\sigma = < 20$ mS/m – bazaltové sutě/bloky (rozvolněné čelo lávového proudu) a mělká sanace svahu stabilizačními žebry (makadam, sutě), $\sigma = 20 - 40$ mS/m – svahové sedimenty a sutě, $\sigma = 40 - 100$ mS/m – plastická zóna (porušené slínovce), $\sigma = > 100$ mS/m

– zvodnění. Na sestavených mapách měrné elektrické vodivosti v hloubkových úrovních cca 2,2 m, 4,2 m a 6,7 m lze vysledovat směrem do hloubky vzrůstající velikost plochy zvodnění i její maximální hodnotu měrných vodivostí. V sesuvy nepostiženém úseku (staničení 56,410 km) nad etáží č. 1 v horním zářezu se směrem do hloubky snižuje měrná vodivost, což s největší pravděpodobností naznačuje přechod do méně vodivých málo zvodnělých bazaltových sutí či bazaltových bloků. Do hloubky také, dle předpokladu, vyznívá účinek nevodivých sanačních žebër a přibývá plocha tzv. plastické zóny reprezentovaná porušenými slínovci (obr. 5).

Podle výsledků seismického měření MRS dosahuje svrchní nízkorychlostní vrstva (sutě, hlinité písky s úlomky hornin, navážky a nejsvrchnější poloha zcela zvětralých (rozložených) hornin podloží – křídové slínovce) proměnlivých mocností od 0,5 m do 7,5 m. Rychlost přímé seismické vlny v této svrchní vrstvě byla zjištěna v rozmezí $v_0 = 423 - 713$ m/s. Pod touto vrstvou se projevilo seismické rozhraní o hraničních seismických rychlostech $v_h = 530 - 1139$ m/s, které charakterizují povrch podloží, jehož stupeň celkového porušení přechází od rozvětralé horniny charakteru zeminy po horniny silně zvětralé a silně porušené. Seismické rychlosti podloží (nepřesahující hranici $v_{\max} = 2000$ m/s) směrem do hloubky nerovnoměrně narůstají a dle zřetelných tektonických poruch, které jsou na seismickém řezu znázorněny přerušovanou červenou čarou a označeny symbolem δ , lze oddělit jednotlivé bloky křídových slínovců. Pomocí izolinie rychlostí (izotachy) 1000 m/s byl přibližně vysledován úklon uložení těchto struktur a upřesněna celková charakteristika proměřovaného úseku (červená plná čára). Tato čára naznačuje možný výzdvih a pokles slínovcových bloků v důsledku intruze bazaltových hornin (obr. 6).



Obr.6 Mělká refrakční seismika (MRS) na vrchní etáži č. 1, seismické řezy

4 Závěr

V úseku budované komunikace D8 od staničení 56,160 km do staničení 56,755 km v blízkosti obce Dobkovičky v Českém středohoří byl proveden geofyzikální průzkum, který upřesnil a rozlišil zájmové území na litologické celky, zjistil míru porušení horninového prostředí aktivního sesuvu č. 2 a ověřil přítomnost zvodnělých poloh. Rovněž ověřil přítomnost možných diskontinuit v hlubších zónách u všech sesuvů č. 1 až 6. Z výsledků měření byla zjištěna mocnost pokryvných sedimentů a charakter horninového podloží reprezentující porušené slínovcové bloky. Výsledky geofyzikálního měření spolu s karotážními pracemi, technickými pracemi, mapováním, inklinometrií, laboratorními pracemi a stabilizačními výpočty byly podkladem pro návrhy dalších sanačních opatření sesuvného území.

References

SPĚŠNÝ M., HRUTKA M., VOTOČEK R. Geofyzikální průzkum v sesuvné oblasti stavby dálniční komunikace D8 od staničení 56,160 km do staničení 56,755 km. *ARCADIS Geotechnika a.s.* Praha, 2011, 12 s.

Autoři

¹ Mgr. Milan Hrutka, ARCADIS Geotechnika a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, hrutka@arcadisgt.cz

² Mgr. Marek Spěšný, ARCADIS Geotechnika a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, spesny@arcadisgt.cz