

Metodika měření k dohledávání horizontálních a úklonných důlních děl, komor, kaveren apod. metodou elektrické rezistivní tomografie – ERT v malých hloubkách

**Bc. Petr Bunčeka (GSP), Ing. Petr Halfar (GSP),
Ing. Aleš Poláček CSc. (VŠB-TUO), Ing. Jan Šmolka (GSP)**

1. ÚVOD

V letech 2011 až 2013 řešili GSP s.r.o. v Ostravě a IGI HGF Vysoká škola báňská – TU v Ostravě projekt „Věda a výzkum projevů hornické činnosti ve vztahu k fyzikálním proměnám charakteristik horninového prostředí“. Zadávatel projektu bylo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, evidenční číslo projektu FR-TI3/520.

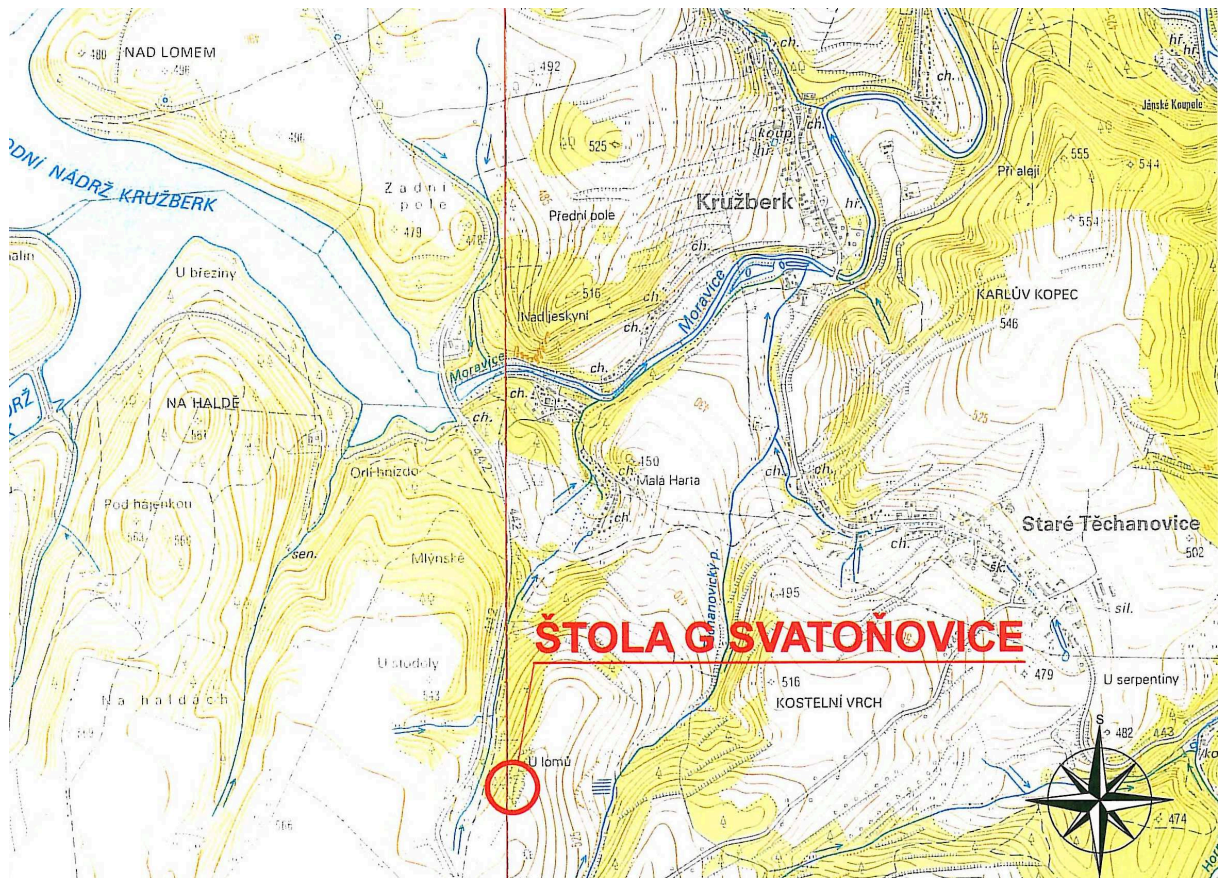
V rámci řešení tohoto projektu byla vybrána historická důlní díla v různých oblastech ČR (Jeseníky, Česká část Vnitrosudetské pánve, středočeská uhelná pánev, Vehlovické opuky) byla provedena také měření na dvou lokalitách ložiska pokrývačských břidlic – Štola G Svatoňovice a Dřevěná štola u obce Čermná ve Slezsku.

2. ŠTOLA G SVATOŇOVICE

Lokalita se nachází asi 5 km sz. od města Vítkov v okrese Opava. Lze ji zařadit do kulmského vývoje flyšové facie spodního karbonu. Kulmská facie litologicky představuje souvrství střídajících se jílových břidlic, pískovců a drob. Štola se nachází asi 1,5 km severně od obce Svatoňovice, v udržovaném lesním porostu u bezejmenného potoka, který je přítokem řeky Moravice za přehradní hrází Kružberk. V dané lokalitě byly původně dvě těžební štoly G a H. Nebylo zjištěno časové rozpětí funkčnosti štol, ani jejich začátek a ukončení těžby. Dnešní ústí štoly G je v terénu snadno viditelné. V současné době je zajištěno otevíracími jednokřídlými kovovými dveřmi a označeno informační tabulí o štole v jejím ústí (obr. 1). Rozměry důlního díla jsou cca 1,7 x 1,8 m. Délka štoly G je cca 60 m. (Segeřa, 2011)



Obr. 1 Ústí štoly G Svatoňovice



Obr. 2 Situování štoly G Svatoňovice

Štola G Svatoňovice je situována v bezprostřední blízkosti

- SDD 760 – štola Svatoňovice H a
- SDD 761 – komín Svatoňovice

Kraj: Moravskoslezský

Okres: Opava

Katastrální území: Svatoňovice

Parcela s ústím č. 1470/3

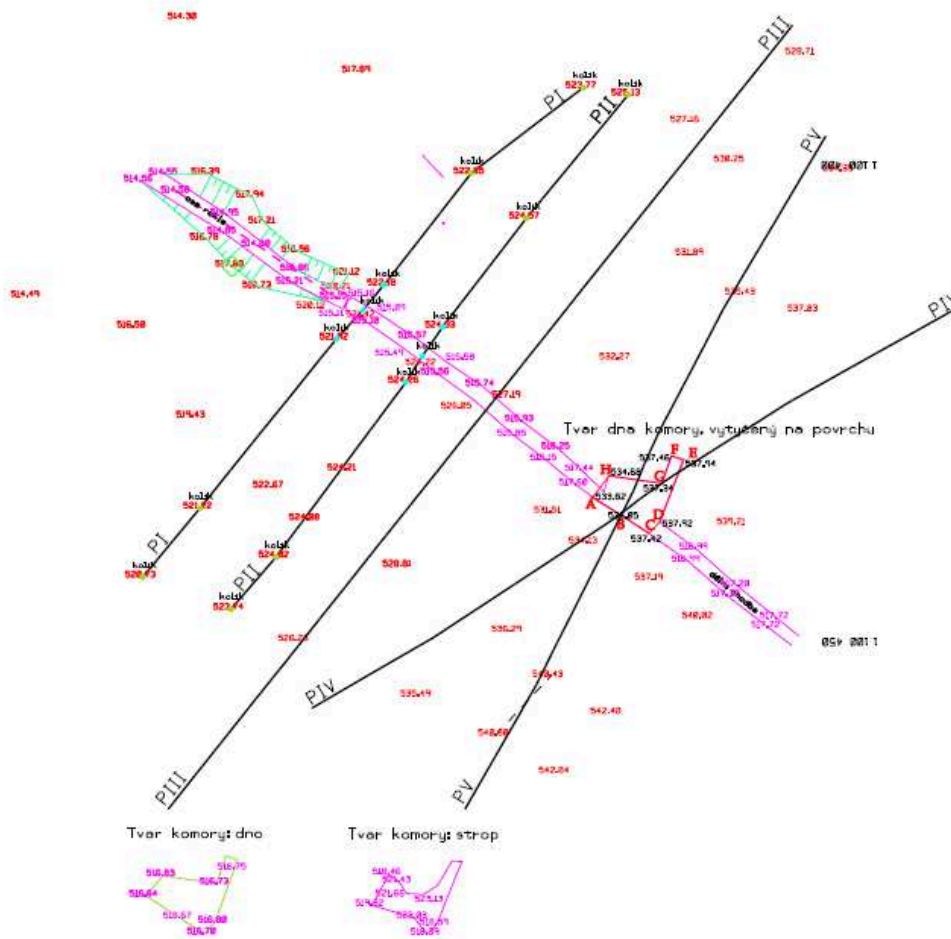
Souřadnice ústí štoly v JTSK:

Y = 515 049,91 m

X = 1 100 414,41 m

Z = 515,17 m Bpv

2.1 Geofyzikální měření a jeho vyhodnocení



Obr. 3 Schematické znázornění geofyzikálních profilů, štola G Svatoňovice

Geofyzikální měření metodou ERT zde bylo postupně provedeno celkem na třech cca rovnoběžných profilech, kolmých na předpokládaný průběh důlního díla. Každý profil (bez ohledu na jeho délku) byl situován tak, aby jeho střed byl vždy nad předpokládaným důlním dílem. Vzhledem k tomu, že ústí štoly se nachází ve svahu, byla u každého profilu postupně větší vzdálenost o počvy důlního díla. V případě profilu P 1 to bylo cca 6 m, v případě profilu P 2 pak cca 10 m, u profilu P 3 pak cca 12 m. Další dva profily P 4 a P 5 byly voleny nikoliv po vrstevnici, ale z důvodu nepříznivého povrchu terénu a vzhledem k relativně malému rozměru komory na konci štoly ve tvaru ležatého písmene X. Hloubka počvy komory v tomto případě byla cca 18 až 20 m. Situační schéma všech profilů je znázorněno na obr. 3. Data popisující geometrické poměry místa měření byla získána geodetickým zaměřením jak uvedených profilů, tak průběhu štoly. Rekognoskační průřezu štoly bylo zjištěno, že světlý

průřez se v proměřovaném úseku mění minimálně, takže interpretace geofyzikálního měření vychází z následujících skutečností.

Geologické poměry byly v generelu konstantní, průřez díla konstantní, mění se pouze vzdálenost počvy důlního díla pod povrchem. Měření probíhala navzájem za stejných klimatických podmínek, před vlastním měřením nedocházelo několik dní k výrazné srážkové činnosti.

Profily P I a P II byly změřeny uspořádáními v kombinaci Wenner-Schlumberger (WSCH) a dipól-dipól (DD). Porovnáním získaných výsledků byly profily P III, P IV a P V změřeny pouze uspořádáním elektrod WSCH. V tomto příspěvku jsou tak uvedeny pouze vybrané výsledky na většině profilů, které mohou zejména z metodického hlediska být přínosem při provádění podobných měření kdy je jeho účelem lokalizovat podobné důlní dílo.

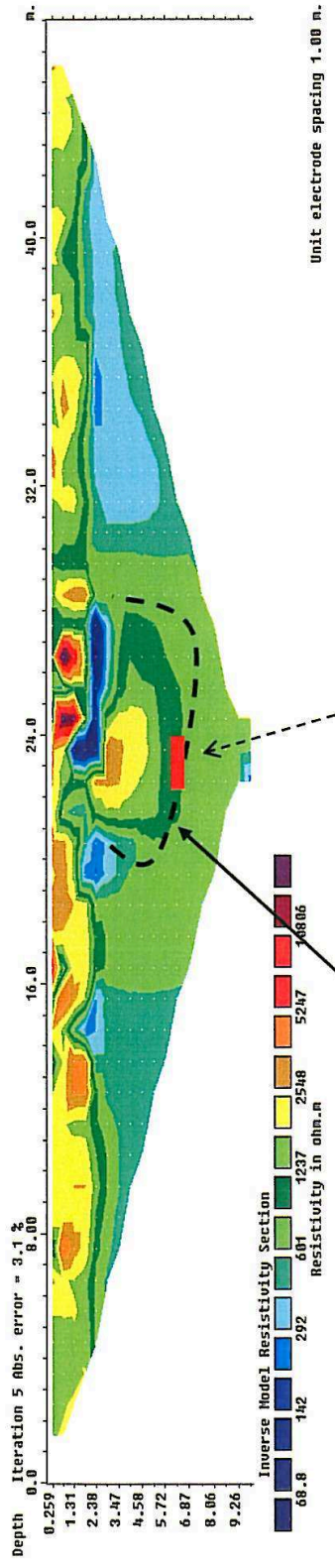
Počva štoly se u profilu P I nachází v hloubce cca 6 m. Výsledky měření jsou znázorněny na obr. 4 až obr. 6. Z obr. 4 vyplývá, že při vzdálenosti mezi elektrodami 1 m, je projev důlního díla problematický u obou uspořádání, jak naznačuje střed počvy štoly pod povrchem. Jeho hloubku na základě interpretace je možné situovat do cca 2 až 3 m, což neodpovídá skutečnosti. V případě uspořádání DD jsou výsledky ještě problematictější, než je tomu u uspořádání WSCH. Na obr. 5 jsou znázorněny získané výsledky na základě podobného měření, pouze vzdálenost mezi elektrodami byla volena 2 m. V tomto případě průběh štoly charakterizují lépe výsledky získané uspořádáním WSCH. V případě vzdálenosti mezi elektrodami 3 m, pak lze na přítomnost důlního díla usuzovat pouze na základě zvýšených hodnot zdánlivé rezistivity v místě jeho předpokládaného výskytu (obr. 6).

Počva štoly se u profilu P II nachází v hloubce cca 10 m. Výsledky měření jsou znázorněny na obr. 7. Vzhledem k problematickým výsledkům zjištěným při vzdálenosti mezi elektrodami 1 m, bylo měření provedeno pouze při vzdálenosti elektrod 2 m, která se dříve ukázala jako optimální. V tomto případě při použití uspořádání WSCH lze konstatovat, že vysokorezistivní anomálie cca v metráži 31 m, v hloubce cca 5 až 7 m odpovídá důlnímu dílu. Při zvětšení vzdálenosti mezi elektrodami 3 m, získaný rezistivní obraz neodpovídá projevu typickému pro horizontální důlní dílo.

U profilu P III se počva štoly nachází v hloubce cca 12 m. Výsledky měření při vzdálenosti mezi elektrodami 2 m jsou znázorněny na obr. 8. Vzhledem k poznatkům zjištěným při měření na profilu P II, byla zvolena vzdálenost mezi elektrodami opět nejdříve 2 m, pak pokusně zvětšena na 3 m. V obou případech hledané důlní dílo neovlivnilo měřenou rezistivitu natolik, aby se ve vertikálních rezistivních řezech charakteristicky projevilo.

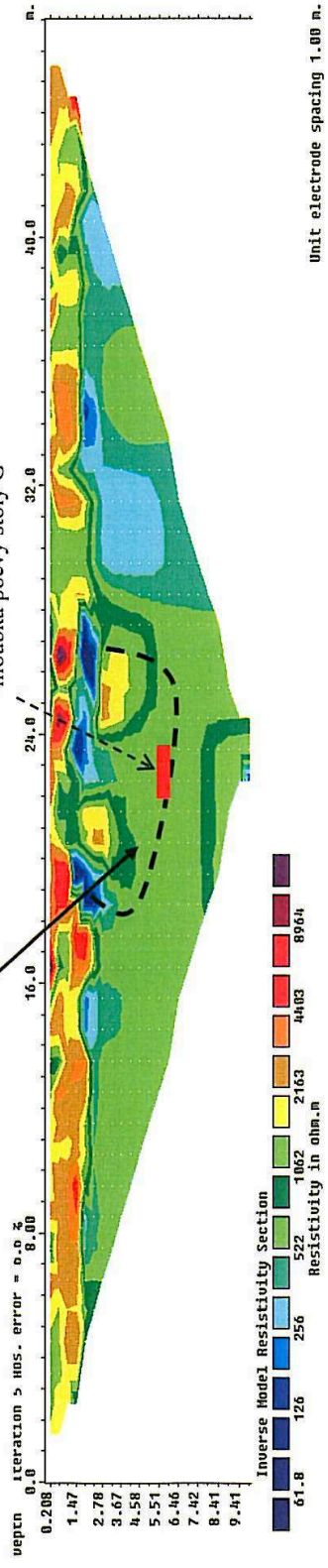
V případě profilu P IV se počva štoly nachází v hloubce cca 18 až 20 m. Výsledky měření při vzdálenosti mezi elektrodami 4 m jsou znázorněny na obr. 8. Vzdálenost mezi elektrodami byla zvolena vzhledem ke známým rozměrům komory, nad níž bylo prováděno geoelektrické měření. Získaný rezistivní obraz naznačuje možnost existence důlního díla, avšak v žádném případě nelze usuzovat ani na jeho hloubku, případně rozměry.

Profil P 1 - hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 1 m



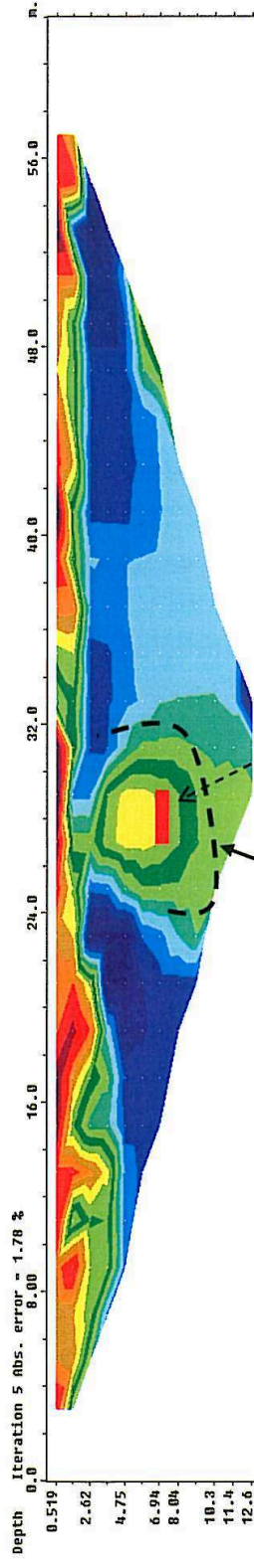
DD, vzdálenost elektrod 1 m

oblast s možným vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí
hloubka počvy štoly G



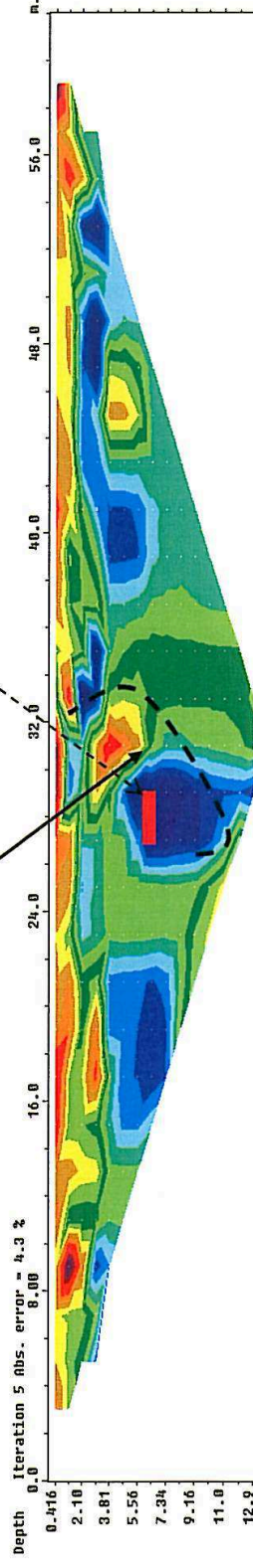
Obr. 4 Interpretované vertikální rezistivní řezy na P 1 – Štola G Svatonovice

Profil P I - hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 2 m



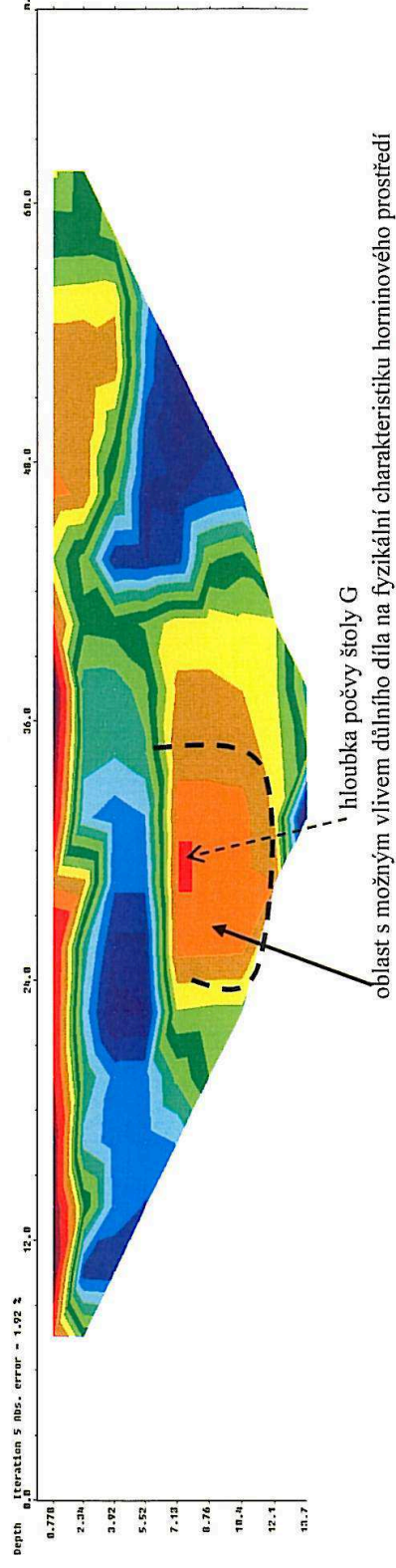
DD, vzdálenost elektrod 2 m

oblast s výrazným vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí
hloubka počvy štoly G



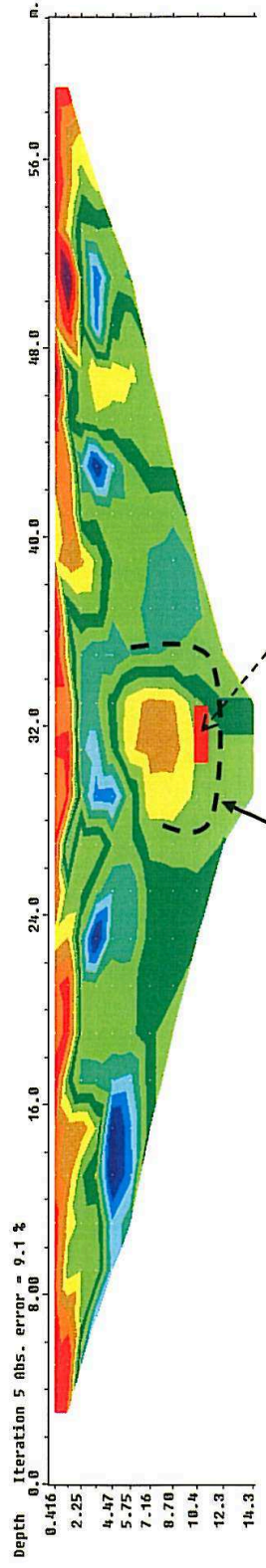
Obr. 5 Interpretované vertikální rezistivní řezy na P I – Štola G Svatoňovice

Profil P I – hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 3 m



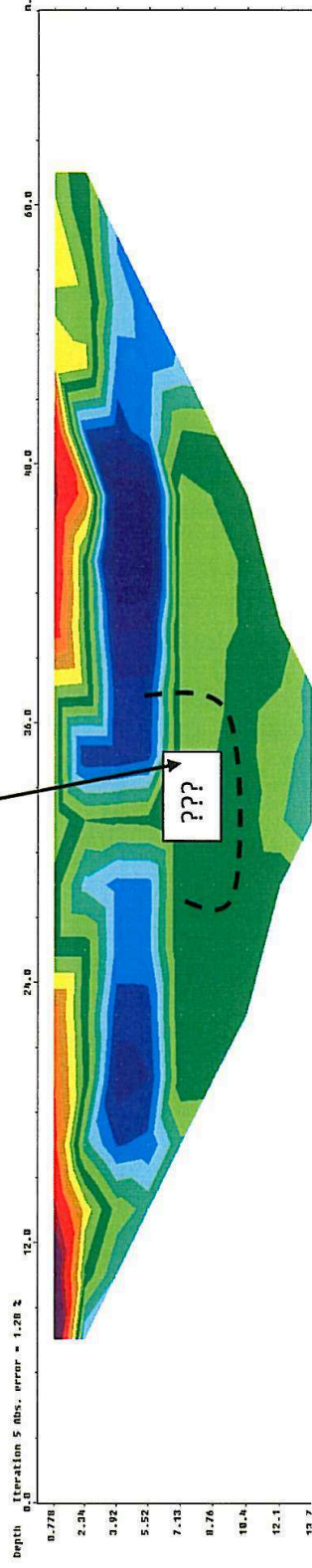
Obr. 6 Interpretované vertikální rezistivní řezy na P I – Štola G Svatoňovice

Profil P II - hloubka počvy štoly cca 10 m,
WSCH - vzdálenost elektrod 2 m



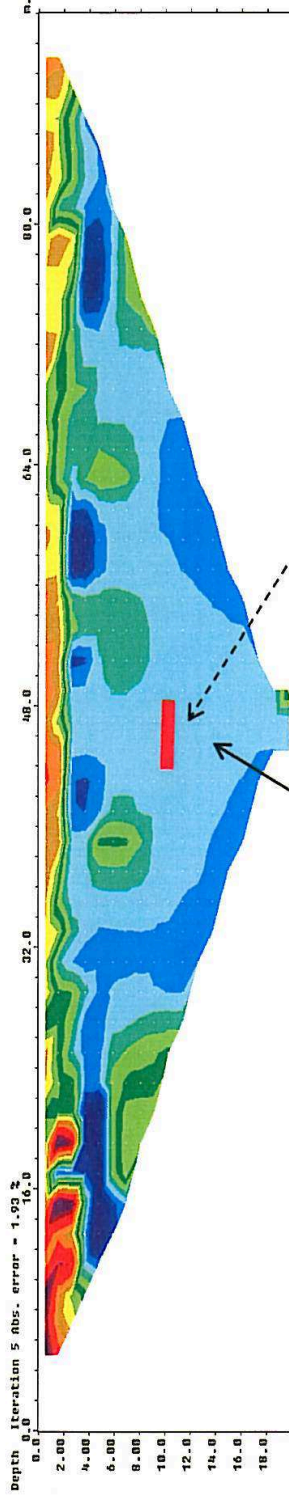
hloubka počvy štoly
oblast s vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí
negativní změna fyzikální charakteristiky horninového prostředí s důlním díle

Profil P II - hloubka počvy štoly cca 10 m,
WSCH - vzdálenost elektrod 3 m



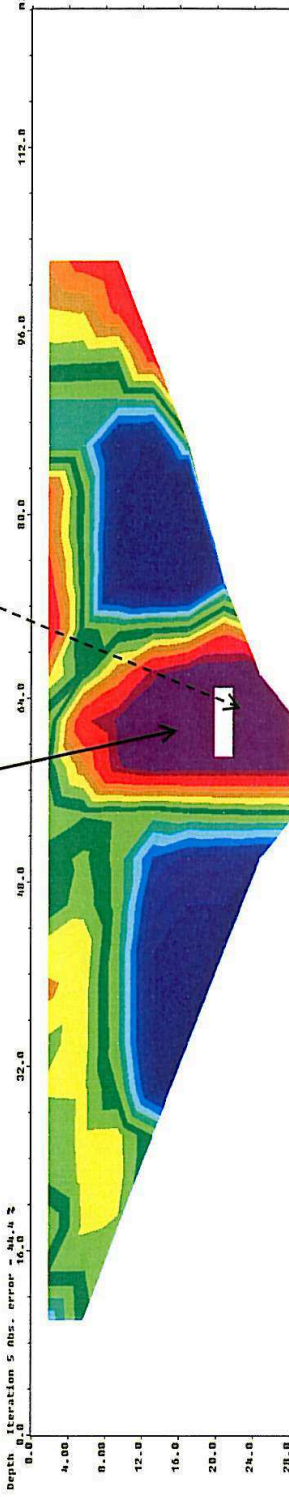
Obr. 7 Interpretované vertikální rezistivní řezy na P II – Štola G Svatoňovice

Profil P III - hloubka počvy štoly cca 12 m,
WSCH - vzdálenost elektrod 2 m



hloubka počvy štoly
negativní změna fyzikální charakteristiky horninového prostředí s důlním dílem
oblast s vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí

Profil P IV - hloubka počvy štoly cca 18 m,
WSCH - vzdálenost elektrod 4 m



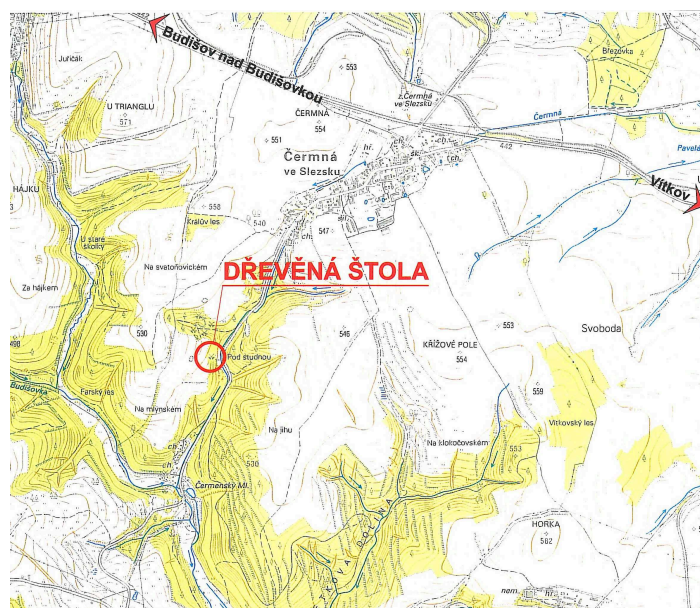
Obr. 8 Interpretované vertikální rezistivní řezy na P III a P IV - Štola G Svatoňovice

3. DŘEVĚNÁ ŠTOLA

Štola se nachází cca 1,5 km jihozápadně od obce Čermná ve Slezsku u silnice do Nových Oldřůvek a bezejmenné vodoteče (přítoku vodoteče Budišovka). Je osamocena, dobře viditelná v západním svahu od silnice, bez břidlicového odpadu. Severně cca 0,5 km jsou situovány ústí SDD štoly Žlutý květ a dvou jam. Předpokládaná délka štoly je cca 134 m. V blízkosti ústí jsou pozůstatky odvalu. Byla zajištěna kovovou mříží; v době průzkumu byla zničena a přístup k ústí štoly byl zatarasen spadlými stromy a není možné tedy určit polohu počvy (obr. 9)



Obr. 9 Neprůchodný vchod do Dřevěné štoly



Obr. 10 Situování Dřevěné štoly

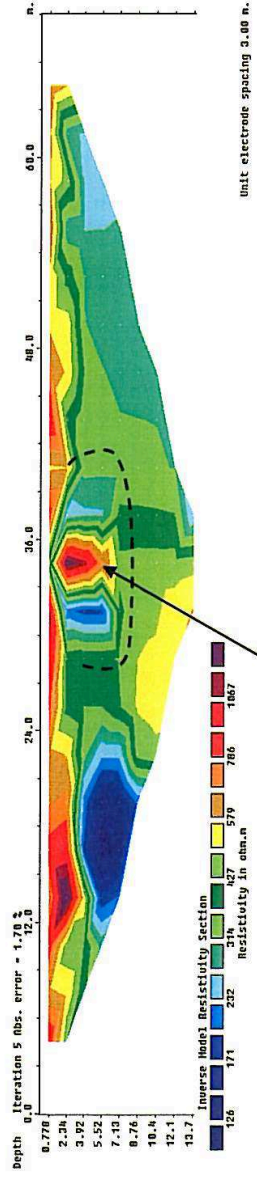
První experimentální měření metodou ERT bylo provedeno na dvou profilech označených na obr. 12 jako P I a P II. Výsledky jsou znázorněny ve formě vertikálních izoohmických řezů na obr. 12. V tomto případě bylo použito uspořádání v kombinaci Wenner - Schlumberger. Vzdálenost mezi elektrodami byla zvolena 3 m.

Druhé měření metodou ERT bylo provedeno na profilu P III – viz obr. 11. Výsledky jsou znázorněny ve formě vertikálního izoohmického řezu na obr. 13 V tomto případě bylo opět použito uspořádání WSCH se vzdáleností mezi elektrodami 3 m.

Vzhledem k tomu, že naměřený i interpretovaný soubor dat jsou soubory typu lognormálního rozložení, tato skutečnost je zohledněna při volbě logaritmického měřítka – volbě kroku intervalu izolinií na interpretovaných vertikálních izoohmických řezech.

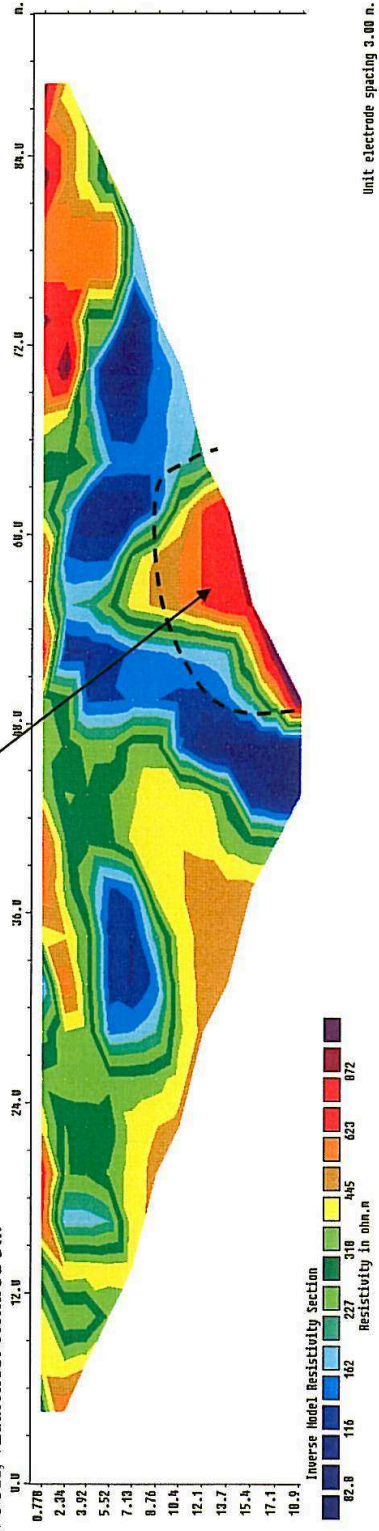
Reálný hloubkový dosah měření při použitém systému zvoleného počtu elektrod a použité metodice měření a vzdálenosti elektrod sebe 3 m u vybraných profilů byl min. 15 m. Odpovídal tak předpokládané hloubce výskytu horizontálního důlního díla. Takto jsou i vyneseny výsledky interpretace na jednotlivých profilech.

Profil P I
 WSCH, vzdálenost elektrod 3 m



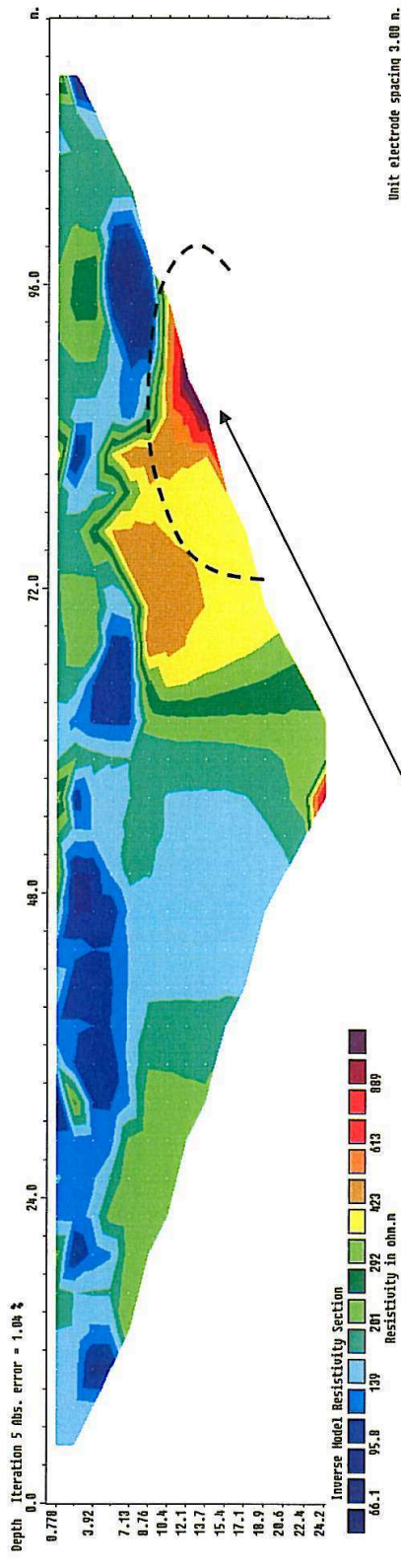
oblast s možným vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí

Profil P II
 WSCH, vzdálenost elektrod 3m



Obr. 12 Interpretované vertikální izohmické řezy na profilech P I a P II.

Profil P III
 WSCH, vzdálenost elektrod 3m,



oblast pravděpodobně ovlivněná existencí důlního díla s vyznačením polohy štoly

Obr. 13 Interpretovaný vertikální izoohmický řez na profilu P III

4. ZÁVĚR

Vzhledem k povaze řešeného úkolu – vymezení horizontálního důlního díla, výsledky měření jsou výrazně ovlivněny fakty uvedenými ve zprávě (Bunčec, Šmolka 2011) a dále z ověřování a testování různé metodiky měření při metodě ERT, zejména pak volbou použitého uspořádání elektrod a vzájemnou vzdáleností elektrod.

V neposlední řadě je to konkrétní fyzikální projev důlního díla v místě zvoleného profilu, jehož směr byl volen tak, aby procházel kolmo na předpokládaný průběh důlního díla.

Při použití metody rezistivního multielektrodevého měření je vyhodnocovanou veličinou (rezistivita) měrný odpor. Vzhledem k faktu, že důlní dílo (jeho vertikální průřez) lze nahradit modelem tělesa představujícího dutý horizontální válec, jehož průměr dosahuje velikosti $n \times 10^0$ m je možné předpokládat, že přítomnost takovýchto těles se bude projevovat výraznými rezistivními maximy (vysoké hodnoty měrného odporu). Tvar těchto maxim bude cca kruhový až eliptický a bude záviset i na rezistivní charakteristice okolních hornin a také na případné dodatečné výplni těchto důlních děl (napadávkou v různé mocnosti na počtvě každého díla). V případě, že je toto těleso zaplněné vodou, jeho projev však může být opačný. V případě, že je v místě procházejícího profilu zavaleno, pak může být projev až nulový a nijak výrazně se neodlišuje od jeho blízkého okolí.

Získané výsledky prezentují postup, kdy na základě testovacího měření na lokalitě se známým průběhem důlního díla (štola G Svatoňovice), byly získané poznatky určující metodiku měření použity na lokalitě s víceméně neznámým průběhem důlního díla (jeho směr a rozměry, tedy Dřevěná štola). Na základě provedeného měření se s největší pravděpodobností podařilo vymežit průběh a směr Dřevěné štoly, který je s největší pravděpodobností západoseverozápadní.

Jak je zřejmé z 1. kapitoly tohoto příspěvku bude projekt FR-TI3/520 ukončen v prosinci 2013, a konečné výsledky celého projektu bude po oponentuře prezentován v únoru 2014.

5) LITERATURA

- 1) Karel Segeřa: Ložisko moravických posidoniových břidlic, výběr ložisek a lokalit vhodných ke geofyzikálnímu sledování multielektrodovým rezistivitním měřením, GSP s.r.o., Ostrava prosinec 2011
- 2) Petr Bunčeka – Aleš Poláček: Vyhodnocení Štola G Svatoňovice – Ložisko Moravických posidoniových břidlic, GSP s.r.o., Ostrava březen 2012
- 3) Jan Šmolka – Aleš Poláček: Druhé vyhodnocení Štola G Svatoňovice – Ložisko Moravických posidoniových břidlic, GSP s.r.o., Ostrava březen 2013
- 4) Petr Bunčeka – Aleš Poláček: Vyhodnocení Dřevěná štola – Ložisko Moravických posidoniových břidlic, GSP s.r.o., Ostrava březen 2012
- 5) Jan Šmolka – Aleš Poláček: Druhé vyhodnocení Dřevěná štola – Ložisko Moravických posidoniových břidlic, GSP s.r.o., Ostrava březen 2013