

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra geologie

Ondřej Vodehnal

**Mělký geofyzikální průzkum podpovrchových
krasových jevů v okolí Javoříčka**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Doc. Mgr. Ondřej Bábek Dr.

Olomouc 2011

Prohlašuji,

že jsem zadanou diplomovou práci řešil zcela samostatně a uvedl jsem v ní veškerou použitou literaturu a podklady.

V Olomouci 20.dubna 2011

.....

podpis

Poděkování:

Doc. Mgr. Ondřeji Bábkovi Dr. (vedoucímu diplomové práce),
speleologické organizaci ČSS 7-03 „Javoříčko“ se sídlem v Březině,
rodině.

OBSAH

Úvod	6
1. Geologická charakteristika území	7
1.1 Regionálně geologické zařazení	7
1.2 Vymezení hranice území	7
1.3 Faciální vývoj moravskoslezské oblasti	8
1.4 Stratigrafický vývoj devonu na Dražanské vrchovině	9
2. Geomorfologické vymezení a geomorfologická charakteristika území	12
2.1 Vymezení Javoříčského krasu	12
2.2 Geomorfologické poměry zájmového území	13
2.3 Přehled exokrasových a endokrasových jevů ve střední části konicko-mladečského pruhu	15
2.4 Popis vybraných lokalit a jejich geomorfologické zařazení	17
3. Elektrické odporové profilování	26
3.1 Rozdělení elektrických geofyzikálních metod	26
3.2 Základní veličiny a fyzikální vlastnosti	27
3.3 Porovnání hlavních metod měřícího uspořádání	32
4. Použité metody	39
4.1 Příslušenství	39
4.2 Měření v terénu	40
4.3 Softwarové zpracování	42

5. Výsledky a diskuze	45
5.1 Jeskyně „Za Hájovnou“ lokalita Brablenec	45
5.2 Závrt „U Koní“ lokalita Suchý žleb	53
5.3 Ponor „U Transformátoru“ lokalita Špraněk	57
5.4 Vývěr „Andělička“ lokalita Průchodnice	60
5.5 Jeskyně „Liščí díra“ lokalita Průchodnice	62
5.6 Interpretace výsledků	64
6. Závěr	65
7. Literatura	66
Summary	69

ÚVOD

Tato práce je zaměřena na průzkum mělkých podpovrchových krasových jevů s důrazem na proměření vybraných endokrasových útvarů (jeskyní a zlomů) v okolí Javoříčka. Krasové území je velice složitým přírodním systémem, skládajícím se z exokrasových, endokrasových a hydrologicky tvarů. Díky této složitosti a provázanosti zůstává značná část ekonomicky nevyužitelných oblastí krasu málo prozkoumána. Při využití moderních metod výzkumu lze některé tyto souvislosti objasnit i bez využití zdoluhavých a nákladných invazivních metod. Z tohoto důvodu jsem si vybral tuto diplomovou práci, abych pomohl napomoci při určování a předpovídání možnosti průzkumu menších jeskyní a jiných krasových útvarů ve zmíněné oblasti.

Diplomová práce by měla přinést praktické poznatky pro speleologickou skupinu ČSS 7-03 „Javoříčko“ i pro jiné skupiny či odborníky zabývající se problematikou krasu. Cílem diplomové práce je provést mělký geofyzikální průzkum na vybraných lokalitách s důrazem na vyhledávání krasových jevů. Tyto lokality byly vybrány ve spolupráci se členy amatérské speleologické organizace ČSS 7-03 „Javoříčko“ se sídlem v Březině. Měření je prováděno pomocí multielektrodového odporového profilování, přístrojem ARES v 5.3. Naměřená data jsou dále zpracována v programech (RES2DINV), Surfer 7.0, ArcGIS a CorelDRAW. Výsledkem této práce je interpretace zpracovaných dat, jejich vizualizace a prezentace. Tato data slouží k určení směrů podzemních struktur a s jejíž pomocí lze navrhnout postup pro výkopové práce speleologické skupiny.

1. Geologické vymezení a geologická charakteristika území

1.1 Regionální geologické zařazení:

Dle Chlupáče a Štorcha (1992), konicko-mladečský pruhu náleží k jednotce Českého masívu, oblasti moravskoslezské a nižší jednotce moravskoslezského paleozoika. Moravskoslezské paleozoikum, jejíž součástí je konicko-mladečský pruh, je tvořeno sledem slabě metamorfovaných, až nemetamorfovaných sedimentů a vulkanitů paleozoického stáří, odpovídající rozmezí siluru, devonu až spodního karbonu a jeho podklad je tvořen brunovistulikem. Mezi jeho další dílčí jednotky patří paleozoikum Moravského krasu, němčický pruh, šternbersko-hornobenešovský pruh a drobnější výskyty v Hornomoravském úvalu (čelechovický devon), na Dražanské vrchovině (Stínava-Ptení), při východním okraji Boskovické brázdy a na Znojemsku. Dalšími hlavními výskyty s podstatným zastoupením spodního karbonu jsou dražanský kulm, kulm Nízkého Jeseníku, mírovský „kulm“, kra Maleníku a několik dalších drobných výskytů na střední a jižní Moravě. (Chlupáč a Štorch, 1992)

1.2 Vymezení hranice území:

Konicko-mladečský pruh (dále KMP), jehož součástí je Javoříčský kras, je dle Bábka (1995) tvoří se svým krystalinickým podložím přibližně trojúhelníkovitý útvar vystupující z okolního spodnokarbonského flyše – kulmu dražanské vrchoviny. Tento pruh je situován v severozápadní části dražanské vrchoviny na střední Moravě, nacházející se přibližně 35 km zsz. od Olomouce a zhruba 30 km vjv. od Svitav. Dle Dvořáka (1987) jz. část KMP běží podél nectavsko-konického zlomového pásma, které je přímým pokračováním labského lineamentu, což je významná variská diskontinuita směru SZ – JV. Dle Ketnera (1965) je sz. hranice KMP omezena kladecko-kadeřínskou linií, která je kolmá na nectavsko-konické zlomové pásmo a je přímým pokračováním východního okrajového zlomu boskovické brázdy. Východní hranice KMP má odlišný ráz, jeho nejsvrchnější jednotka sedimentárních sledů jednotlivých vývojů (probráno dále) přechází do flyšových sedimentů kulmské facie, se kterými má dle Crhy et al. (1989) konkordantní styk. Dle Svobody a Prantla (1951, 1954) je v. část KMP přerušována systémem příčných zlomů, které jsou orientovány paralelně s nectavsko-konickou zlomovou zónou. Severní a východní část KMP tvoří komplex předflyšových paleozoických sedimentů v podobě izolovaných „bradel“, která jsou obklopena flyšem a sahají až k hornomoravskému úvalu.

1.3 Faciální vývoj moravskoslezské oblasti:

Dle Bábka et al. (2006) lze rozdělit faciální vývoj moravskoslezské oblasti na 5 faciálních vývojových typů. Jedná se o drahanskou facii, ludmírovskou facii, severní facii Moravského krasu, jižní facii Moravského krasu a „jižní“ facii vrtných polí.

Drahanská facie - Tato litostratigrafická facie náleží do magnafacie drahanské, která byla definována Chlupáčem (1965) či Zukalovou a Chlupáčem (1982). Tento sled je tvořen bazalty (polštářovými lávami a tufy) submarinního vulkanizmu s konglomeráty, drobami a břidlicemi obsahujícími hlubokomořskou faunu ekvivalentní stupni ems až eifel (stínavsko-chabíčovské souvrství). Následují sedimentární vrstvy stáří (eifel až tournaia) tvořené hlubokomořskými krinoidovými vápenci, karbonátovými turbidity (jesenecké vápence), pelagickými radiolaritovými břidlicemi stáří (framen až tournaia) (ponikevské souvrství). (Chlupáč 1960, Chlupáč a Svoboda 1963, Bábek 1997, 2001b)

Ludmírovská facie - Tato litostratigrafický sled náleží dle Chlupáče (1965), Zukalové a Chlupáče (1982) do ludmírovské magnafacie. Tato facie je tvořena marinními křemitými pískovci a konglomeráty (bazální klastika) stáří (ems až eifel). Na pískovce navazují břidlice obsahující hlubokomořskou faunu stáří (ems až eifel), které jsou ekvivalentní stínavsko-chabíčovskému souvrství. Další sedimentární vrstva je tvořena korálovými a stromatoporovými karbonáty stáří (sp. eifel až sp. givet) (ekvivalenty vilemovických vápenců). Následují karbonátové turbidity stáří (givet a frasn) (ekvivalenty německých vápenců). Nejsvrchnější sedimentární vrstva je tvořena vápnitými pelagickými radiolaritovými břidlicemi stáří (frasn či sp. famen) (ekvivalenty ponikevského souvrství). (Chlupáč 1959, Chlupáč a Svoboda 1963, Zikmundová 1966, Dvořák a Freyer 1966, 1968, Havlíček a Mergl 1990, Hladil 1993, Bábek 1996, 2001b, Synek 2000)

Severní faciální vývoj Moravského krasu - Dle Chlupáče (1965) a Zukalové a Chlupáče (1982) náleží tento litostratigrafický sled do magnafacie Moravského krasu. Tento sled je tvořen terestrickými a marinními křemennými pískovci, místy s výskyty písčitých dolomitických vápenců stáří (eifel a givet) (ekvivalenty josefovských vápenců). Následují tmavě šedé platformní karbonáty stáří (givet) (ekvivalenty lažáneckých vápenců). Další horninová vrstva je tvořena korálovými a stromatoporovými platformními karbonáty stáří (sv givet – sv. frasn) (ekvivalenty vilemovických vápenců), tmavě šedými až černými hlíznatými pelagickými vápenci stáří (sv. frasn až sv. framen) (ekvivalenty křtinských vápenců). Poslední horninová vrstva je tvořena vápnitými břidlicemi stáří (sv. famen až tournai?) (ekvivalenty ostrovských břidlic). (Dvořák a Pták 1963, Chlupáč 1965, Zukalová a Chlupáč 1982)

Jižní faciální vývoj Moravského krasu (nevyskytuje se v KMP) - Tento litostratigrafický sled náležící do magnafacie Moravského krasu byl definovaný Chlupáčem (1965), Zukalovou a Chlupáčem (1982). Tato facie se vyčleňuje zvláště od severního faciálního vývoje Moravského krasu z důvodu značné mocnosti a odlišného stratigrafického vývoje. Sled sedimentů je složen z marinních a terestrických křemenných pískovců, křemenných konglomerátů, místy s vrstvami vápenců (bazální klastika) stáří (st. devon až frasn). Navazující část sledu je tvořena korálovými a stromatoporovými platformními karbonáty stáří (givet až sv. frasn) (ekvivalenty vilémovických vápenců). Dále navazují hlíznaté vápence stáří (sp. framen) (křtinské vápence). Následuje několik set metrů mocná vrstva vápnitých turbidit stáří (sv. framen až stř. visé) (hádko-říčské vápence). Další horninová vrstva je tvořena karbonátovými brekciemi obsahující fosforitové klasty stáří (tournai až stř. visé) (hoštěnické brekcie). Nejsvrchnější horninová vrstva je tvořena břidlicemi obsahujícími hlubokomořské trilobity stáří (stř. až sv. visé) (březinské břidlice). (Dvořák a Pták 1963, Hladil 1991, Synek 1999b)

Facie vrtných polí - Tento sedimentární sled byl přiřazen k magnafaci Moravského krasu Zukalovou a Chlupáčem (1982). Z tohoto důvodu lze tento sled do značné míry korelovat s jižním faciálním vývojem Moravského krasu. Sled je tvořen marinními a terestrickými křemennými konglomeráty, křemennými pískovci a vápenitými bazálními klastiky stáří (sv. eifel? až givet). Navazující vrstevní sled je tvořen dolomitickými vápenci a vápenci (ekvivalenty lažaneckých vápenců) stáří (givet), následují korálové a stromatoporové karbonáty, dolomitické vápence stáří (frasn), které se podobají (vilémovickým vápencům). Dále navazují světle šedé platformní vápence s hojnými foraminiferami stáří (sv. frasn až farmen) (dražovické vápence). Nejsvrchnější část sledu je tvořena vápnitými turbiditami a břidlicemi stáří (stř. až sv. visé) (hádko-říčské vápence) (Zukalová, 1981)

1.4 Stratigrafický vývoj devonu na Dražanské vrchovině:

Dle Svobody (1964) lze vývoj devonu na Dražanské vrchovině rozdělit na tři typy faciálního vývoje (obr.-1.1), kterými jsou **vývoj dražanský, přechodní a vývoj Moravského krasu**. Všechny typy vývoje mají transgresivní ráz, ačkoliv jejich vývoj nenastává ve stejnou dobu a to především díky závislosti na předdevonském reliéfu.

Počátek transgrese a následná sedimentace ve **vývoji dražanském** spadá do období spodního devonu, který má vývoj pefiticko-pelitický. Dále pokračuje převážně pelitická sedimentace až do nižšího středního devonu (středního eifelu). Iniciální vývoj sedimentů

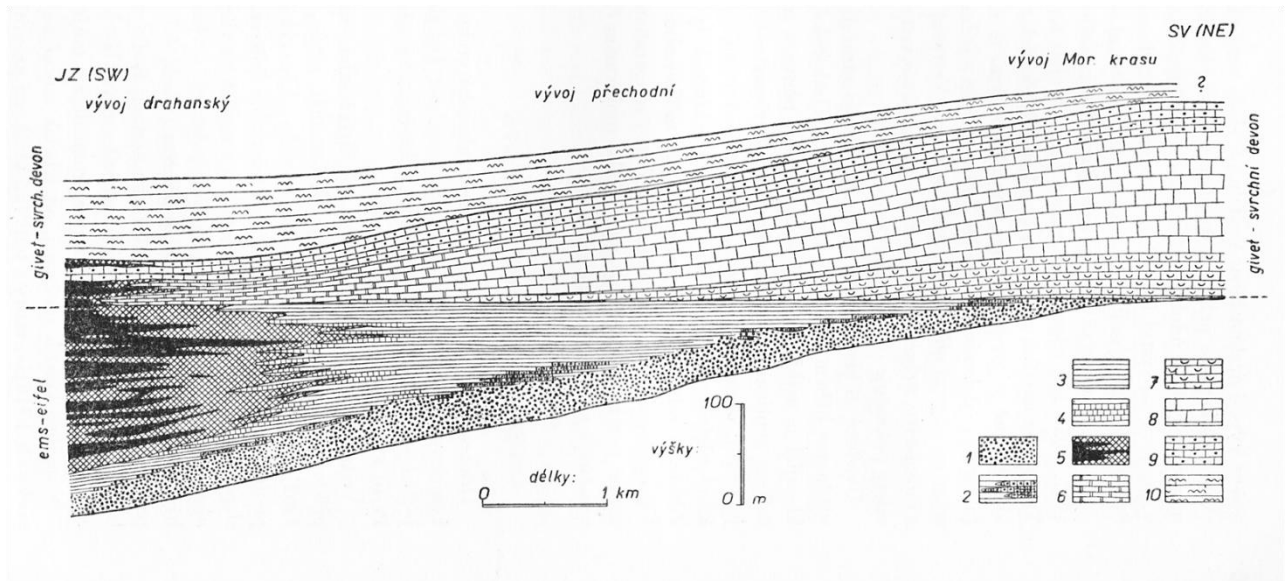
v této oblasti je význačný silným submarinním bazickým vulkanizmem, na který bývají vázány magnetiti-hematitová ložiska železné rudy. V mladších sedimentech jsou v malých mocnostech vyvinuty vápence, které v některých oblastech zcela chybí. Vrstevní sled je ukončen břidlicemi s radiolarity. Drahanský či pánevní vývoj, je na Drahanské vrchovině znám z j. části konicko-mladečského pruhu (mezi Jesencem, Dzbelem, Kladkami a Ponikví), dále z drobných výskytů s. od Drahan, v okolí Stínavy, Ptení, Stražiska a na Prostějovsku (Svoboda, 1964).

Vývoj přechodní má v nižších částech vrstevního sledu podobný vývoj jako vývoj drahanský, přestože ve vyšších sledech je charakter sedimentů podobný vývoji Moravského krasu. Počátek transgrese spadá do období nejvyšší části spodního devonu (svrchní ems) či poblíž hranice mezi spodním a středním devonem. V období eifelu odpovídá vývoj sedimentů vývoji drahanskému, ovšem nejsou zde stopy po iniciálním marinním vulkanismu. V této době zde dále pokračovala pelitická či peliticko-karbonátová sedimentace, na níž navazuje v období givet-frasnz sedimentace vápenců, která je srovnatelná s vývojem Moravského krasu. Sedimentace je ukončena sledem břidlic s radiolarity, které odpovídají vývoji drahanskému. Přechodní vývoj devonu na Drahanské vrchovině se vyskytuje ve střední části konicko-mladečského pruhu (v okolí Ludmírova), v němčickém pruhu lemující v. okraj brněnského masivu a v oblasti na S od Moravského krasu (Petrovice, Mojetín a některé drobné výskyty v okolí) (Svoboda, 1964).

Vývoj Moravského krasu, jeho transgrese nastává později než u předešlých dvou typů vývoje a to především v givetu. Mimo nejsvrchnější části je vrstevní sled tvořen vápenci, v některých částech i dolomity. Tyto sedimenty jsou dobře korelovatelné s vrstevním sledem vyskytujícím se v Moravském krasu. Vrstevní sled je zakončen břidlicemi s radiolarity či faciálně pestrým vápencovým souvrstvím, které místy pokračovalo až do spodního karbonu. Na Drahanské vrchovině a střední Moravě k vývoji Moravského krasu patří i menší výskyty devonu v okolí Olomouce (čelechovický, hněvotínský a grygovský devon), s. okolí Přerova, s. část konicko-mladečského pruhu a s. okraj brněnského masivu u Boskovic. Z faciálního hlediska se do tohoto vývoje řadí i výskyt devonu v Hranicích (Svoboda, 1964).

Tyto hlavní tři typy faciálního vývoje odrážejí paleogeografické podmínky sedimentace během devonu a spodního karbonu. Drahanský vývoj byl ovlivněn především hlubokomořskou vulkanickou činností, což bylo prostředí, které příliš nepodporovalo vývoj vápencových sedimentů. Vývoj Moravského krasu, který nastal mnohem později, charakterizuje stabilnější prahové podmínky. Tyto podmínky ve velké míře podporovaly vznik mělkovodní karbonátové sedimentace. Vývoj přechodní shrnuje charakterové rysy obou

předchozích vývojových typů a je z paleogeografického hlediska spojovacím článkem předchozích dvou faciálních vývoje (Svoboda, 1964).



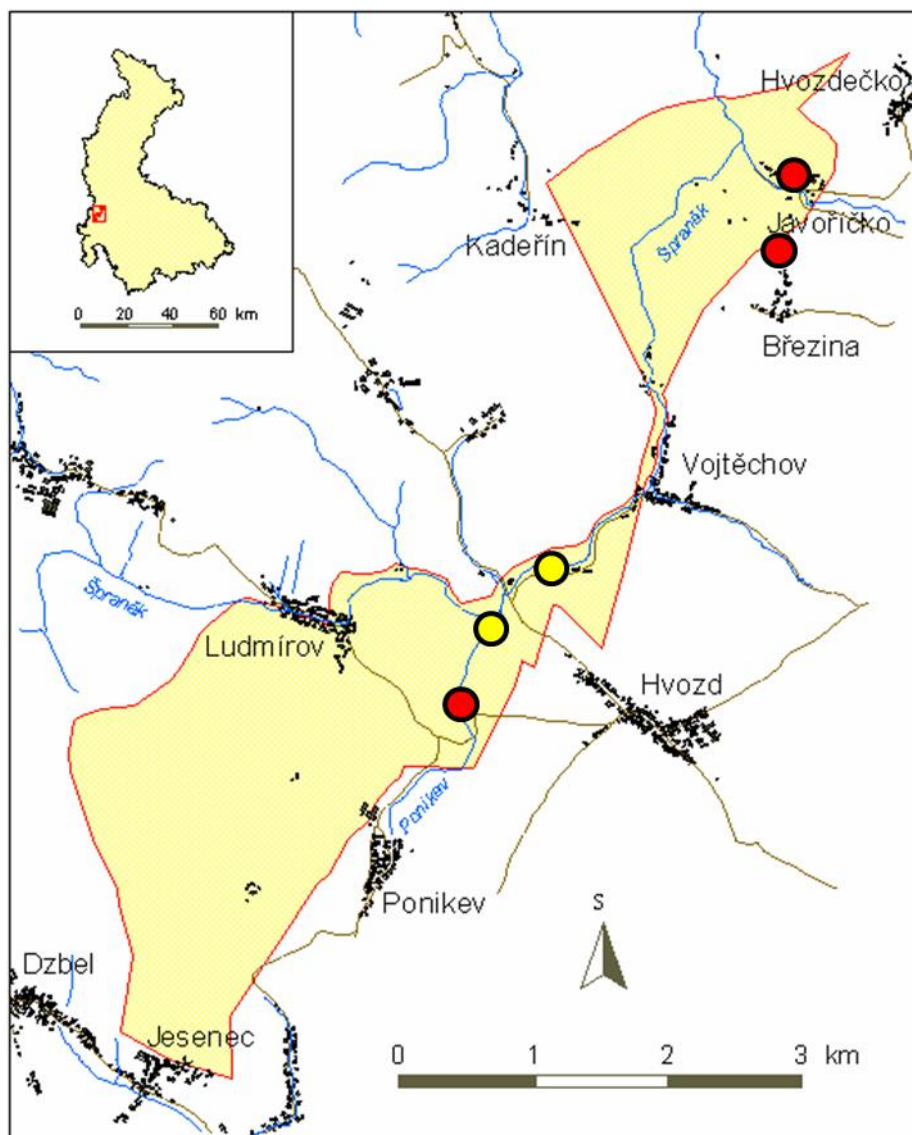
Obr. -1.1- faciální vývoj přechodu z drahanského vývoje devonu do vývoje Moravského krasu v konicko-mladečském pruhu v přibližné linii mezi Jesencem – Dzbelem a Javoříčkem, (Chlupáč a Svoboda, 1962)

vysvětlivky: 1 - bazální devonská klastika, 2 - lokální polohy písčitých vápenců, 3 - břidličné souvrství drahanského a přechodního vývoje (ems – eifel), 4-tence vrstevnaté vápencové polohy vázané na periferii bazaltového komplexu, 5- bazaltový komplex (bazalty a tufity), 6 - vápence drahanského vývoje (givet –frans), 7 - ekvivalent tzv. „stringocefalových“ a „amfiporových“ (lažáneckých) vápenců (givet), 8 - vápence korálové (vilémovické) (givet – frans), 9 - tmavé svrchnodevonské vápence místy s rohovci, 10 - břidlice s radiolary

2. Geomorfologické vymezení a geomorfologická charakteristika území

2.1 Vymezení Javoříčského krasu:

Oblast Javoříčského krasu dle Panoše (1955b) (obr.- 2.1), je tvořena silně zkrasovělými devonskými a spodnokarbonskými vápenci, které se rozkládají sz. od cesty z Konice do Litovle, mezi obcemi Jesenec a Hvozdečko. Tato oblast nese název podle památné obce Javoříčko, která leží v severní části krasu. Toto krasové území se skládá z několika vápencových ostrovů, které leží velmi blízko sebe a jsou vzájemně odděleny zlomy, či vrstvami nekrasových hornin. Území vápenců sahá na J k Jesenici, což je obec nedaleko Konice. Její j. část končí na severu u tzv. „staré rodenské cesty“. Mimo tohoto území vystupují tyto vápence, které se někdy nazývají severomoravský kras, na s. svahu Vyhoňovy hory (604 m.n.m.) u Dzbele. Severně odtud probíhá od Ponikve k silnici vinoucí se mezi Vychňovou horou a Liškovými skalami velká příčná diskordance směru Z - V, která ohraničuje velký ostrov souvislých vápenců, tvořících vrch Rudku a několika protáhlých, značně členitých hřbetů. Směrem na SV se vápencové území zužuje a po jeho stranách v okolí Vojtěchova, vystupují fylity. Severně od Vojtěchova se opět rozšiřují a dosahují maximální šířky ve směru Z - V mezi Vojtěchovem a Kadeřínem v okolí Zkamenělého zámku. (Panoš, 1955b)



Obr.-2.1-: Zájmové území upraveno z (Kadlčíková, 2003) vysvětlivky: Červené body označují lokality zájmu, žluté body označují lokality sloužící k ověření vhodné měřicí techniky. Červeně orámovaná světle žlutá plocha vyznačuje rozsah Javoříčského krasu.

2.2 Geomorfologické poměry zájmového území:

Dle regionálního geomorfologického členění České republiky zařadil Demek (1987) krasové území Javoříčka následovně:

System	-	Hercynský
Provincie	-	Česká vysočina
Subprovincie	-	Krkonošsko-jesenická
Oblast	-	Jesenická
Celek	-	Zábřežská vrchovina
Podcelek	-	Bouzovská vrchovina
Okrsek	-	Ludmírovská vrchovina

Zábřežská vrchovina je tvořena pruhem vrchovin, který se rozkládá na J od bušínské poruchy, mezi Boskovickou brázdou a Hornomoravským úvalem, až k údolí Romže. Zábřežská vrchovina se skládá z Drozdovské, Mírovské a Bouzovské vrchoviny. Ty navzájem oddělují hluboká průlomová údolí Moravské Sázavy a Třebůvky. (Demek, 1965)

Bouzovská vrchovina je ze všech stran výrazně morfologicky omezena s. údolím Třebůvky, na Z Jevíčskou kotlinou a Boskovickou brázdou, a na JZ výraznou tektonickou linií Chornice-Čechy pod Kosířem, kterou sledují Nectava a Romže s opačným spádem. Na JV a na V hraničí s Bouzovská vrchovina s Hornomoravským úvalem. Reliéf vrchoviny se pohybuje v rozmezí 300 – 600 m.n.m. Nejvyšším vrcholem Bouzovské vrchoviny je Vyhoňova hora 604 m.n.m. Zde je silně rozřezána údolím pravostranných poboček Třebůvky. Vrchovina se směrem k **JV** postupně snižuje a zde je rozčleněna rovnoběžnými, pravoúhle se lomícími a místy silně zahloubenými údolím. Směrem k **JV** vybíhá Bouzovská vrchovina do Hornomoravského úvalu hrástí Košíře téměř k Prostějovu. Obdobný výběžek tvoří k **SV** izolovaný hřbet Rampochu a Třesína dosahující výšky 343m.n.m. (Demek, 1965)

Zábřežská vrchovina je vymezena staršími i mladšími tektonickými pohyby vázanými na Boskovickou brázdou a Hornomoravský úval. Staré zlomy zde byly ožívovány ještě ve svrchním pliocénu a kvartéru. (Svoboda, 1962). Tyto pohyby měly za následek velké změny v půdorysu říční sítě. Tato síť představuje složitý systém předbadenských údolí, která je doplněna údolím mladšími. Částečně byl reliéf tohoto území přemodelován v pleistocénu a během periglaciálních procesů. Na východních svazích se vyskytují mocné polohy mladopleistocenních spraší, s málo vyvinutými fosilními půdními horizonty. Tyto horizonty byly často porušeny periglaciálním procesy. (Czudek, 1962a).

Z pruhu vápenců KMP zůstalo zachováno jen malé množství starých krasových plošin z důvodu izolovaného výskytu a silnému zkrasovění. (Demek, 1965). Vápence tvoří krátké hřbety, jejichž vrcholy se skládají ze skalnatých svahů a vrcholových plošin, např. (Třesín 343 m.n.m.), jehož korozní kapsy jsou vyplněny spodnobadenskými sedimenty. Pleistocenní a kvartérní sedimenty zakrývají část fosilního krasového reliéfu s kužely u Měrotína a u Litovle. Toto zkrasovění sahá do značných hloubek a vzniklo několik jeskynních úrovní. Nejstarší části jsou předbadenského stáří a na některých lokalitách, např. u Průchodnice, zůstaly zachovány pouze trosky. Různé výškové polohy izolovaných ker vápenců a krasové procesy napomohly vzniku četného výskytu krasového pirátství. Jsou jimi např. Kovářovský potok – Rachavka, Javoříčka a Špraněk. Tyto procesy se většinou odehrávají na tektonických liniích. Dalším typickým jevem pro tuto oblast jsou vysoko položená pohřbená slepá údolí. (Demek, 1965)

2.3 Přehled exokrasokrasových a endokrasových jevů ve střední části konicko-mladečského pruhu

Exokrasové tvary:

pozn.: v této podkapitole bylo čerpáno především z bakalářské práce J. Kadlčíkové 2003, Inventarizace vybraných tvarů krasového reliéfu v jižní části konicko-mladečského devonu, pro množství citací již dále nebudou uváděny.

Lokalita Rudka - Jz. směrem od Ludmírova, v lesní trati Roudná, se nachází závrtové pole tvořené mělkými zahliněnými závrty. Největší z nich se nazývá „Propadlý důl“. Má okrouhlý půdorys o rozměrech 34 x 39 m a je hluboký 1,9 m. Dle Loučkové (1964) je jeho průměr 5 m a hloubku 2.5 m. Severně od závrtu při okraji lesa se rozkládají další dva závrty mísovitého tvaru s průměrem 13.5 x 14.5 m, s hloubkou 3 m, 7 x 8 m a hloubkou 1.5 m. Dále směrem na **Z** v lese se nachází menší deprese o rozměrech 2 x 5 m a hloubkou 0.5 m.

Lokalita Průchodnice – Sz. směrem při okraji vápencového bradla Průchodnice (516 m) se na návrší rozkládá mísovitý závrť o rozměrech 23 x 25 m. Na své ploše je přehlouben několika menšími nálevkovitými závrty.

Lokalita Suchý žleb – V. od této lokality pod Hvozdeckou strání vznikl v místě dřívějšího propadání Ponikevského potoka nálevkovitý závrť nazývaný „U Koní“ o rozměrech 20,4 x 20,5 m s nečinným paleoponorem na dně. Jižním směrem od tohoto závrtu na druhé straně, (vpravo) od mostku na cestě z Hvozdu do Ludmírova, se vytvořily dva další závrty menších rozměrů.

Lokalita Špraněk - V této lokalitě se nachází závrť v poloslepém údolí periodického Březinského potoka SZ od obce Březina a jedná se o otevřenou mísovitou sníženinu oválného tvaru s rozměry 12 x 26 m a hloubkou 1.5 m. Tato lokalita bude dále probrána ve vybraných kapitolách. Dalším známým útvarem tohoto krasového území je propast Zátvořice. Tato propast typu light hole vznikla zřícením stropu okrajové části Javoříčských jeskyní. Tato jeskyně představovala mohutný tok jeskynního potoka, který vytékal do údolí Špraňku. Jiným významným útvarem je „Zkamenělý zámek“ nacházející se v pravé stráni údolí Špraňku, tyčící se 54 m nad dnem údolí. Jedná se o značně zkrasovělý a vodou vymodelovaný skalní útvar.

Lokalita Brablenec – Sz. od Javoříčka, při úpatí jižního svahu Brablence (480 m), na okraji lesa, jsou rozmístěny tři závrtky. Vnější dva závrtky jsou okrouhlého tvaru 7 x 8.4 m a 12.6 x 14.8 m, prostřední závrtka je spíše oválného tvaru 7.7 x 12 m. Západním směrem od Střemešnička na s. okraji vápencového bradla (kóty 492 m) na okraji lesa, se nachází dva otevřené reliktové komíny, dosahující výšky okolo 6.8 m.

Endokrasové tvary:

pozn.: většina údajů čerpaných v této podkapitole je citována z Crhy (1989) a pro velké množství citací, již dále nebudou uváděny

Lokalita Suchý žleb - Jak již bylo dříve zmíněno, v této lokalitě se nachází závrtka „U Koní“, na který navazuje jeskynní systém. Tato lokalita bude podrobněji probrána v rámci zkoumaných lokalit.

Lokalita Bradlo - V sv. části svahu Bradla (548 m) se nachází skupina puklinových dutin, největší z nich tvoří 3m hlubokou propast, jejíž ústí je dnes uzavřeno skružemi.

Lokalita Průchodnice - Při sz. okraji obce Ludmírov se nachází kamenolom „Ludmírovský“, kde byla ukončena těžba v roce 1966. Díky této těžbě byla značná část chodeb poškozena či zničena a zůstalo zde pouze několik odkrytých puklinových dutin, z nichž největší měří 2.5 x 4 m. Celková délka chodeb činí přibližně 35 m a dosahuje maximální hloubky 11 m. Dalšími jeskyněmi nacházejícími se V od Ludmírova jsou tři jeskynní chodby vedoucí JZ – SV směrem napříč skálou, odkud také pochází název „Průchodnice“. Tyto tři jeskyně leží 5 – 6 m pod povrchem a jedná se o typické puklinové jeskyně. ZSZ od Hvozdu, přibližně 60 m od objektu Ludmírovské vodárny, se nachází vývěr „Andělička“. Tato lokalita bude dále podrobněji popsána ve vybraných lokalitách. Další jeskyni, přibližně 350 m SV směrem od „Anděličky“, je „Liščí díra“, která je rovněž zahrnuta ve vybraných lokalitách.

Lokalita Rudka – V. od vrcholu Rudka (587 m) v lesní trase U Zmol se nachází pět jeskyní. Ústí menších dutin tvoří převážně pukliny o šířce 0.5 m. Poslední a také největší jeskyně je Burianova jeskyně, ležící v nadmořské výšce 572 m a celková délka chodeb činí 39 m.

Lokalita Horka - Na s. svahu vápencového vrcholu Horka (488,6 m) se nachází „Jezevčí“ jeskyně ve Hvozdecké hoře. Její vchod je 3.5 m vysoký a 2.2 m široký. Celková délka chodeb činí 16 m.

Lokalita Brablenec - Lokalita se nachází na j. svahu Brablence (481.2 m) S od Javoříčka a vyskytuje se zde několik jeskyní. Nejvýznamnější z nich je jeskyně „Za Hájovnou“, která bude dále probrána ve vybraných lokalitách. Další jeskyni v lesní trati Habří, asi 377 m.n.m., je paleoponor svahové jeskyně, jejíž ústí je 1.1 m vysoké a 3.5 m široké. JZ směrem, na úpatí

Brablence, leží v korytě Špraňku pod Javoříčkem Velký ponor Špraňku, který tvoří dvě propasti. Na této lokalitě jsou ještě další tři jeskyně, z nichž nejvýznamnější je jeskyně „Májka“.

Lokalita Špraněk - Na levém břehu Špraňku v j. části vápencového skaliska Jokle se nachází naproti Zkamenělému zámku jeskyně „Velká jezevčí díra“, jejíž portál tvoří 3 m široký a 2.5 m vysoký vchod. Další jeskyni v této lokalitě je „Liščí díra“ ležící na **SV** stěně skaliska Zkamenělého zámku. V z. svahu Špraňku (518 m) leží Jeskyně ve Zkamenělém zámku. Další jeskyně nacházející se v této lokalitě jsou jmenovitě: Pančí díra, Švecova díra a jako nejvýznamnější a také nejlépe známé Javoříčské jeskyně.

2.4 Popis vybraných lokalit a jejich geomorfologické zařazení:

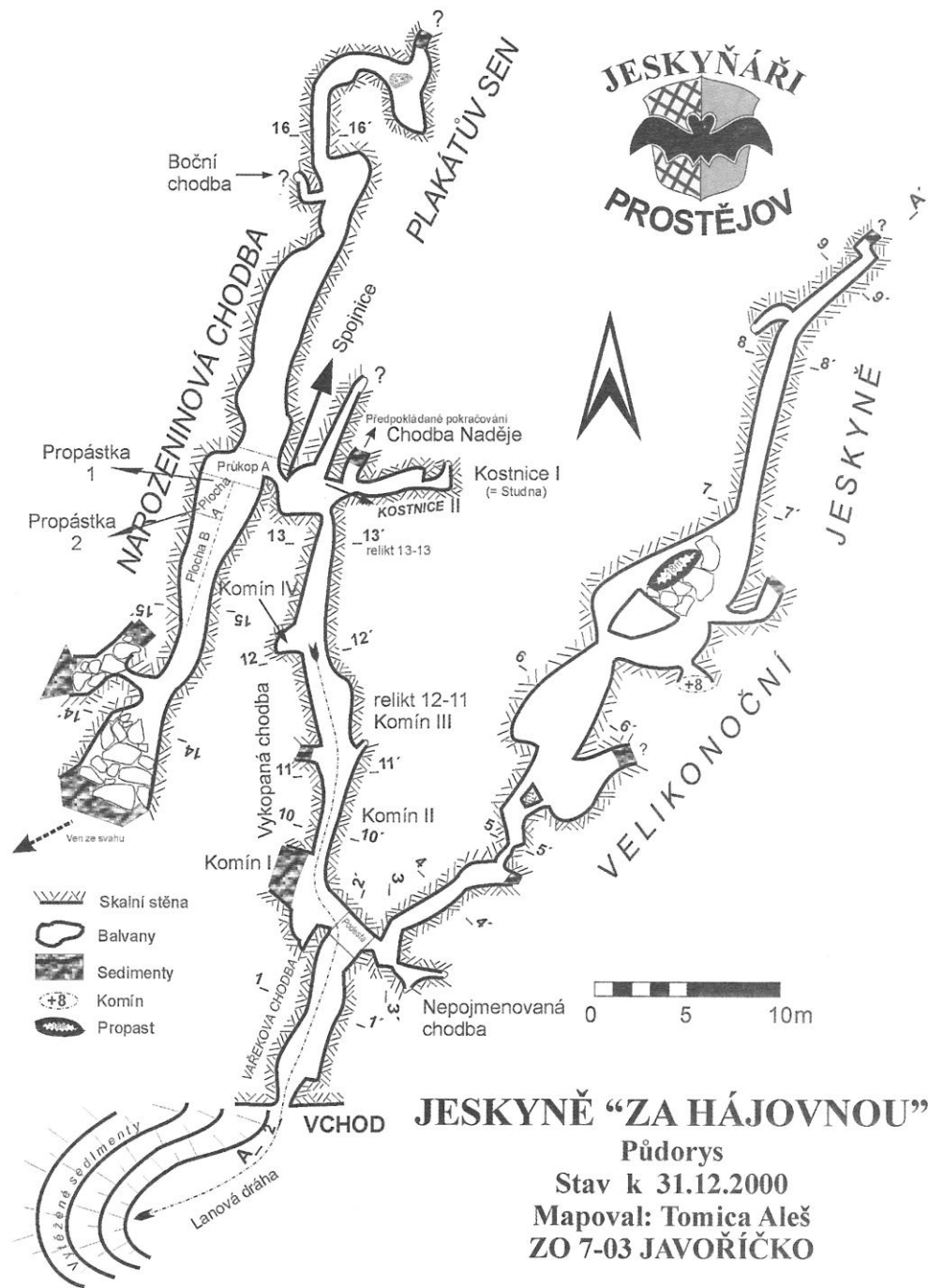
Jeskyně „Za Hájovnou“ lokalita Brablenec

Vchod Jeskyně „Za Hájovnou“ je situován na jižním svahu kopce Paní Hora ve výšce přibližně 20 m nad úrovní potoka Javořika. Přesná výška vchodu není dosud zcela známá, jelikož nebyly odstraněny veškeré sedimenty z oblasti vchodu. Tento vchod je 1,1 m vysoký a 1,6 m široký. (Musil, 2005). Dle (Crhy, 1989) se jedná o paleoponor. Vchod pokračuje 11 m dlouhou vstupní chodbou, která je ukončena křížením ve tvaru T. V těchto místech je jeskynní systém rozdělen na levou a pravou část, viz (obr.-2.2). Celková délka dosud prozkoumaného jeskynního systému je přibližně 200 m a maximální převýšení činí 65 m. (Tomica, 2001)

Levá část jeskynního systému je tvořena dvěma souběžnými, horizontálně probíhajícími větvemi. První z nich je Vykopaná chodba, která je pokračováním 11 m dlouhé vstupní Vařekovy chodby, jejíž odlišný název je používán pouze z historických důvodů. Druhou větví levé části jeskynního systému je Narozeninová chodba, která probíhá paralelně s Vykopanou chodbou. Ta je vzdálena přibližně 4 m od Vykopané chodby, jejich vývoj je ale zcela odlišný. Obě tyto chodby jsou spojeny v zadní části spojnicí o šířce 2-3 m, která u obou větví končí vysoko nad skalním dnem. V tomto spojení je patrné, že tehdejší tekoucí voda proudila z Narozeninové do Vykopané chodby. (Musil, 2005) Pravá část jeskynního systému je v podstatě ponorem (Musil, 2005), ten se prudce svažuje do hloubky 5 m, odkud pokračuje téměř horizontálně. Po dalších 5 m, je chodba propojena úzkým komínem s vertikální tektonickou puklinou dlouhou 40 m a širokou 3 m (Tomica, 2001). V levé části jeskynního systému se nacházejí 4 komíny, 2 kostnice, několik ponorů a neprozkoumaných či malých chodeb. Vykopaná chodba byla jako jediná zaplněna terestrickými sedimenty až po strop a v

jejím podloží byly nalezeny fluviální sedimenty z dob, kdy jeskyně fungovala jako aktivní ponor. V Narozeninové chodbě fluviální sedimenty nalezeny nebyly a to i přesto, že byla částečně sedimenty zaplněna. Obě tyto chodby jsou celkem bohaté na kosti jeskynních medvědů, ačkoliv tyto kosti bývají značně fragmentovány a jinak poničeny (Musil, 2005). Pravá část jeskynního systému je tvořena Velikonoční jeskyní. Tato část systému byla objevena na Velikonoce roku 1997, odkud pochází její název. Tato jeskyně má přibližně v polovině 18 m hlubokou propast a jsou v ní přítomny balvany. Veškeré prostory byly vyplněny sedimentární ucpávkou tvořenou kulmskými drobkami a později byly překryty šedou až bílou vrstvou jemného jílu. Jeskyně dále obsahuje několik neznámých chodeb a lze se skrz propast dostat do spodních pater jeskyně (Tomica, 2001) .

Ze studia jeskynních sedimentů lze předpokládat, že Vykopaná chodba je nejstarší částí tohoto jeskynního systému. Obsahuje největší množství komínů, propastí a zasahuje až do spodního patra jeskyně. Druhou nejstarší chodbou je Narozeninová a jako nejmladší byla datována Velikonoční jeskyně, která také odváděla jako poslední vodu do spodních pater celého systému. Vykopaná chodba vznikla jako ponor potoka Javoříčka a po celé své délce má několik ponorů. Narozeninová chodba je spíše svahovou jeskyní a neobsahuje žádné známé ponory. Ke spojení Narozeninové a Vykopané chodby došlo v době, kdy Vykopaná chodba již nesloužila jako ponor potoka Javoříčka. Datováním sedimentů určil Musil (2005) jejich stáří jako holsteinské, díky čemuž lze předpokládat, že k propojení obou chodeb došlo již v období před interglaciálem holstein.

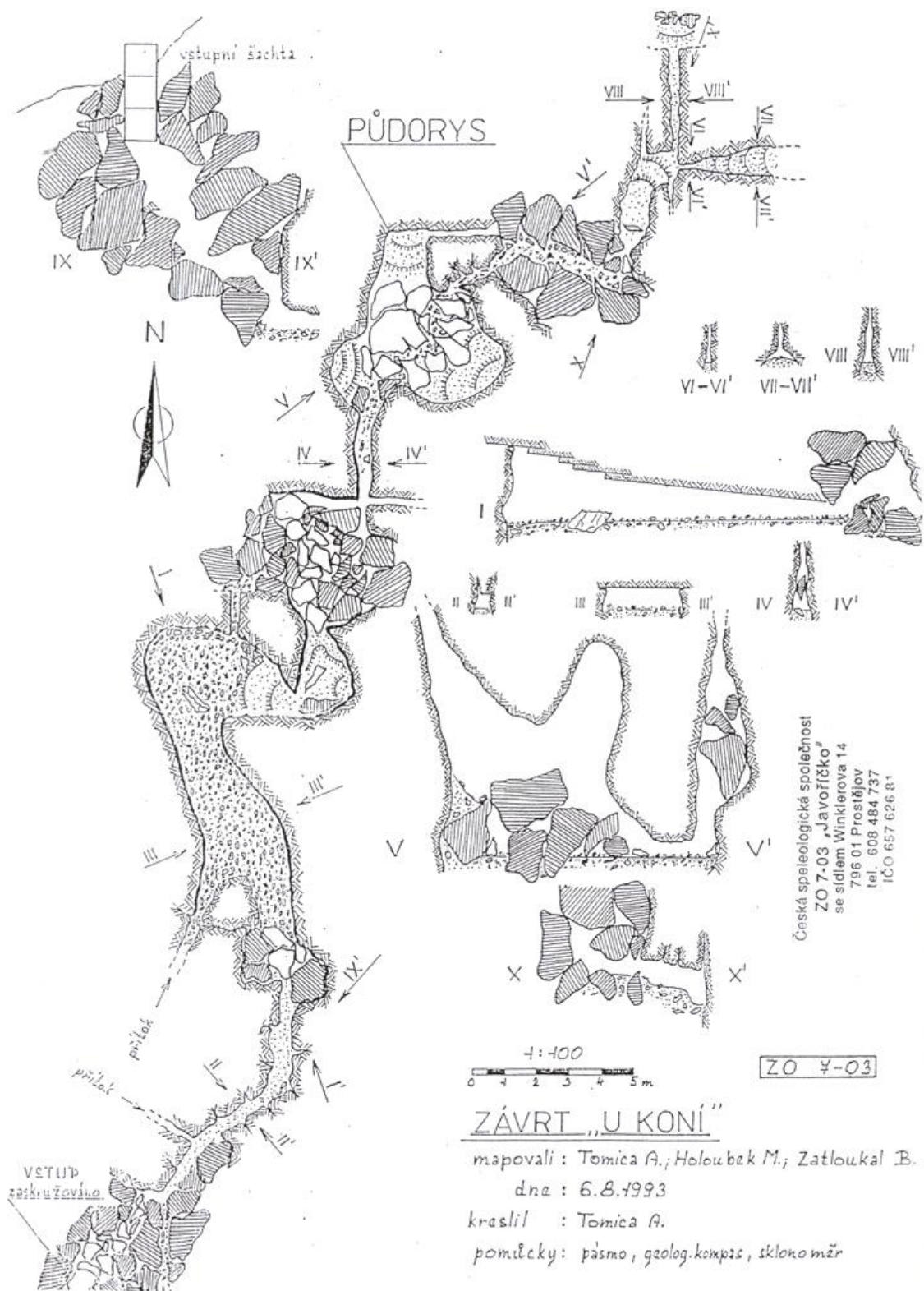


Obr. -2.2- půdorys jeskyně „Za Hájovnou“ (Musil, 2005)

Závrt „U Koní“ - lokalita Suchý žleb

Závrt „U Koní“ v lokalitě Suchý žleb se nachází v údolí pod Hvozdeckou strání, vpravo od mostku na cestě z Hvozdu do Ludmírova. Jedná se o nepravidelnou kuželovitou depresi o rozměrech přibližně 20 x 20 m, dle (Kadlčíkové, 2003) se jedná o paleoponor, který přechází do podzemí v síť rozšířených puklin opracovaných vodou. Poprvé se do tohoto podzemního jeskynního systému podařilo proniknout podle Klostroně (1949) 23. 8. 1942 Hvozdeckému občanu - Kvapilovi. V té době byla jeskyně poprvé zdokumentována a byl nakreslen jednoduchý náčrt. Dle (Crhy, 1989) se znovu otevřely práce na proniknutí do jeskynního systému teprve po 46 letech v roce 1988. Výkopové práce provedla skupina dobrovolných speleologů z Javoříčka ZO ČSS 7 – 03. Do jeskynního systému se podařilo proniknout až při dalších zpřístupňovacích pracích po povodních v roce 1992 a v té době také bylo provedeno zaskružení ústí jeskyně. Další práce v této lokalitě pokračovaly v roce 2007, kdy ji po domluvě převzala sousední speleologická organizace ZO ČSS 7 – 14 Ludmírov-Štamberk. Přístupová cesta byla v této době již zcela zanesena a díky umístění telefonní dvojlinky Javoříčskou skupinou bylo možné určit postup prací. Proniknutí do podzemního systému se skupině podařilo na jaře roku 2008, kdy za pomoci radiomajáku byl zaměřen komín v zadních partiích jeskyně. V místech vyznačených radiosondou byla speleology prokopána přístupová šachta pro jednodušší přístup, viz (obr.-2.3) znázorňující náčrt jeskynního systému. (www.styberk.wz.cz)

Dle (Klostroně, 1949) je vchod do jeskynního systému tvořen vápencovými balvany, které navazují na 3 nepravidelné komíny. V hloubce přibližně 10 m navazují na balvanitý vchod podzemního řečiště Ponikvy. Toto řečiště je asi 15 m dlouhé a směřuje jako jeskyně z JV na SZ. Jihovýchodní část jeskyně je propojena balvany a puklinami s dalšími dvěma závrti ležícími proti proudu Ponikvy. Jeskyně u vchodu začíná jako puklinová a sz. směrem její strop přechází spíše do plochého tvaru. Koryto Ponikvy je pokryto oblázky, většinou kulmských břidlic a nejsou zde přítomny stopy bahna či hlíny. Na v. straně, před koncem řečiště, pokračuje S 2.5 m dlouhá nepravidelná chodba. Další jeskyně navazuje sv. směrem, kde prudce stoupá k následující chodbičce. Tyto dvě chodby jsou spojeny puklinami na dně a ačkoliv horní otvor spojující tyto dvě chodby nenese žádné stopy po vodní činnosti, vzniká na druhé straně chodby za vyššího stavu vody jezírko. Další části jeskyně směřují sv. směrem v poměrně složitých tvarech a jsou ukončeny úzkými chodbami, které jsou zaneseny jeskynnými hlinami. (Klostroně, 1949) předpokládá, že chodby vedou sv. směrem v zatáčce k malému lomu, na levé straně od silnice.



Obr. -2.3- Náčrt jeskynního systému Závrt „U Koní“ převzatý ze stránek www.styberk.wz.cz

Ponor „U transformátoru“ lokalita Špraněk

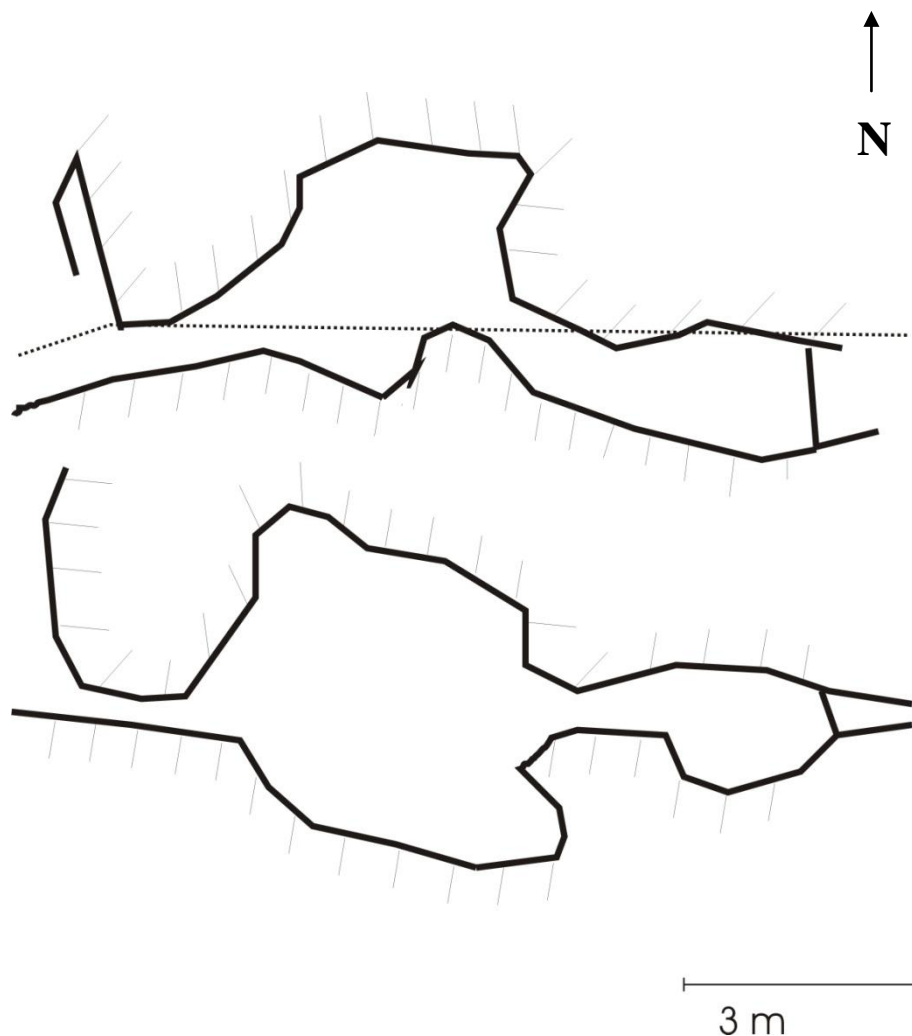
Ponor „U transformátoru“ (obr.-2.4) je infiltrační periodický ponor Březinského potoka, který se nachází na levé straně cesty směřující z Březiny do Javoříčka. Dle (Kadlčíkové, 2003) vznikl tento ponor na dně závrťů pozvolným splachováním povrchových zvětralín do podzemí. Ponor se nachází přibližně 69 m od cesty, v korytě Březinského potoka, pod vápencovým masivem. Dle pozorování a měření v roce 2011 má vyhloubená část ponoru tvar nepravidelné osmičky a na dně ponoru je spojena kolmými hliněnými výběžky. V nejdelším místě, ve směru toku SZ – JV, měřil 5 m a byl široký 4 m. Hloubka erodované části ponoru byla 2 m a na dně se v době měření pomalu ztrácela přitékající voda, která zde tvořila přibližně 50 cm hluboké jezírko. Celý ponor byl vyhlouben do nestabilních hlinitých usazenin.



Obr. (2.4) ortofotomapa ponoru „U transformátoru“, převzata a upravena z www.mapy.cz, červený bod označuje místo ponoru, modrá šipka znázorňuje proudění Březinského potoka, žluté šipky určují směr nejbližších obcí

Vývěr „Andělička“ lokalita Průchodnice

Vývěr „Andělička“, který je ve starší literatuře nazýván „Andělka“ je situován v severozápadní skalní stěně hvozdecké stráně. V dnešní době vytéká pramen mezi balvany (obr.-2.6), ovšem (Klostroň, 1949), popisuje, že ještě v roce 1929 byl vývěr ukončen jeskyní, což ve své práci potvrzuje i (Kadlčíková, 2003). Vývěr je stálým pramenem a dle ústního sdělení speleologů ze skupiny CSS 7 – 03 „Javoříčko“ je „Andělička“ pravděpodobně vývěrem Ponikevských vod. Voda vytékající z vývěru je vždy čirá, což naznačuje přítomnost velkých podzemních dutin, kde může probíhat usazování přívalových vod. Skutečnost, která potvrzuje tuto hypotézu je, že hladina pramenící vody jen velmi pomalu reaguje na množství srážek. (Klostroň, 1949)



Obr. -2.5- Polygon jeskynního systému (Klostroň, 1949). Horní náčrt označuje podélný vertikální řez vývěrem, spodní náčrt označuje horizontální řez vývěrem, přerušovaná čára obvyklou hladinu vody a vnější šrafování vápencový masív.

Část tohoto jeskynního systému, se podařilo zdokumentovat (obr.-2.5) v roce 1942 (Klostroň, 1949). První jeskyně se nachází za sifonem, který je zavalený balvany. Tato jeskyně je 4 m široká, 3 m dlouhá a 3 m vysoká. Stěny této jeskyně jsou tvořeny hrubými balvany a její dno je zalito přibližně 1 m hlubokou vodou. Na v. konci jeskyně se nachází další sifon, který spojuje druhou jeskyni 0.4 m širokou, 0.8 m vysokou a 1.5 m dlouhou chodbou, která je po strop zaplněna vodou. Druhá jeskyně je 0.7 m široká, 2 m dlouhá a v zadní části je přibližně 30 cm volné hladiny. Chodba na V dále pokračuje. Bohužel malé rozměry a špatná přístupnost zamezily dalšímu průzkumu. (Klostroň, 1949)



Obr-2.6- foto vývěru „Andělčička“ květen 2010.

„Liščí díra“ lokalita Průchodnice

Lokalita se nachází ZSZ směrem od Hvozdu, přibližně 130 m V směrem od objektu Ludmírovského vodovodu po pravé straně cesty z Hvozdu do Vojtěchova. Jeskyně se nachází u paty skalního výchozu z vápenců orientovaných na SZ (obr.-2.7). Jedná se o 9.5 m dlouhou svahovou jeskyni, která vznikla na křížení vrstevních ploch, směru úklonu 130° JV 20° a příčné poruchy. Jeskyně je zcela suchá, ačkoliv stěny a strop poblíž vchodu nesou stopy vodní činnosti. Zadní část této jeskyně je poznamenána mladším řícením z dob, kdy jeskyně byla již suchá. Poloha jeskyně ležící 13 m nad vývěrem „Andělčička“ a stopy po vodní činnosti naznačují, že by se mohlo jednat o paleovývěr Ponikevského potoka. (Kadlčíková, 2003)



Obr.-2.7- Foto portálu svahové jeskyně „Liščí díra“ při geofyzikálním měření. Květen 2010

3. Elektrické odporové profilování

3.1 Rozdělení elektrických geofyzikálních metod

Elektrické geofyzikální metody dle jsou převážně používány při prospekci minerálů, ale také například k hydrogeologickým průzkumům, mapování kontaminantů, v archeologii a k dalším průzkumným činnostem. (Mussett a Khan, 2000). Tyto metody jsou obecně založeny na zkoumání elektrických parametrů hornin a podle jejich vlastností lze horniny a jiné materiály rozeznávat a posléze určovat. Elektrické geofyzikální metody lze dále rozdělit na tři základní typy. První typ využívá měrný odpor (odporové metody), mezi druhý typ se řadí metoda indukované polarizace s metodou spontánní polarizace a do třetího typu se řadí elektromagnetické metody. (Mussett a Khan, 2000).

Metody využívající měrný odpor, odpor či vodivost (obrácená hodnota odporu) jsou založeny na měření napětí a proudu v systému geometricky zákonitě uspořádaných elektrod, kterými je do podloží zaváděn stejnosměrný proud. Tato metoda bude podrobněji popsána dále, jelikož se jedná o hlavní metodu použitou během tohoto zkoumání. (Mussett a Khan, 2000).

Metody spontánní polarizace se nejčastěji používají k prospekci masivních ložisek rudních minerálů. Metoda využívá elektrické energii přirozeně generované horninami a minerály. Další metodou podobného typu je metoda indukované polarizace, která se často využívá při průzkumu rudních ložisek, které jsou špatně odhalitelné jinými elektrickými metodami. Tato metoda je založena na nucené polarizaci vodivého podloží pomocí elektrického proudu a jeho dočasné polarizaci. Pokud dojde k přerušení proudu, rudní ložiska si zanechávají část dodaného náboje, který lze posléze změřit. (Mussett a Khan, 2000).

Elektromagnetické metody jsou převážně využívány ve stejných cílových oblastech, jako odporové profilování, ale nejedná se o metodu kontaktní. Díky této vlastnosti lze využívat elektromagnetických metod i v oblastech, kde je odpor povrchových vrstev příliš velký na to, aby jimi pronikl proud. Mezi takovéto metody patří například georadar, který využívá elektromagnetických vln a které se v podzemí chovají podobně jako vlny seismické používané u reflexní seismiky. Tato metoda je ovšem limitována dosahem elektromagnetických vln. Do této skupiny je rovněž náleží magnetotelurické měření, které využívá přirozený elektrický náboj společně s odporovým měřením. (Mussett a Khan, 2000)

Metody využívající měrný odpor:

Měrný odpor hornin je většinou závislý na obsahu vody vyskytující se v dané hornině a na koncentraci rozpuštěných solí v této vodě. Dále závisí na přítomném množství rudních minerálů a na přirozené radioaktivitě. Hlavním využitím odporového profilování proto bývá mapování hornin s různou porézností, především pro hydrogeologické účely (např. určení zvodní či kontaminantů) a také pro prospekci rudních minerálů. Dalším využitím je zjišťování rozsahu znečištění, např. zasolení či polutantů a rovněž v archeologickém průzkumu. Tyto techniky se tradičně vyvíjely jako vertikální elektrické profilování VES, nebo laterální elektrické profilování. V současné době se používají přístroje, které jsou schopny používat obě metody současně. (Mussett a Khan, 2000)

3.2 Základní veličiny a fyzikální vlastnosti:

Odporové profilování obecně vychází z Ohmova zákona, který vyjadřuje vztah mezi elektrickým odporem, napětím a proudem:

$$U = I \times R$$

U...napětí (V)

I...proud (A)

R...odpor (Ω)

Pro vyjádření zdánlivého odporu materiálu se využívá veličina nazvaná měrný odpor. Tu lze vyjádřit vzorcem:

$$\rho = R / l$$

ρ ...měrný odpor (Ω / m)

R...odpor (Ω)

l...délka (m)

(Witten A.J. 2006)

Měrný odpor je vyjádřen pro vybrané horniny v Tab.2 pro minerály, rudy a pro látky ovlivňující měrný odpor hornin v Tab.3

Horniny	Měrný odpor (Ω / m)
<i>Sedimenty</i>	
křída	50-150
jíl	1-100
štěrk	100-5000
vápenec	$50-10^7$
slín	1-100
kvarcit	$10-10^8$
jílovitá břidlice	10-1000
písek	500-5000
pískovec	$10-10^8$
<i>Vyvřelé a metamorfované</i>	
bazalt	$10-10^7$
gabro	$1000-10^6$
granit	$100-10^8$
mramor	$100-10^8$
břidlice	$100-10^7$

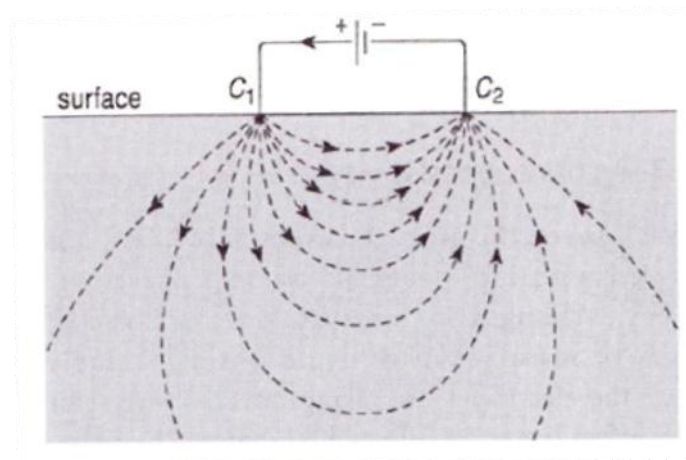
Tab.2 upravena z (Musset a Khan, 2000)

Minerály, rudy a látky ovlivňující měrný odpor hornin	Měrný odpor (Ω / m)
<i>Minerály a rudy</i>	
stříbro	1.6×10^{-8}
grafit	$10^{-4}-10^{-3}$
galenit	$10^{-3}-10^2$
magnetit	$1-10^5$
sfalerit	10^3-10^6
pyrit	100
chalkopyrit	$10^{-5}-0.3$
křemen	$10^{10}-10^{14}$
halit	$10-10^{13}$
<i>Voda a koncentrace solí</i>	
čistá voda	10^6
přírodní voda	$1-10^3$
mořská voda	0.2
20% solanka	5×10^{-2}
granit s 0% vody	10^{10}
granit s 0.19% vody	10^6
granit s 0.31% vody	4×10^3

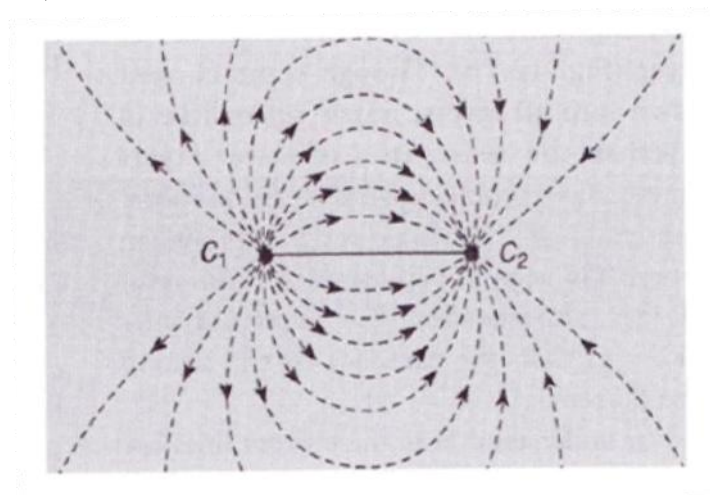
Tab.3 upraveno z (Musset a Khan, 2000)

Proudění elektřiny horninami:

Elektrická obvod je napájen zdrojem stejnosměrného napětí. Ke zdroji jsou kabelem připojeny elektrody, které zajišťují kontakt se zemí. Mezi elektrodami se poté měří měrný odpor horniny. Z tohoto uspořádání by se mohlo zdát, že proud bude procházet nejkratší cestou mezi elektrodami těsně pod povrchem. Tato tenká vrstva by však měla příliš velký odpor, proto se dráhy proudu rozprostírají do prostoru a to jak horizontálně, tak vertikálně. Tyto dráhy na pohled připomínají magnetické dráhy bipolárního magnetu, kde největší koncentrace těchto drah je soustředěna do nejkratší spojnice mezi elektrodami. U materiálů s homogenní vodivostí dosahuje pouze 30% drah větší horizontální a vertikální vzdálenosti, nežli je rozestup elektrod (obr.-3.1 a 3.2). (Musset a Khan, 2000)



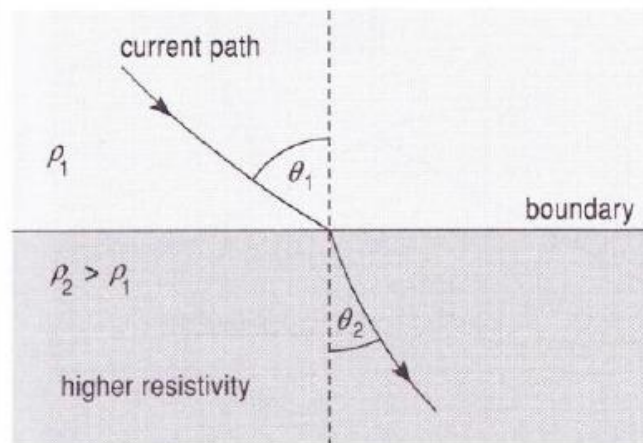
Obr.-3.1- Průchod elektrického proudu horninou mezi elektrodami C_1 a C_2 na vertikálním řezu. (Musset a Khan, 2000)



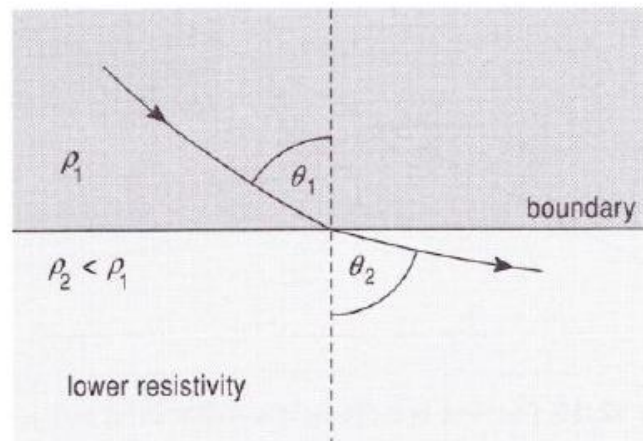
Obr.-3.2- Horizontální zobrazení průchodu elektrického proudu horninou mezi elektrodami C_1 a C_2 (Musset a Khan, 2000)

Refrakce dráhy proudu:

Uvnitř homogenní vrstvy, vytvářejí dráhy proudu hladké křivky. Na kontaktu s vrstvou s rozdílným měrným odporem dochází k jejich zakřivení, čili refrakci. Při kontaktu s vrstvou, která má větší měrný odpor, dochází k refrakci směrem ke kolmici (obr.-3.3) a při kontaktu s vrstvou, která má menší měrný odpor k refrakci od kolmice (obr.-3.4). Tento děj se podobá průchodu světla ze vzduchu do vody. (Musset a Khan, 2000)



Obr.-3.3- Refrakce elektrického proudu při přechodu z prostředí s nižším měrným odporem do prostředí s vyšším měrným odporem (Musset a Khan, 2000)

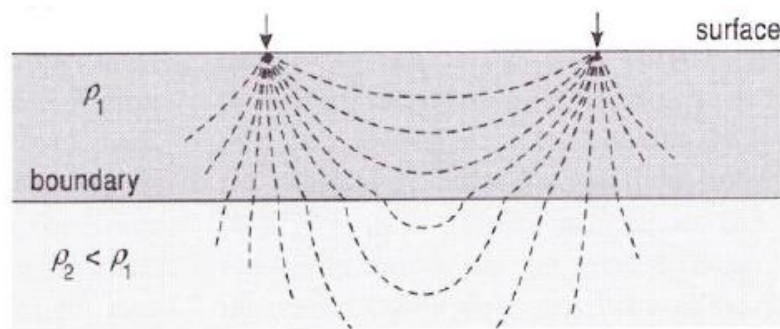


Obr.-3.4- Refrakce elektrického proudu při přechodu z prostředí s vyšším měrným odporem do prostředí s nižším měrným odporem (Musset a Khan, 2000)

Vertikální elektrické profilování VES u vrstevnatých struktur:

Vertikální elektrické profilování (VES) „Vertical electric sounding“ se využívá při měření horizontálních vrstev, kde každá vrstva má homogenní složení, ale odlišný měrný odpor. Tento průzkum se provádí za pomoci více elektrod, minimálně čtyř pro dvě vrstvy. Pokud je rozestup měřených elektrod větší než mocnost měřené vrstvy, potom okrajové dráhy

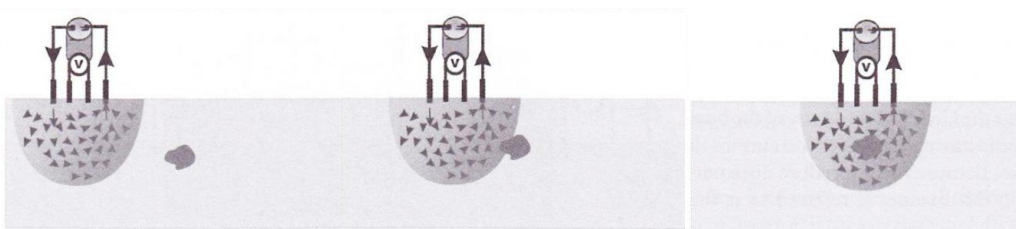
proudu narazí na rozhraní dvou vrstev, kde dochází k jejich refrakci (odklonu od dráhy) a tento záznam nám odliší danou vrstvu, viz obr (3.5). (Musset a Khan, 2000)



Obr. (3.5) průchod a refrakce elektrického proudu mezi elektrodami u dvou prostředí s rozdílným měrným odporem

Detekce objektu s rozdílným měrným odporem v homogenní vrstvě:

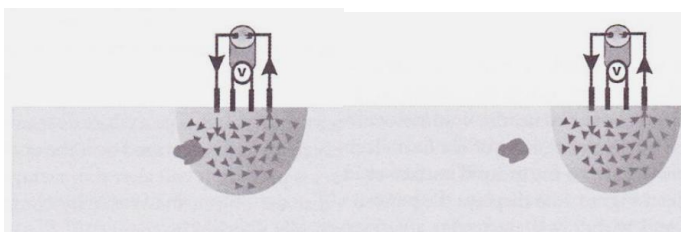
Pokud hledáme objekt s větším či menším měrným odporem v přibližně homogenním prostředí, je zapotřebí posouvat elektrody v případě použití dvou či více elektrod a vzájemně je proměřovat. Těleso s jiným měrným odporem bude vykazovat odchylku na voltmetru mezi proměřenými elektrodami (obr.-3.6 a,b,c,d,e). S větším rozstupem elektrod docílíme většího hloubkového dosahu měření, ale dochází přitom ke zmenšení přesnosti pro lokalizaci daného předmětu. Díky uzavřenému elektrickému obvodu, jsme schopni podle odezvy píku na křivce, která je závislá na centrální pozici mezi elektrodami a měrnému odporu, přibližně určit pozici objektu s jiným měrným odporem, než má pozadí dané vrstvy. (Witten, 2006)



Obr.-3.6a

Obr.-3.6b

Obr.-3.6c



Obr.-3.6d

Obr.-3.6e

Obr (3.6) sekvenční obrázky 7a-e znázorňují možnou lokalizaci předmětů s jiným měrným odporem v závislosti na odezvě voltmetru (Witten, 2006)

Limitace odporového profilování:

Jako u každé geofyzikální metody je k detekci objektu, za pomoci měrného odporu, zapotřebí určitých fyzikálních parametrů. Hlavní limitací je dostatečný rozdíl měrných odporů u hledaného objektu. Dalšími důležitými vlastnostmi, jako u jiných geofyzikálních metod, jsou velikost, hloubka a složení hledaného objektu. Využití velkých rozestupů mezi elektrodami umožňuje dosáhnout větších hloubek pod povrch, ale zároveň se zmenšuje hustota drah proudu v porovnání s menším rozestupem elektrod. Toto může zapříčinit, že u hluboké struktury či objektu mohou být pod mezí detekce daného přístroje. Při měření velkých objektů dochází ke zkreslení měrného odporu, jelikož je zapotřebí většího napětí k průchodu daným objektem a povrchové vrstvy a díky větší hustotě proudu mají zdánlivě větší vodivost. Podobný případ nastává při měření objektů s velkým rozdílem měrných odporů. Z těchto důvodů platí, že čím se měří hlubší struktury, tím musí být větší, nebo musí mít větší rozdíl měrného odporu, oproti materiálu ve kterém se nachází. Existují měřené lokality, kde nejsou vhodné povrchové podmínky k vytvoření dobrého kontaktu pro elektrody. Ty se objevují u půd, které mají příliš velký měrný odpor k tomu, aby byly schopny propojit elektrický obvod v daných podmínkách. Tento případ se objevuje v písčítých, příliš suchých či vzdušných půdách. V některých případech lze tento problém vyřešit přidávkem slané vody k elektrodám. Slaná voda je dobrým vodičem a umožní lepší průchod proudu.

(Witten, 2006)

Multielektrodové odporové profilování:

Tato široce aplikovatelná geofyzikální metoda slouží k měření distribuce měrného odporu zkoumaného horninového podloží. Lze při ní využít několik metod měřícího uspořádání př. (Schlumberger, Wenner, dipól-dipól.....). Zpracovaná data z měření slouží k znázornění struktur ve vysokém rozlišení na měřeném profilu. Tuto geofyzikální metodu lze využít pro geologický průzkum podpovrchových struktur (mělké dutiny, zlomy, zvodně, sedimentární vrstvy...), pro enviromentální, inženýrský a archeologický průzkum. (Witten, 2006)

3.3 Porovnání hlavních metod měřícího uspořádání:

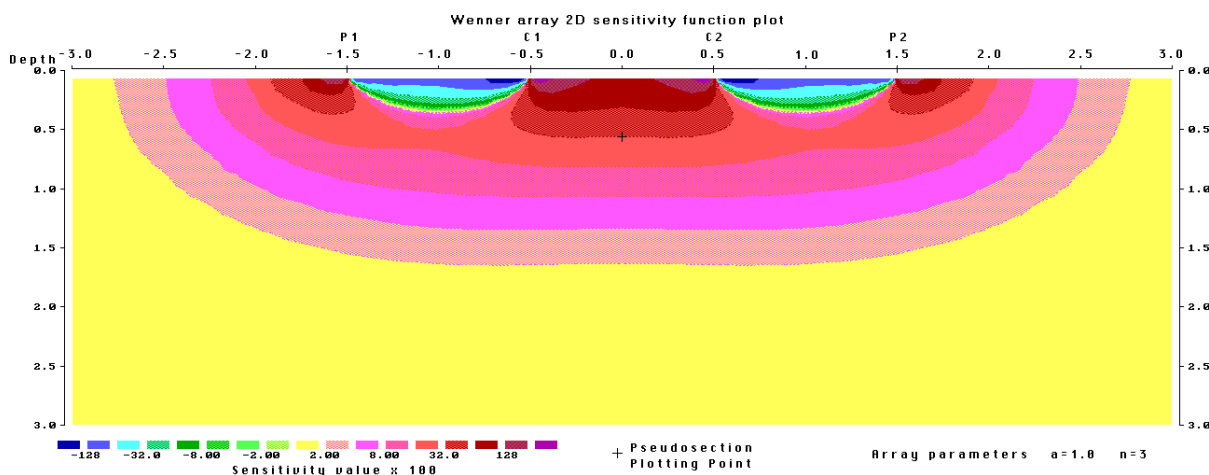
Při nastavování přístroje pro měření lze vybrat jednu z 5 používaných měřících metod. Jedná se o metody Schlumberger, Wenner, dipól-dipól, póle-dipól, pól-pól. (Ares v5.3, guide). Při měření profilu nám vznikají mezi jednotlivými elektrodami naměřené úseky, které

jsou znázorněny jako datové body. Tyto datové objekty nám dávají přibližný obraz reálného rozložení měrného odporu v podloží. Pro získání vhodnějšího znázornění okrajových linií oddělujících prostředí s odlišným měrným odporem v měřeném profilu se využívá několika typů měřícího uspořádání. Každé měřící uspořádání má různě nastavené pořadí měřených elektrod a z tohoto důvodu má i odlišný rozsah a dosah proudu v podloží. Metody měřícího uspořádání mohou na stejném profilu vykazovat značné rozdíly v ohraničení kontur. Z důvodu velkého množství dalších nutných úprav se prezentace

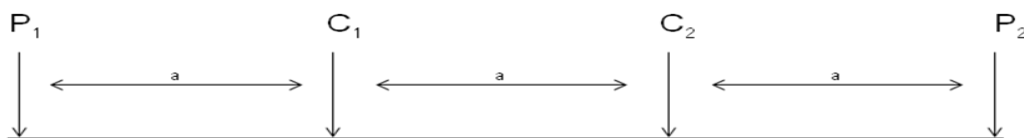
profilů v této podobě nedoporučuje (Loke, 1999)

www.heritagegeophysics.com/images/lokenote.pdf

Wenner: Tato metoda využívá robustní elektrické pole, (obr.-3.7), které bylo dříve využíváno jako hlavní metoda pro 2-D měření. Elektrody jsou zde rozmístěny rovnoměrně se stejnými rozestupy, (obr.-3.8). Tvar elektrického pole mezi proudovými elektrodami je plochý, což prokazuje značnou citlivost k určení změn měrného odporu ve vertikálním směru. Horizontální rozlišovací schopnosti tohoto uspořádání jsou ovšem slabé. Obecně je tedy uspořádání Wenner vhodné k určování vertikálních změn v horizontálně uložených vrstvách, ale za ceny relativně slabého rozlišení horizontálních změn v dané vrstvě, kterými jsou například úzké vertikální struktury. Vertikální dosah elektrického pole dosahuje v průměru $\frac{1}{2}$ vzdálenosti rozestupu elektrod. Při porovnání s jinými typy uspořádání má Wenner menší vertikální dosah než ostatní metody. Síla elektrického signálu je inverzně proporcí ke geometrickému faktoru použitého k změření měrného odporu. Mezi ostatními metodami má Wenner nejsilnější zdrojové napětí, což umožňuje využívat tuto metodu i v lokalitách s rušivými elektromagnetickými vlivy v pozadí. Jako nevýhoda při 2-D měření se může projevit špatné horizontální rozlišení, které lze kompenzovat využitím většího počtu elektrod. (Loke, 1999)

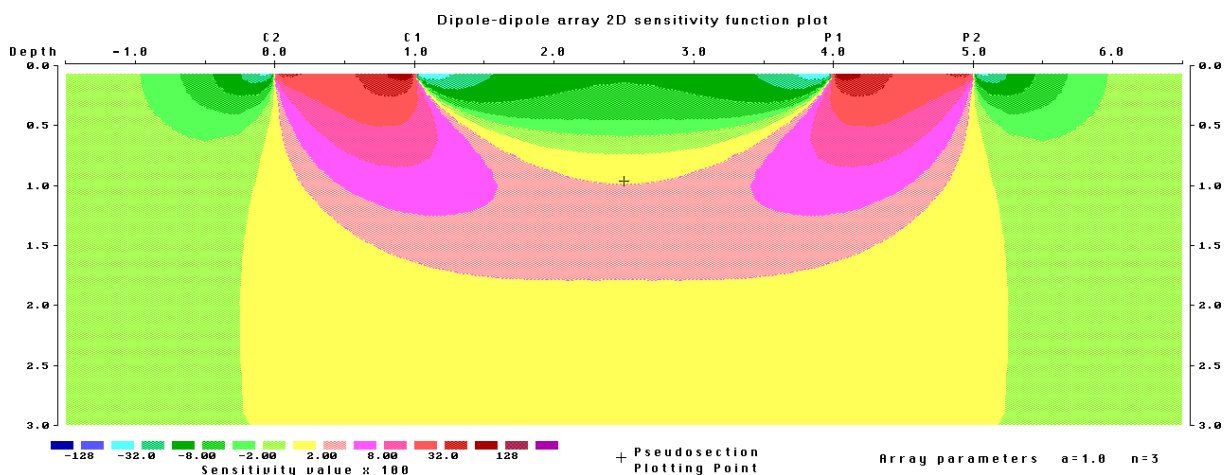


Obr.-3.7- Uspořádání elektrod Wenner pro 2-D profil znázorňující tvar elektrického pole, jeho vertikální dosah a citlivost . (Loke 1999)

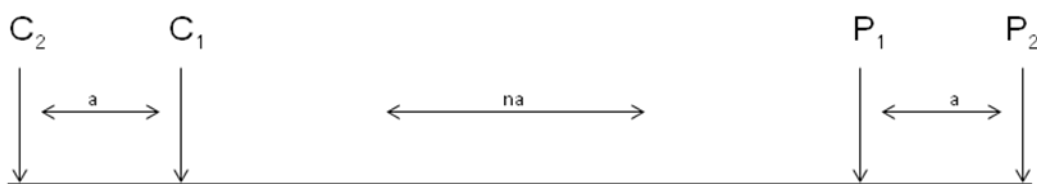


Obr.-3.8- Uspořádání elektrod Wenner, převzato a upraveno z (Loke, 1999), kde C_1 a C_2 jsou centrální elektrody, P_1 a P_2 jsou potenciálové elektrody, (a) rozestup proudových elektrod

Dipól-dipól: Uspořádání elektrod je odlišné oproti uspořádání Wenner především v jejich rozdělení do párů tvořených z elektrod C_2 - C_1 a P_1 - P_2 , (obr.-3.9 a 3.10). Největší citlivost vykazuje toto uspořádání mezi elektrodami C_2 - C_1 a P_1 - P_2 . Znamená to, že tato metoda je nejcitlivější ke změnám měrného odporu mezi elektrodami v každém dipólovém páru. Křivka elektrického proudu mezi dipóly je velice kolmá, proto je uspořádání dipól-dipól velice citlivé k horizontálním změnám měrného odporu. Toto uspořádání je naopak málo citlivé k určení měrného odporu vertikálních změn u horizontálně uložených vrstev s různým měrným odporem. Obecně má toto uspořádání malý hloubkový dosah při porovnání s uspořádáním Wenner. Při použití pro 2-D průzkum vykazuje lepší horizontální rozlišovací schopnost, než uspořádání Wenner. Jednou z nevýhod tohoto uspořádání bývá, že při použití příliš velkého rozestupu elektrod dochází ke značnému zeslabení signálu (zdrojového napětí), což může vést k neúspěchu při měření. Při použití vhodného technického zařízení a dostatečné citlivosti voltmetru, lze toto uspořádání využít především při průzkumu mělkých podpovrchových dutin. (Loke 1999)



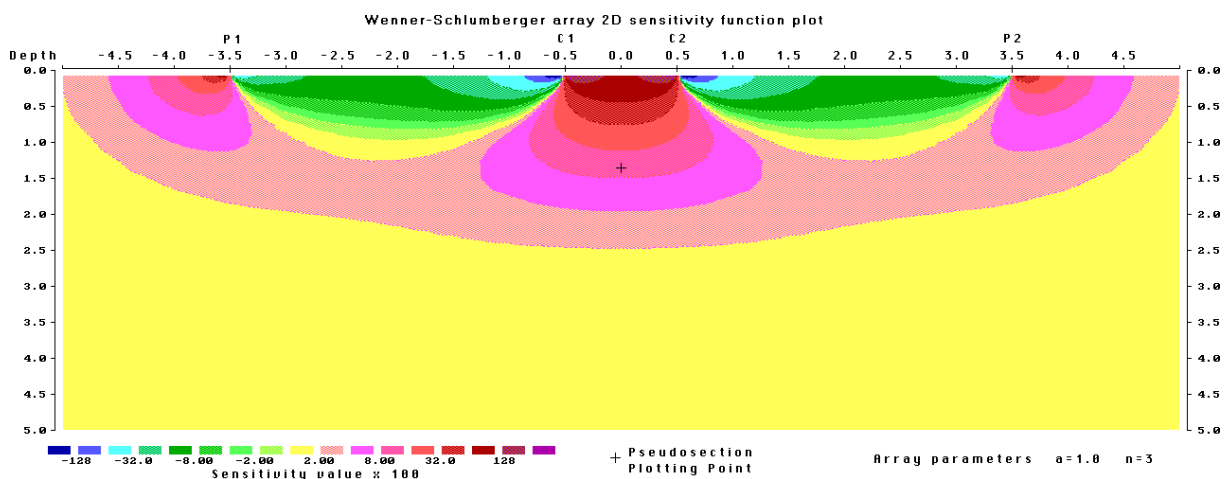
Obr.-3.9- Uspořádání elektrod Dipól-dipól pro 2-D profil znázorňující tvar elektrického pole, jeho vertikální dosah a citlivost . (Loke 1999)



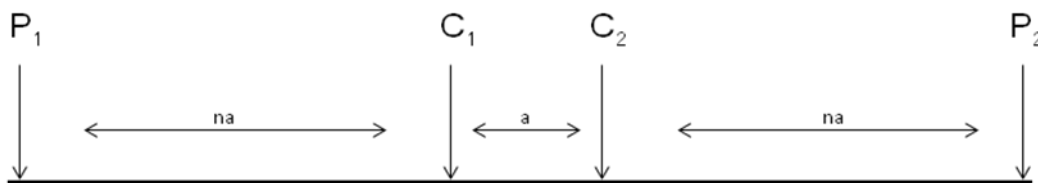
Obr.-3.10- Uspořádání elektrod Dipól-dipól převzato a upraveno z (Loke 1999)

kde C_1 a C_2 jsou centrální elektrody, P_1 a P_2 jsou potenciálové elektrody, (a) rozestup centrálních elektrod, (n) je faktor, který určuje poměr vzdálenosti mezi centrální a potenciálovou elektrodou, proto (na), v závislosti na rozestupu proudových elektrod pro každé měřící uspořádání je různé

Wenner-Schlumberger: (Schlumberger) Jedná se o hybridní metodu mezi Wenner a Schlumberger. Uspořádání Schlumberger je jedno z nejpoužívanějších během průzkumných prací. Křivka elektrického proudu pro uspořádání Schlumberger je částečně odlišná od křivky uspořádání Wenner, (obr.-3.12). V oblastech mezi elektrodami C_1 - P_1 má nepatrně sníženou citlivost oproti uspořádání Wenner, (obr.-3.11). Ve středové části mezi proudovými elektrodami C_1 - C_2 má však větší vertikální dosah. Obecně toto uspořádání vykazuje solidní rozlišení u struktur jak vertikálních, tak horizontálních. U měření, kde lze očekávat obojí typ struktur, je Schlumberger dobrým kompromisem mezi metodami uspořádání Wenner a dipól-dipól. Oproti uspořádání Wenner dosahuje Schlumberger přibližně o 10% větší vertikální dosah, naopak menší zdrojové napětí, které je však větší než u uspořádání dipól-dipól. (Loke 1999)



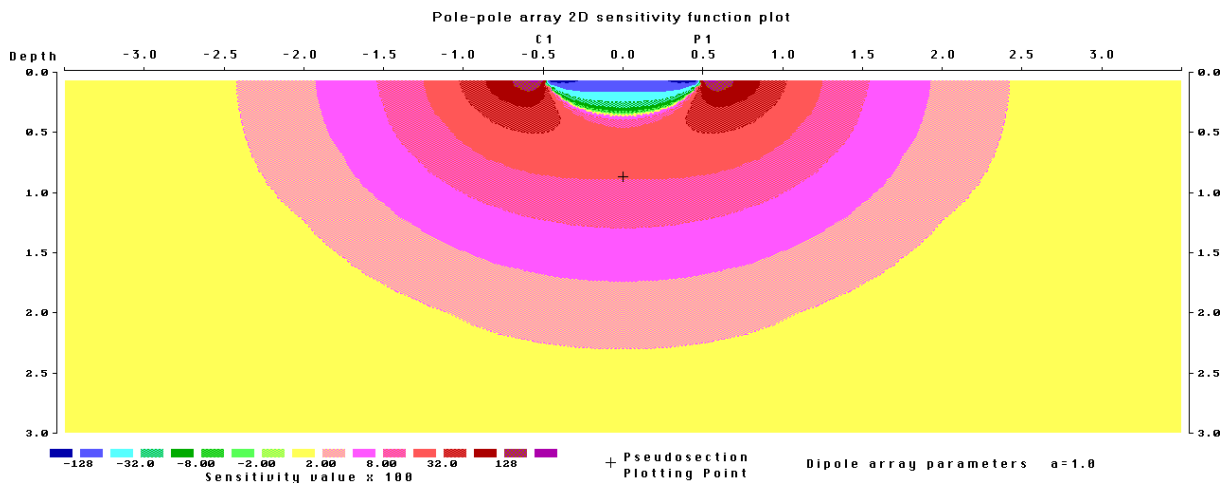
Obr.-3.11- Uspořádání elektrod Wenner-Schlumberger pro 2-D profil znázorňující tvar elektrického pole, jeho vertikální dosah a citlivost . (Loke 1999)



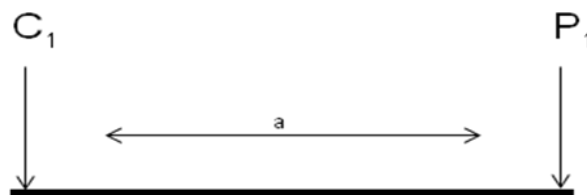
Obr.-3.12- Uspořádání elektrod Wenner-Schlumberger převzato a upraveno z (Loke 1999), kde C_1 a C_2 jsou centrální elektrody, P_1 a P_2 jsou potenciálové elektrody, (a) rozstup centrálních elektrod, (n) je faktor, který určuje poměr vzdálenosti mezi centrální a potenciálovou elektrodou, proto (na) , v závislosti na rozstupu proudových elektrod pro každé měřící uspořádání je různé .

Pól-pól: Toto uspořádání se v praxi nevyužívá v takové míře jako Wenner, dipól-dipól a Schlumberger. Prakticky ale nelze využít pouze dvou elektrod s jedním proudem a jedním potenciálem, jak by tomu název nasvědčoval, (obr.-3.14). Abychom se tomuto stavu uspořádání elektrod v praxi přiblížili, přidávají se další dvě elektrody (C_2 a P_2), aby bylo možné proměřit 2. proud a potenciál. Tyto elektrody (vnější) jsou umístěny ve vzdálenosti, která odpovídá dvacetinásobku rozstupu proudových elektrod C_1 - P_1 . Pokud není dodržen rozstup elektrod v určeném rozmezí, dochází k velkým odchylkám při měření. U průzkumů, kde mezielektrodový rozstup u C_1 - P_1 je větší než několik metrů, může nastat problém při hledání vhodných míst pro umístění vnějších elektrod C_2 a P_2 , jelikož budou ležet ve velké vzdálenosti. Dalším problémem této metody uspořádání může být náchylnost k rušivým zemským vlivům, pokud je použit příliš velký rozstup elektrod. Obecně je toto uspořádání využíváno pro malé rozstupy vnitřních elektrod a to do 10 m. Uspořádání pól-pól je často

využíváno například při archeologických průzkumech, kde není potřeba využívat velkých rozestupů elektrod. Toto uspořádání má největší horizontální a vertikální pokrytí ze všech metod, má ovšem také nejmenší rozlišovací schopnost, (obr.-3.14). (Loke 1999)

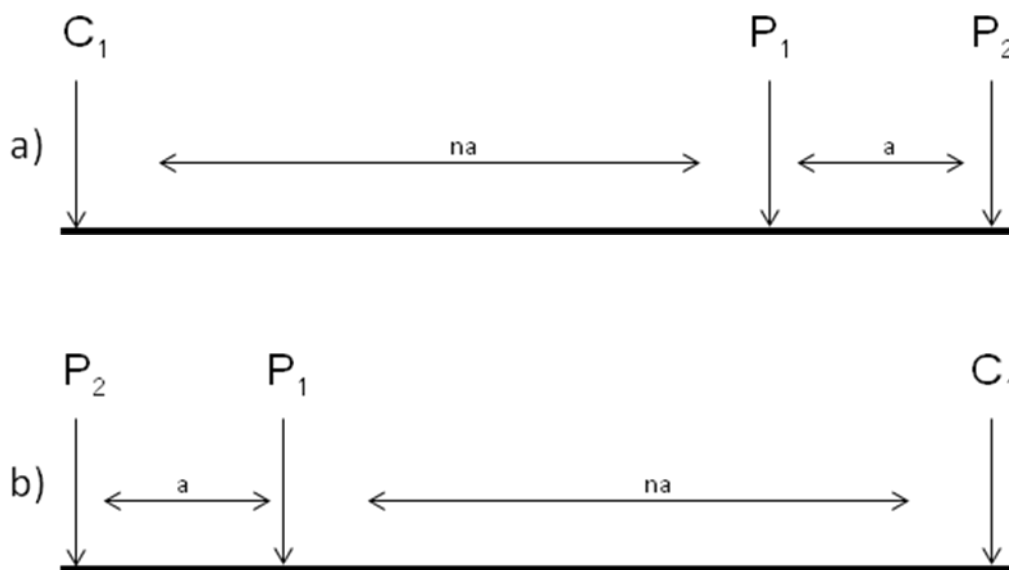


Obr.-3.13- Uspořádání elektrod Pól-pól pro 2-D profil znázorňující tvar elektrického pole, jeho vertikální dosah a citlivost . (Loke 1999)



Obr.-3.14- Uspořádání elektrod Pól-pól převzato a upraveno z (Loke 1999) kde C_1 je proudová elektroda, P_1 je potenciálová elektroda, (a) rozestup elektrod

Pól-dipól: Uspořádání pól-dipól má relativně dobrý horizontální rozsah. Má také značně vyšší zdrojové napětí v porovnání s uspořádáním dipól-dipól a není tak náchylné k rušivým zemním vlivům jako uspořádání pól-pól. Oproti ostatním metodám uspořádání má pól-dipól asymetricky uspořádané elektrody, (obr.-3.15a). Jedním z problémů vyplývajících z asymetrického uspořádání je, že při měření symetrických struktur dochází ke zkreslení při měření. Možnost, jak tomuto zkreslení zabránit, je změřit stejný profil s dipólovými elektrodami na opačné straně (zrcadlově), (obr.-3.15b). Uspořádání pól-dipól je také závislé na 4. vzdálené elektrodě C_2 , která je umístěna ve vzdálenosti rovnající se druhé mocnině rozestupu elektrod C_1 - P_1 . Toto uspořádání není tolik ovlivněno elektrodou C_2 , jako tomu je u uspořádání pól-pól. Díky dobrému horizontálnímu pokrytí je toto uspořádání atraktivní metodou pro aplikaci při multielektrodevém odporovém profilování. (Loke 1999)



Obr.-3.15a,b- Uspořádání elektrod a) Pól-dipól a jeho b) zrcadlové uspořádání, které slouží ke kompenzaci zkreslení vzniklé při použití této asymetrické metody (Loke 1999), kde P_1 a P_2 jsou potenciálové elektrody, C_1 je Proudová elektroda, (a) je základní vzdálenost mezi potenciálovými elektrodami a (n) je faktor, který určuje poměr vzdálenosti mezi potenciálovou a proudovou elektrodou¹

¹ podkapitola byla čerpána z internetového zdroje www.heritagegeophysics.com/images/lokenote.pdf od (Loke, 1999)

4. Použité metody

4.1 Přístroje a příslušenství²

Přístroj použitý k průzkumu v této diplomové práci je vyroben společností ARES, model v 5.3 (Gf Instruments, sro., Česká republika). Přístroj se skládá z **řídící jednotky** (obr.-4.1):



Obr.-4.1- Řídící jednotka ARES v 5.3 (Gf instruments)

příslušenství:

T-kus pro připojení multi-elektrodového kabelu a kabelu pro proudové napěťové elektrody, kabel pro připojení externí 12V baterie, RS232 a USB, AC adaptér pro všechny typy země, měřicí software ARES, 12V baterie s nabíječkou, multi-elektrodový kabel – aktivní a pasivní, standardní a nepolarizovatelné elektrody.

Multi-elektrodový kabel lze použít pro měření 2D a 3D měřících metod. 2D metoda je určena k měření hloubkového řezu měrného odporu, případně indukované polarizace ve sledovaném prostředí. Tato metoda se využívá pro detailní průzkum vertikálně i horizontálně směřovaných nehomogenit a vyhledávání objektů s odlišným měrným odporem. Při vhodném uspořádání elektrod lze dosáhnout lepšího zobrazení různých typů struktur (horizontální vrstvy, dutiny, vertikální struktury). Prakticky se metoda využívá pro sestavení geologických

² v této kapitole bylo čerpáno především z uživatelské příručky pro přístroj ARES v 5.3 od společnosti Gf instruments a pro množství citací již dále nebudou uváděny

řezů, mapování puklin, dutin a zlomů, vyhledávání průsaků, průzkumu svahových deformací a dalších aplikací. 3D metoda je určena pro detailní prostorové měření, zpravidla s menší požadovanou hloubkou. Tato metoda se využívá pro prostorové zobrazení těles, například pro inženýrsko-geologické či archeologické průzkumy.

Využitý kabel může být buď s inteligentními elektrodami (aktivní), či s klasickým mnohožilovým (pasivním) kabelem a přídavným spínacím adaptérem. Použitý multi-elektrodotový kabel je velice odolný proti elektromagnetickému rušení a je vhodný pro měření dlouhých profilů, kde se používá i rolování kabelových sekcí. Při jednom roztažení je takto možno využít až 200 elektrod.

GPS slouží k určení souřadnic a nadmořské výšky naměřených profilů pro zpracování v mapových podkladech. Během měření bylo využito GPS zařízení Garmin přístrojové řady 60.

4.2 Měření v terénu:

Po výběru vhodné lokality, určení základních cílů a parametrů měření vytyčíme požadovaný profil měřícím pásmem. Umístíme elektrody podél pásma v požadovaném rozestupu a rozvineme multi-elektrodotový kabel podél elektrod a to „samčím“ koncem na počátek profilu.

Po připevnění kabelu na elektrody a připojení k řídicí jednotce zadáme vstupní data pro dané měření. Poté spustíme kontrolní proměření elektrod, které ověří správnou funkci zařízení. Následuje vlastní měření, (obr.-4.2a,b), které trvá přibližně 10 – 18 minut.

Poté změříme nadmořskou výšku ve vertikálních změnách (pro určení topografie) podél profilu a určíme GPS souřadnice. Při měření delších profilů lze také využít možnost rolování. Při zadání dat před měřením zadáme tuto možnost a po ukončení měření základního profilu přesuneme přední segment kabelu (1/4) na konec profilu a pokračujeme v měření.

Tímto způsobem lze proměřit značně dlouhé profily.



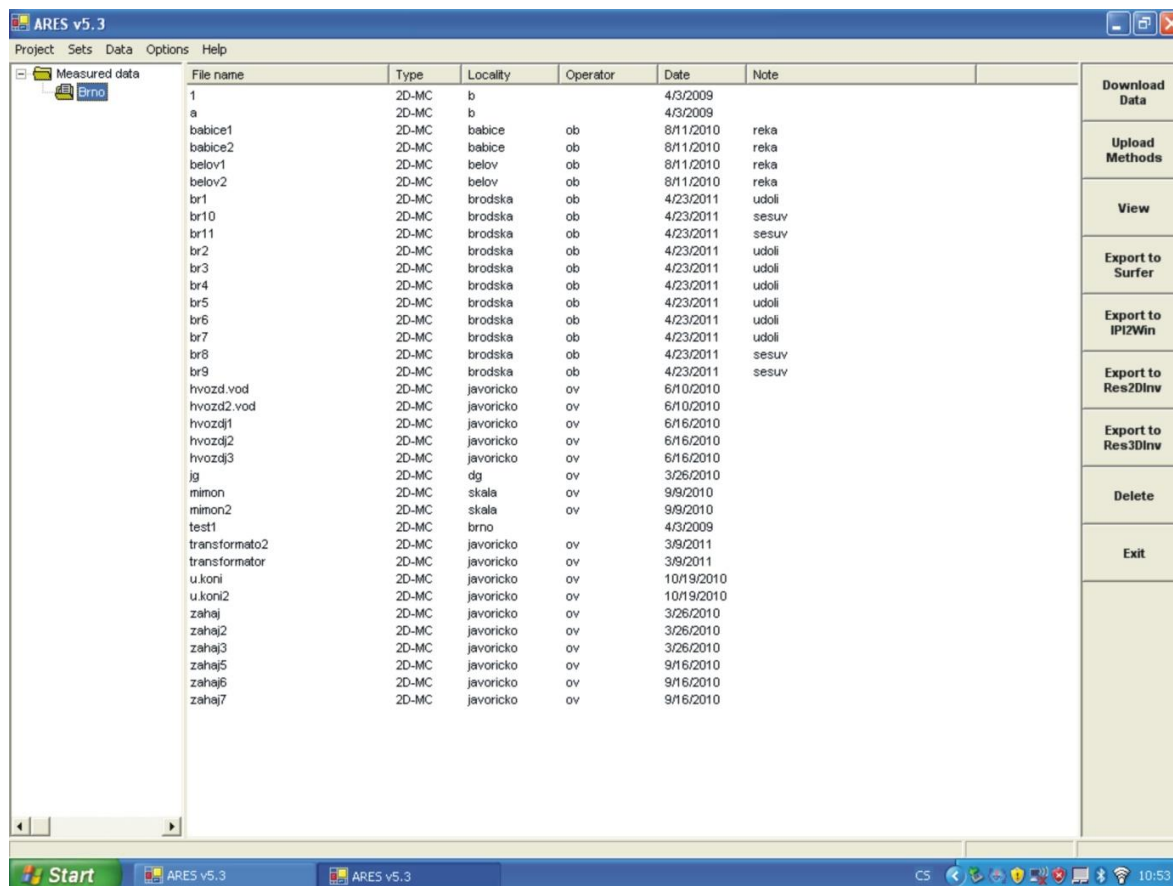
Obr.-4.2a Zapojení řídicí jednotky s aktivním multielektrodoým kabelem v lokalitě Špraněk „U Transformátoru“.



Obr.-4.2b Zapojení řídicí jednotky s aktivním multielektrodoým kabelem v lokalitě Brablenec „Za Hájovnou“.

4.3 Softwarové zpracování:

Pro stažení naměřených dat z řídicí jednotky do PC je využíván program **ARES v 5.3**. Tento program dále slouží ke správě naměřených dat, vytváření uživatelských předpisů pro řazení a pro export dat do interpretačních programů, (obr.- 4.3).



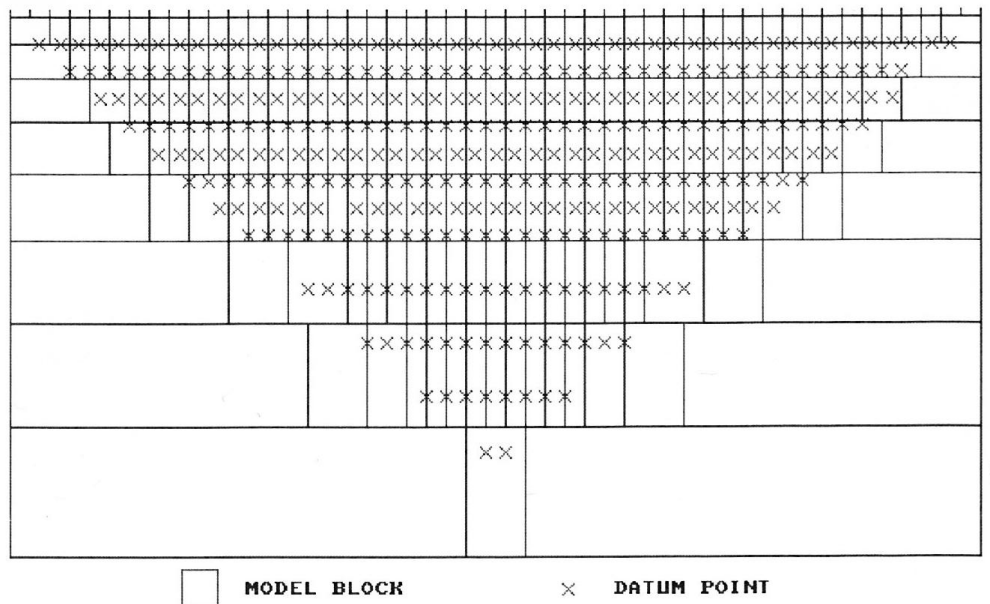
The screenshot shows the ARES v5.3 software interface. The main window displays a table of measured data with the following columns: File name, Type, Locality, Operator, Date, and Note. The table contains 30 rows of data. On the right side of the window, there is a vertical toolbar with buttons for 'Download Data', 'Upload Methods', 'View', 'Export to Surfer', 'Export to IPI2Win', 'Export to Res2DInv', 'Export to Res3DInv', 'Delete', and 'Exit'. The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, two instances of ARES v5.3, and the system tray with the time 10:53.

File name	Type	Locality	Operator	Date	Note
1	2D-MC	b		4/3/2009	
a	2D-MC	b		4/3/2009	
babice1	2D-MC	babice	ob	8/11/2010	reka
babice2	2D-MC	babice	ob	8/11/2010	reka
belov1	2D-MC	belov	ob	8/11/2010	reka
belov2	2D-MC	belov	ob	8/11/2010	reka
br1	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br10	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	sesuv
br11	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	sesuv
br2	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br3	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br4	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br5	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br6	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br7	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	udoli
br8	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	sesuv
br9	2D-MC	brodska	ob	4/23/2011	sesuv
hvozdvod	2D-MC	javoricko	ov	6/10/2010	
hvozdvod2	2D-MC	javoricko	ov	6/10/2010	
hvozdf1	2D-MC	javoricko	ov	6/16/2010	
hvozdf2	2D-MC	javoricko	ov	6/16/2010	
hvozdf3	2D-MC	javoricko	ov	6/16/2010	
ig	2D-MC	dg	ov	3/26/2010	
mimon	2D-MC	skala	ov	9/9/2010	
mimon2	2D-MC	skala	ov	9/9/2010	
test1	2D-MC	brno		4/3/2009	
transformato2	2D-MC	javoricko	ov	3/9/2011	
transformator	2D-MC	javoricko	ov	3/9/2011	
u.koni	2D-MC	javoricko	ov	10/19/2010	
u.koni2	2D-MC	javoricko	ov	10/19/2010	
zahaj	2D-MC	javoricko	ov	3/26/2010	
zahaj2	2D-MC	javoricko	ov	3/26/2010	
zahaj3	2D-MC	javoricko	ov	3/26/2010	
zahaj5	2D-MC	javoricko	ov	9/16/2010	
zahaj6	2D-MC	javoricko	ov	9/16/2010	
zahaj7	2D-MC	javoricko	ov	9/16/2010	

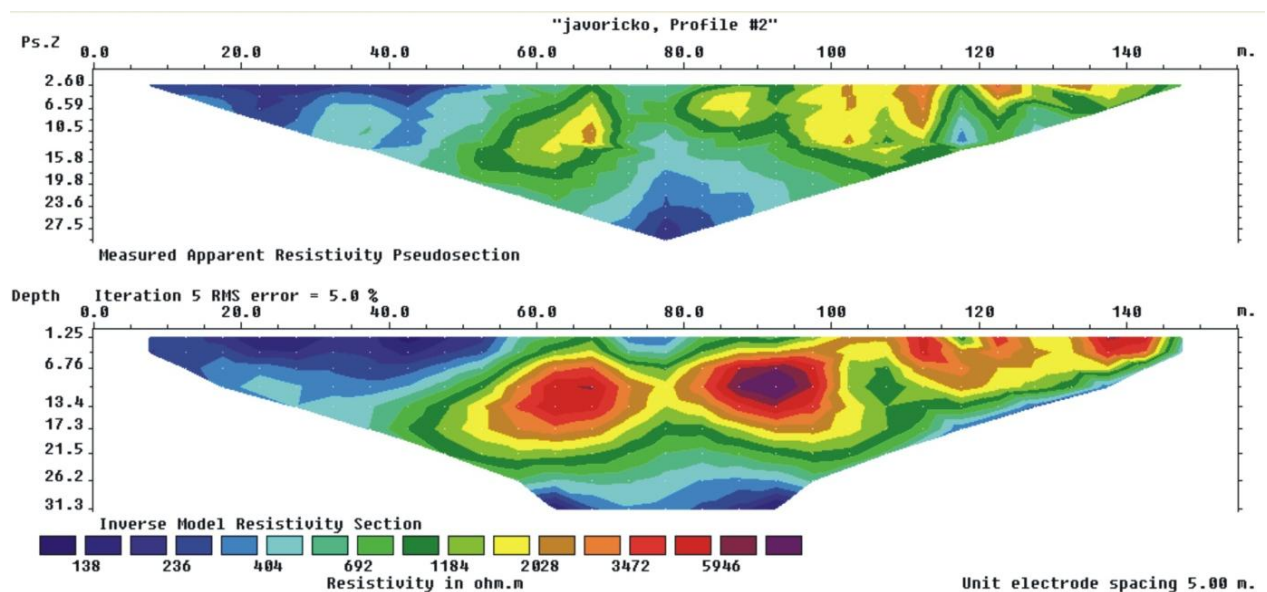
Obr.-4.3- Uživatelské prostředí ARES, kde sloupec **file name** - název složky, **type** - typ měření (2D, 3D), **operator** - operátor, **date** - datum, **note** - poznámka k měření, pravý sloupec ikon slouží ke správě dat.

Dále lze naměřená data doplnit topografickými daty pro daný profil v programu **Surfer 7.0**. S doplněnými daty ze Surferu se pracuje v programu **RES2DINV** (Geotom Softwear). RES2DINV je počítačový program, který slouží k inverzi naměřených odporových dat ve vrstvách a vytvoření modelu měrného odporu (v tomto případě 2D), na základě předdefinovaných matematických metod. Pro účely této práce byla použita inverze metodou nejmenších čtverců (least-square inversion). 2D model využívá inverzní program, který je složen z množství bloků a datových bodů (obr.-4.4). Distribuce a velikost bloků je automaticky generována programem, který využívá datové body jako orientační předlohu. Dále je využíván modelující podprogram, který nám vypočítá měrný odpor (obr.-4.5). Při znázorňování modelu inverzních sekcí měrného odporu se využívá v průměru 5 iterací

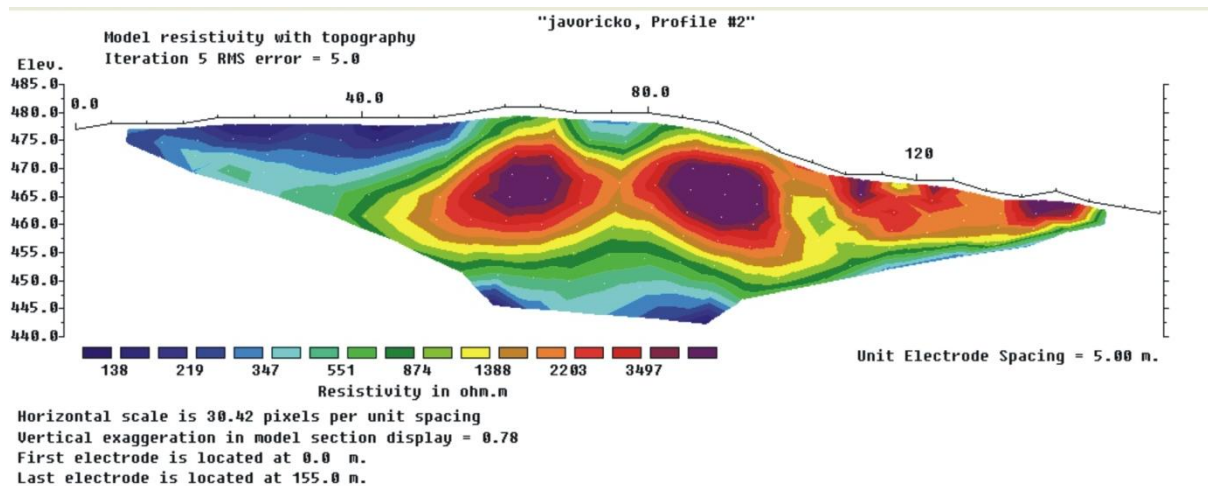
inverze pro vykreslení 2D struktur, které jsou automaticky určeny a lze je znázornit s topografií (obr.-4.6).



Obr.-4.4- Znázornění uspořádání bloků obsahující datové body (měrného odporu) z profilu, kde horizontální linky znázorňují měřenou vrstvu, obdelníky - bloky a X je datový bod. Převzato a upraveno z příručky pro RES2DINV Geotomo Software.



Obr.-4.5- Dva profily vygenerované programem RES2DINV. Znázorňují profil, kde jako první je zobrazen naměřený zdánlivý odpor a druhý je inverzní model měrného odporu. Barevná škála představuje hodnoty měrného odporu v (Ω / m), škála na levé straně hloubku profilu v (m) a škála nad profilem délku profilu v (m).



Obr.-4.6- Model měrného odporu s topografií po pěti iteracích inverze, levá škála znázorňuje hloubku profilu s hodnotami nadmořské výšky v (**m**), horní škála znázorňuje délku profilu v (**m**) a barevná škála znázorňuje hodnoty měrného odporu v (**Ω / m**).

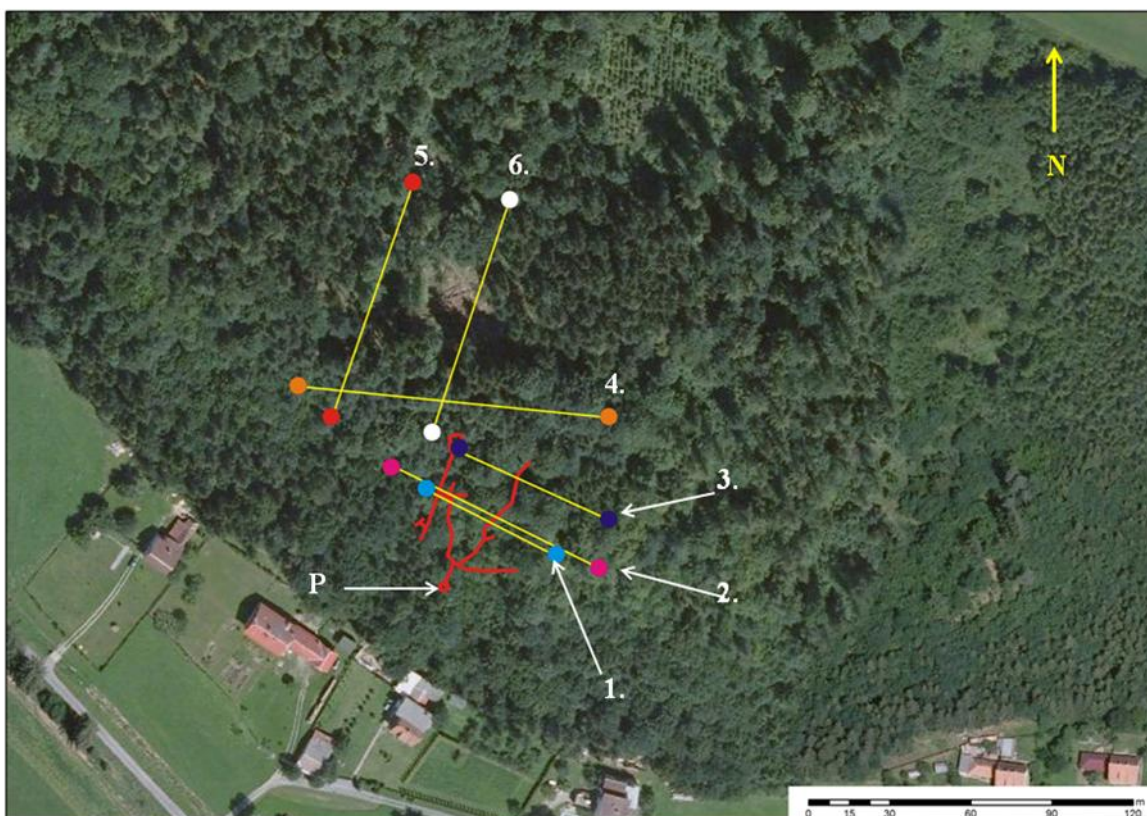
Další možné úpravy pro prezentaci dat lze provádět v programu **Surfer**, kde spojením konturových map a základních map vytvoříme kopii profilu, se kterou je možné lépe pracovat v grafickém programu **CorelDRAW**. Pro načtení GPS souřadnic profilů byl použit program **Garmin software** pro správu dat pro GPS garmin. Bodové souřadnice profilu byly dále uloženy do exportního formátu DXF a načteny do **ArcGIS**, kde k nim byly přiřazeny mapové podklady geoportálu Cenia, Google Earth, či mapy.cz.

5. Výsledky a diskuze

5.1 Jeskyně „Za Hájovnou“ lokalita Brablenec

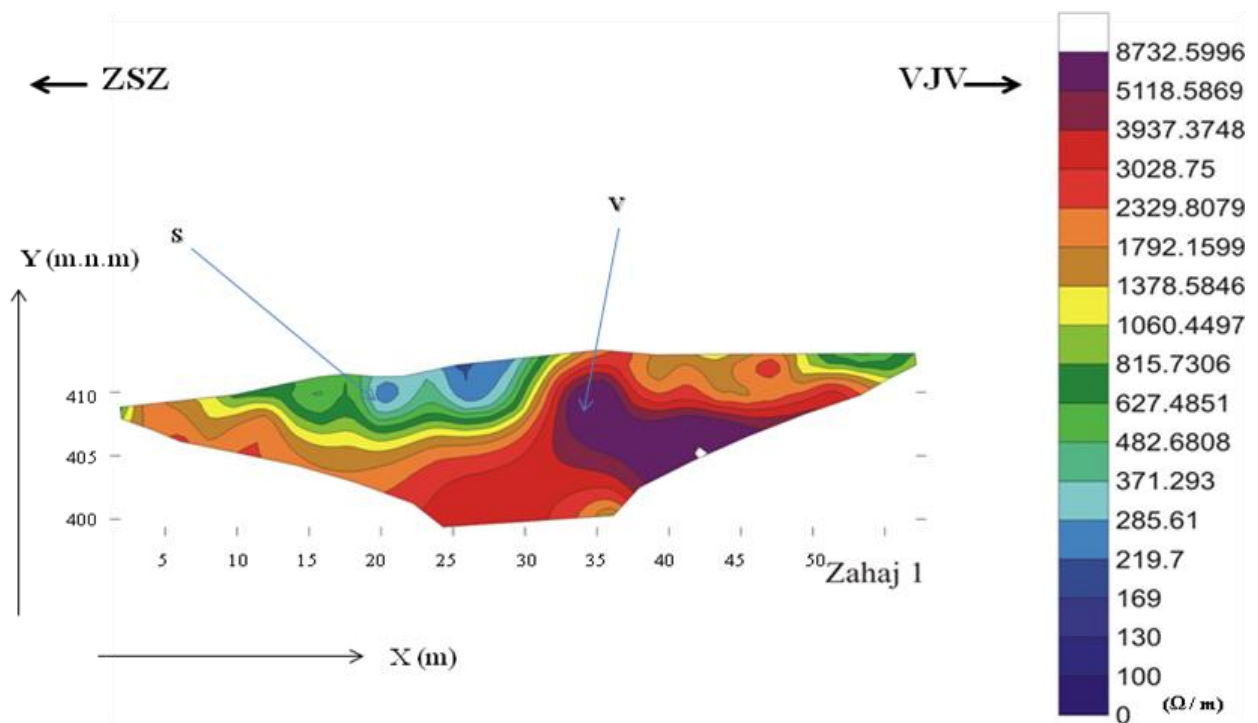
Tato lokalita byla vybrána s ohledem na probíhající výkopové práce v této jeskyni, které jsou prováděny speleologickou organizací ČSS 7-03 „Javoříčko“ se sídlem v Březině. Hlavní náplní práce speleologů je průzkum neznámých částí jeskynního systému, který je z velké části vyplněn sedimenty. Tyto sedimenty jsou dle Musila (2005) tvořeny především, sprašovými hlínami, hnědými jeskynnými hlínami, redeponovanými sedimenty a fluviálními sedimenty. Sedimenty mají poměrně nízký měrný odpor ve srovnání s okolními vápencovými horninami, což se ukázalo jako hlavní identifikační prvek při určování zlomových linií, na kterých mohou být přítomny krasové útvary.

V této lokalitě bylo naměřeno celkem 6 profilů, (obr.-5.1), které jsou dále popsány a znázorněny.



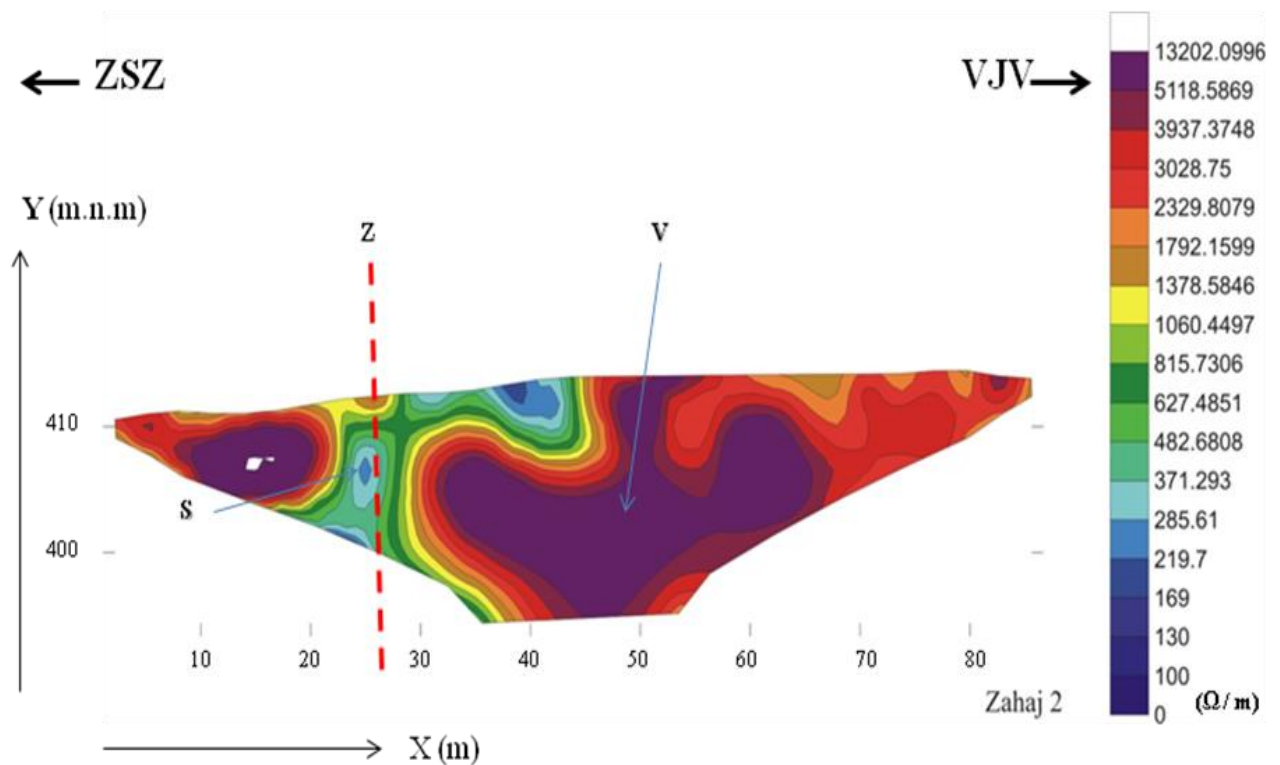
Obr.-5.1- Ortofotomapa lokality Brablenec, převzata a upravena z Geoportalu Cenia, kde **P**- je červeně vyznačený polygon jeskyně „Za Hájovnou“, čísla označují různobarevně odlišené profily č.1-6.

Profil č.1 (obr.-5.2) je měřený příčně nad portálem jeskyně. Jde o pokusný profil provedený pro interpretaci a správné nastavení parametrů profilu. Barevná škála na pravé straně obrázku znázorňuje měrný odpor ρ (Ω / m). Modré odstíny měrného odporu představují sedimenty s malým odporem. Hodnoty přibližně nad $600 \Omega / m$ značí vápence, které mají malou vodivost. Hodnoty v červených oblastech nad $2000 \Omega / m$ představují vápencový masiv s minimální vodivostí. Na profilu č. 1 nejsou patrné žádné strukturální útvary.



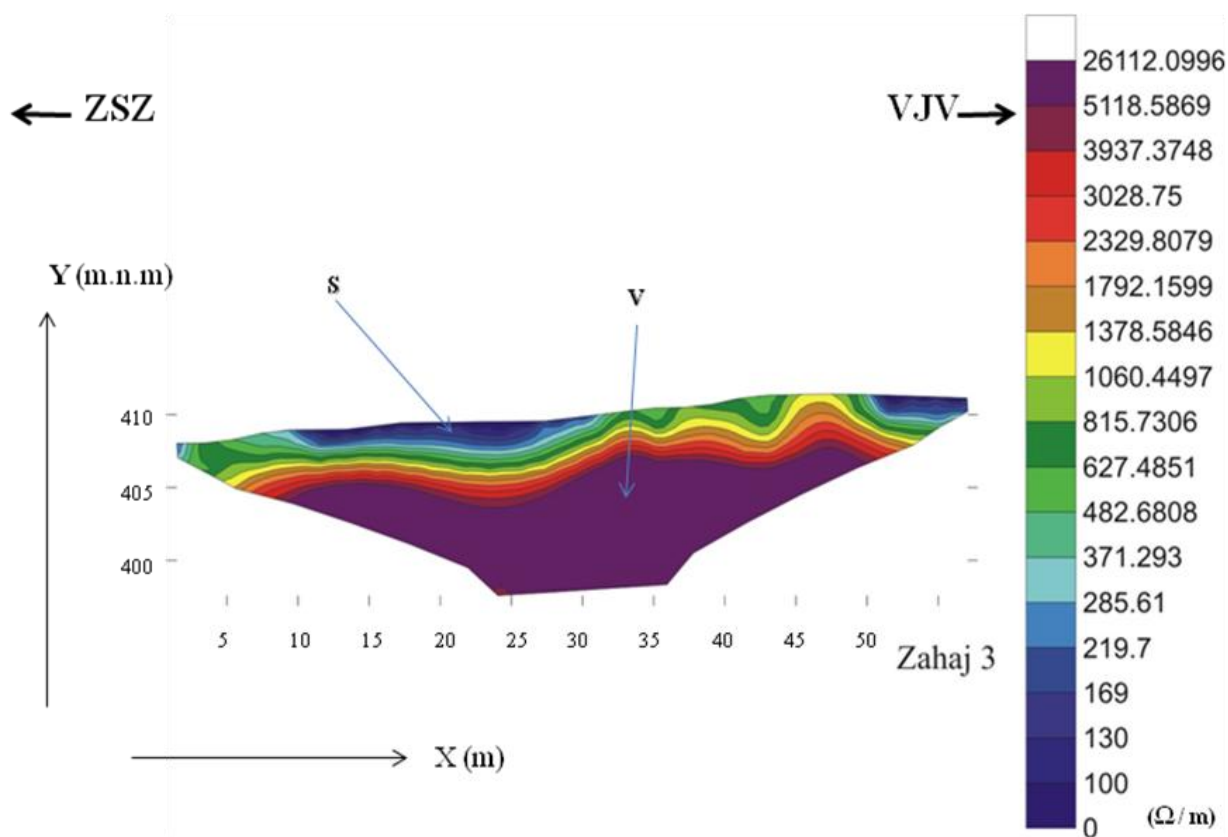
Obr. -5.2- Profil č.1- jedná se o 62 m dlouhý profil s rozstupem elektrod 2 m, X – vzdálenost (m), Y – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích označují světové strany, **S** – sedimenty (vodivé), **V** – vápenec, GPS z - N49°40'46,2'',E016°55'06,5'' k- N49°40'47,7'', E E016°55'01,8'' (z – začátek a k- konec profilu).

Profil č. 2 (obr.-5.3), je měřen ve stejné vzdálenosti nad portálem jeskyně jako profil č.1. Také střed a orientace jsou totožné s profilem č.1. Větší délka a hloubkový dosah profilu se ukázal jako vhodnější pro vykreslení struktur u zvoleného způsobu měření. Znázorněná struktura zlomu či komínu, vyplňují vodivé sedimenty, které navazují na jeskynní systém, který je orientován SV směrem. Oblasti s měrným odporem převyšující hranici 600-800 Ω / m označují hranici vápenců s velkým měrným odporem.



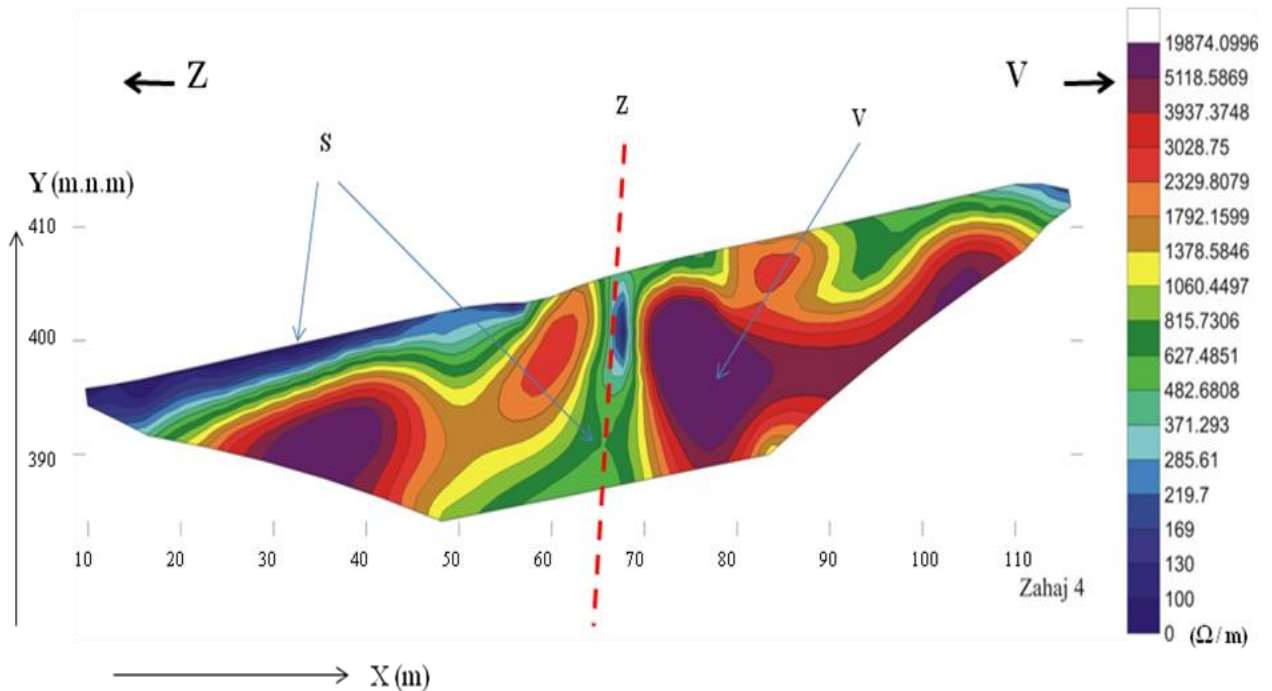
Obr.-5.3- Profilu č.2 – jedná se o 93 m dlouhý profil s rozstupem elektrod 3 m, **S** – sedimenty (vodivé), **V** – vápenec a **Z** – zlom (komín), **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'46,2'', E016°55'07,9'' k- N49°40'47,8'', E016°55'01,6''

Profil č. 3 (obr.-5.4) je měřen 25 m SV po svahu od profilu č.1 a č.2. Na tomto profilu nejsou patrné žádné pozorovatelné struktury či zlomy. Na povrchu je znázorněna vrstva sedimentů, v jejímž podloží leží homogenní vápencový masív. Oblasti s měrným odporem převyšující hranici 600-800 Ω / m označují hranici vápenců s velkým měrným odporem.



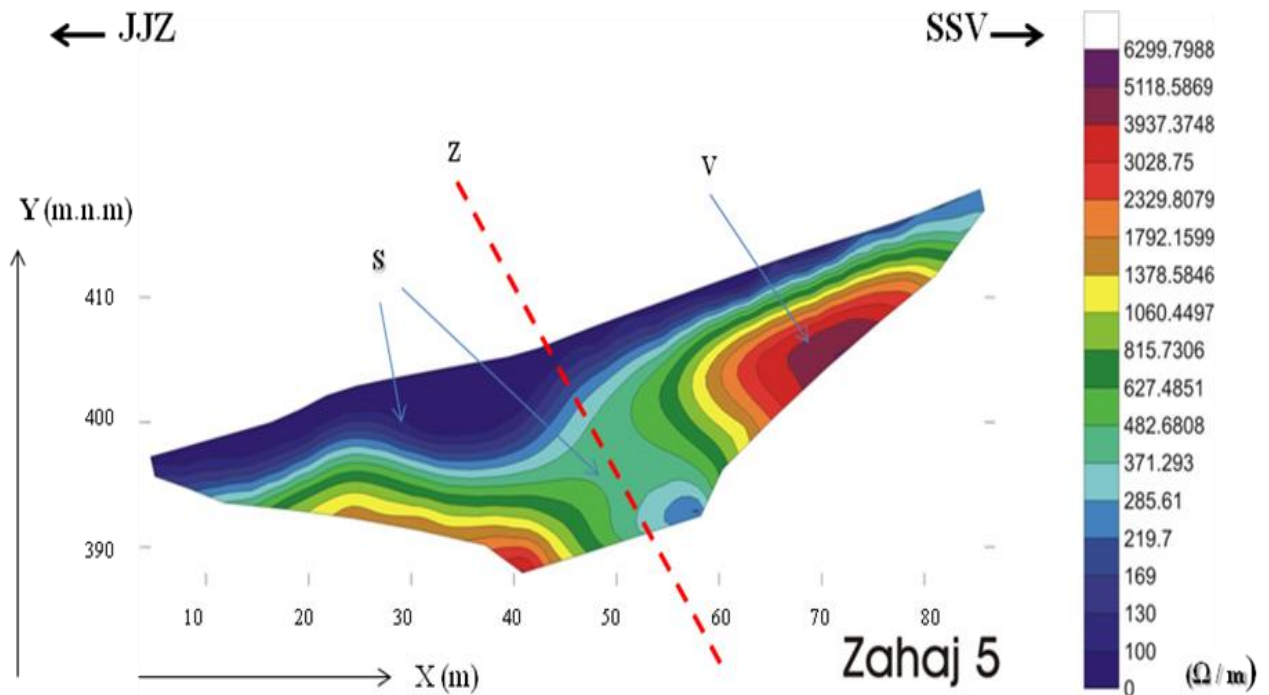
Obr.-5.4- Profil č.3 – jedná se o 62 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 2 m, **S** – sedimenty (vodivé), **V** – vápenec. **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích označují světové strany. GPS z- N49°40'47,3'', E016°55'07,9'' k- N49°40'48,4'', E016°55'02,8''

Profil č.4 (obr.- 5.5) je lokalizovaný S od profilu č.3 přibližně 10 m S od bodu lokalizovaného radiomajákem, v zadní části Narozeninové chodby. Ve středové části je na profilu přítomný zlom vyplněný vodivými sedimenty, který je v linii s Narozeninovou chodbou. Hranice sediment (vodivý) – vápenec je přibližně 600-800 Ω / m .



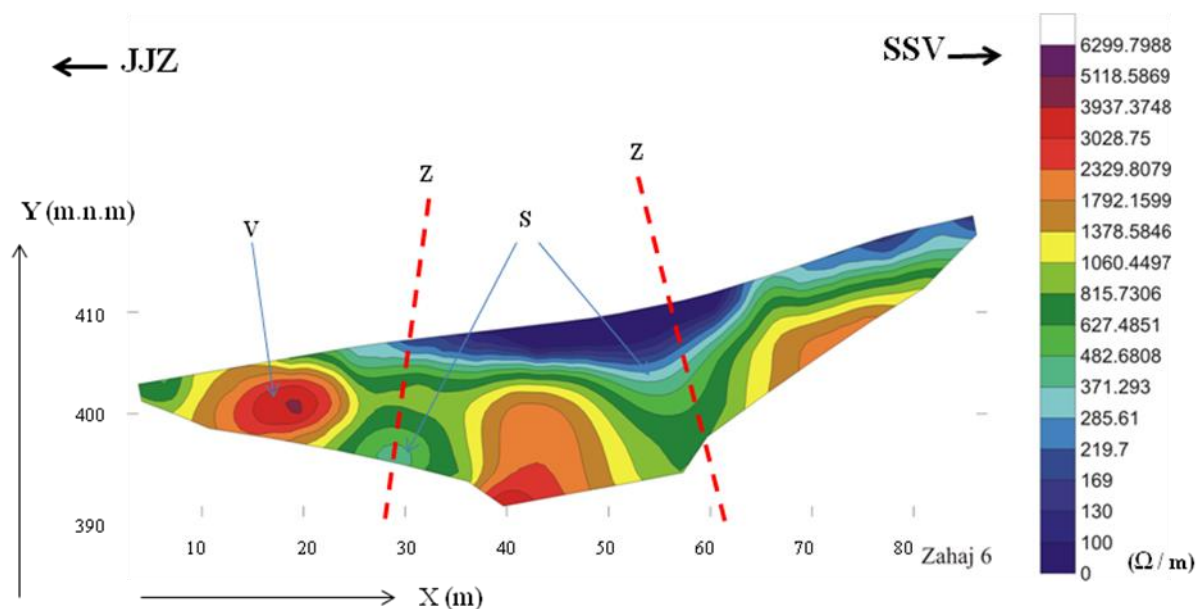
Obr.-5.5- Profil č.4 – jedná se o 117 m dlouhý profil s rozstupem elektrod 3 m, **S** – sedimenty (vodivé), **V** - vápenec a **Z** – zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'29,4'', E016°55'05,1'' k- N49°40'29,6'', E016°55'59,0''

Profil č. 5 (obr.- 5.6) je orientován kolmo k profilu č.4 při jeho z. okraji, kde ho přetíná přibližně o 10 m směrem na J. V jeho centrální části je patrný zlom vyplněný sedimenty (vodivými), tento zlom je lemován dvěma bloky vápenců. Hranice sediment (vodivý) – vápenec je přibližně 600-800 Ω / m .

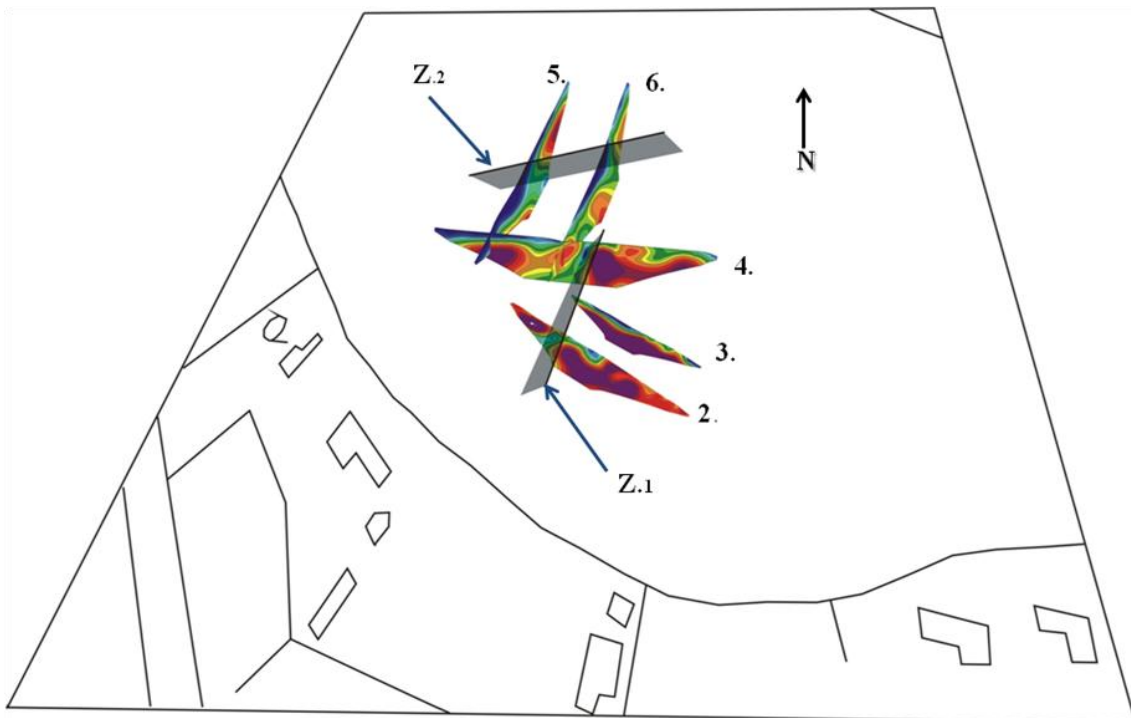


Obr.-5.6- Profil č.5 – jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3m. **S** – sedimenty (vodivé), **V** - vápenec a **Z** – zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích označují světové strany. GPS z- N49°40'29,7'', E016°54'59,6'' k- N49°40'31,7'', E016°54'59,5''

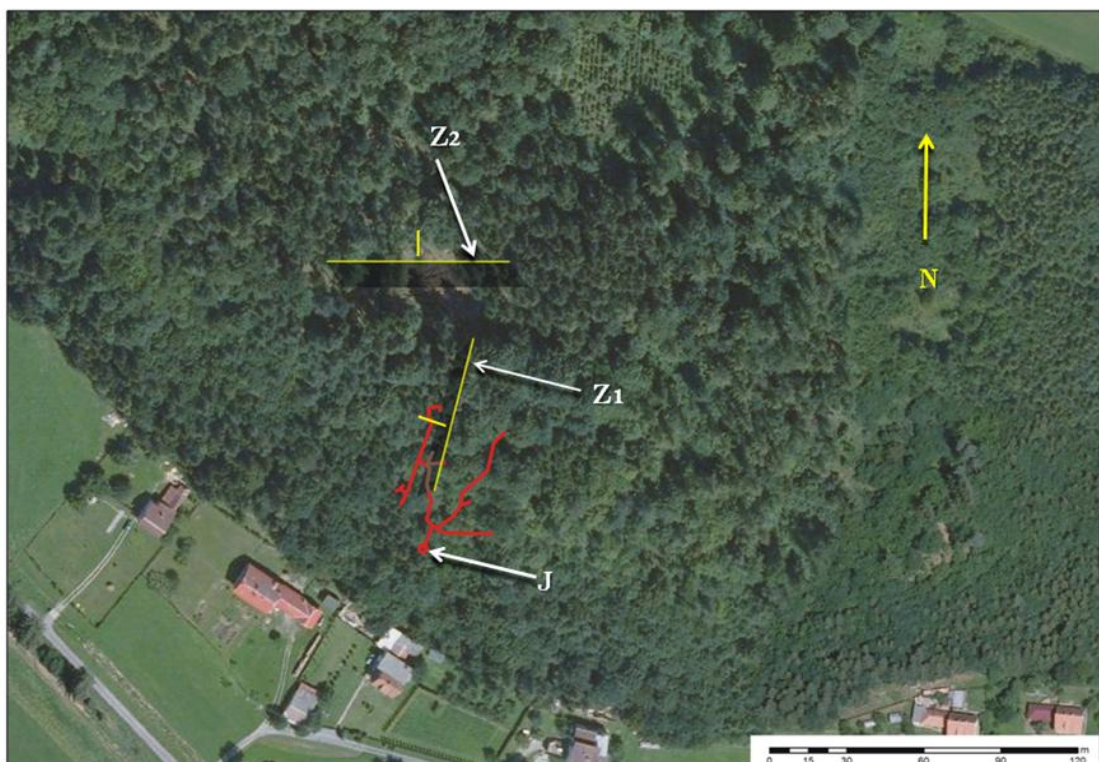
Profil č.6 (obr.-5.7) je orientován kolmo k profilu č.4. v jeho střední části a přibližně paralelně k profilem č.5. Na tomto profilu jsou patrné dva zlomy vyplněné sedimenty (vodivými). Oba tyto zlomy vykazují vyšší hodnoty měrného odporu, což nasvědčuje větší příměsi méně vodivých sedimentů. V levé části, ve středu a v pravé části profilu jsou viditelné obrysy větších vápencových bloků.



Obr.-5.7- Profil č.6 – jedná se o 93 m dlouhý profil s rozstupem elektrod 3 m. **S** – sedimenty (vodivé), **V** - vápenec a **Z** – zlom. Hranice sediment (vodivý) – vápenec je 600-800 Ω / m , **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'29,6'', E016°55'02,2'' k- N49°40'32,3'', E016°55'02,8''



Obr.-5.8- Znázorňující prostorové uspořádání profilů č.2 - 6 a hlavní zlomové linie navazující na levou část jeskynního systému „Za Hájovnou“. **Z.1** – zlomová linie, orientovaná SSV-JJZ a ukloněná na Z. **Z.2** – zlomová linie orientovaná Z-V směrem a ukloněná k S.



Obr.-5.9- Ortofotomapa lokality Brablenec převzata a upravena z Geoprtalu Cenia, s polygonem jeskynního systému „Za Hájovnou“, na které jsou znázorněny směry velkých zlomů, které jsou orientovány SSV-JJZ a Z-V. **Z** – zlomy 1 a 2, **J** - ústí jeskynního systému.

Naměřená data, ze kterých byly určeny vyznačené zlomové linie, jsou pravděpodobným pokračováním svahové části levého křídla jeskynního systému „Za Hájovnou“ - **Z1**, (obr.-5.9). SSV – JJZ porucha pokračuje SSV směrem (ukloněna Z), přibližně 60 m od nejsevernější známé části jeskyně, kde navazuje další zlom **Z2**. Zlom **Z1** je patrný na profilech č. 2 a 4. Zlom **Z2** je orientovaný Z –V směrem (ukloněn S). Tento zlom je patrný na profilech č. 6 a 7. Fyzikální parametry zlomů na profilech č. 4. 5. 6. vykazují poměrně shodné hodnoty měrného odporu jako na profilu č.2, který sloužil také jako interpretační profil. Měrný odpor vápence vykazoval hodnoty 600-800 Ω / m a vyšší, sedimentární výplně zlomů vykazovaly hodnoty měrného odporu v průměru 200-600 Ω / m a kvarterní pokryv 200 a méně Ω / m . Na naměřených profilech je prokazatelná návaznost zlomu s jeskynním systémem, z čehož lze předpokládat možnost výskytu dalších endokrasových jevů v severnější části lokality Brablenec.

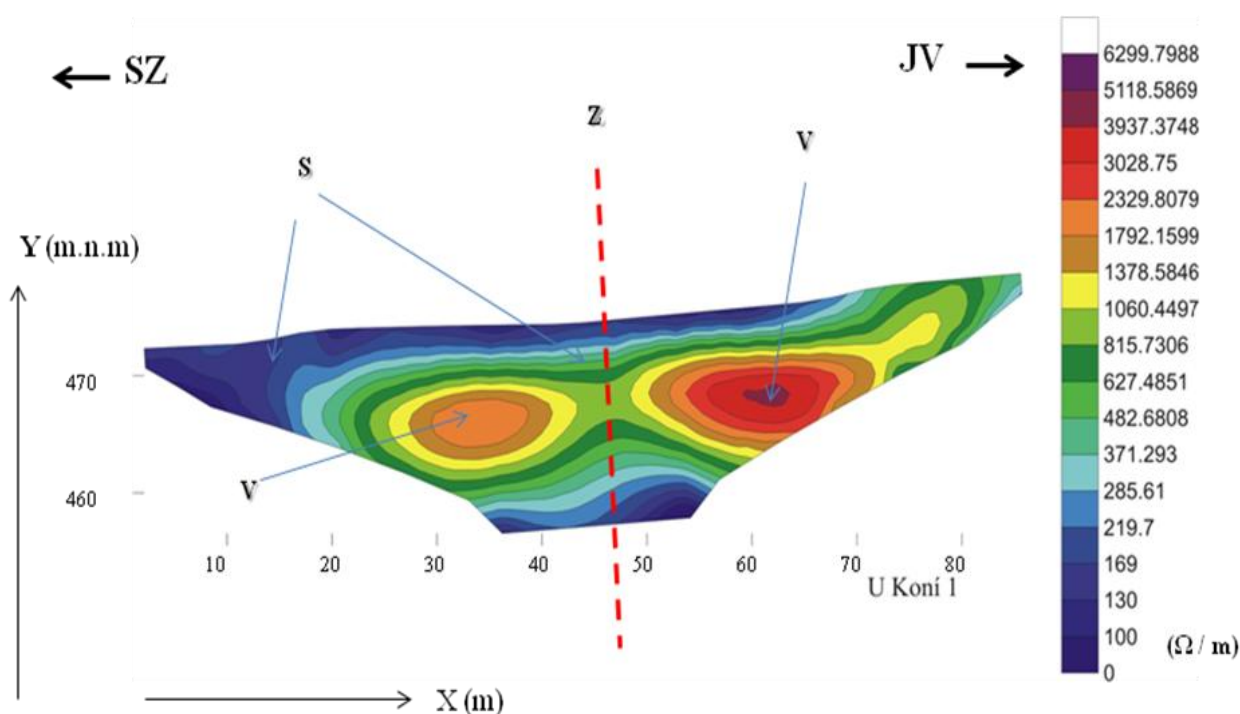
5.2 Závrt „U Koní“ lokalita Suchý žleb

Tato lokalita, (obr.-5.10), je v současné době v zájmu a pod dohledem speleologické organizace ZO ČSS 7 – 14 Ludmírov-Štýmberek, která se aktivně věnuje odstraňování sedimentů z neznámých prostor jeskynního systému. V této lokalitě byly naměřeny dva profily s ohledem na terénní omezení způsobené silnicí vedoucí na JV a pozůstatky lomu na SV, které budou dále popsány.



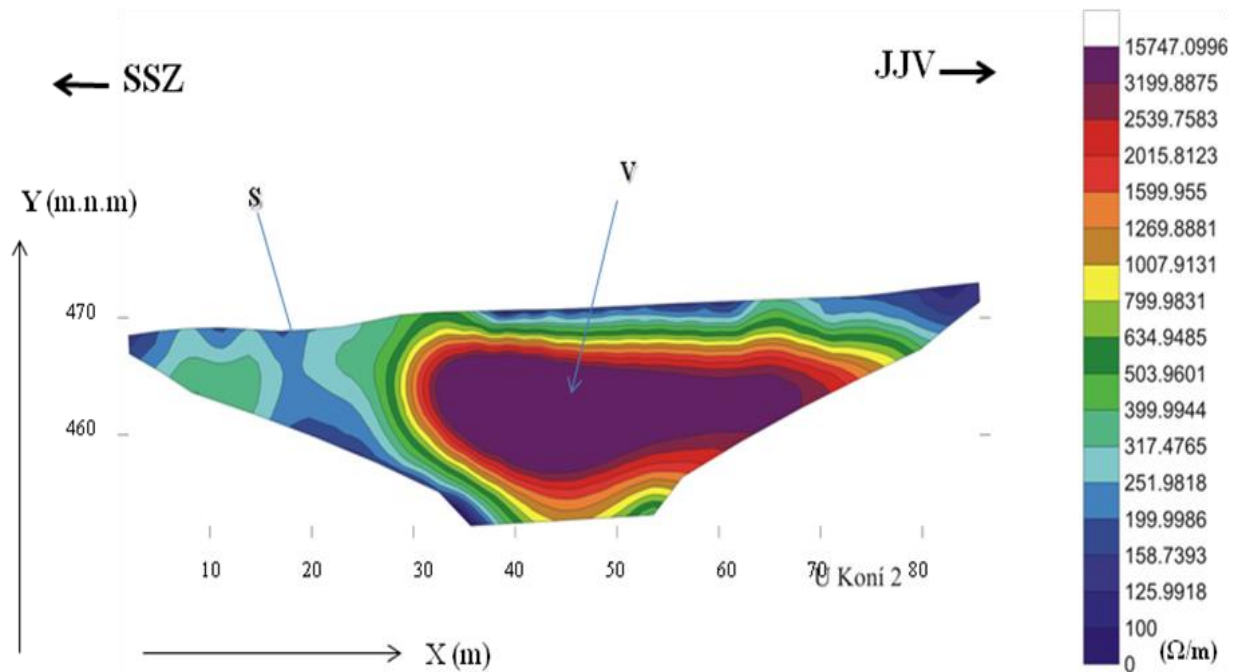
Obr.-5.10- Ortofotomapa lokality Suchý žleb převzata a upravena z Geoportalu Cenia, se znázorněnými měřeními profily, které jsou označeny číslicemi 1 a 2, **Z** – závrt, **K** –vykopaný komín.

Profil č.1 (obr.-5.11) je lokalizován přibližně 4 m SV nad prokopaným komínem a je orientovaný SZ – JV směrem. Střední část profilu přetíná napříč zadní částí jeskynního systému. V této oblasti jsou nižší hodnoty měrného odporu ve srovnání s vysokými hodnotami okolních vápencových bloků. Z tohoto důvodu byla centrální část profilu určena jako zlom. Výplň komínu v této lokalitě obsahovala velké množství vápencových balvanů, které vysvětluje zvýšenou hodnotu měrného odporu sedimentů v centrální části profilu. Hranice sediment (vodivý) – vápenec je 600 - 800 Ω / m .

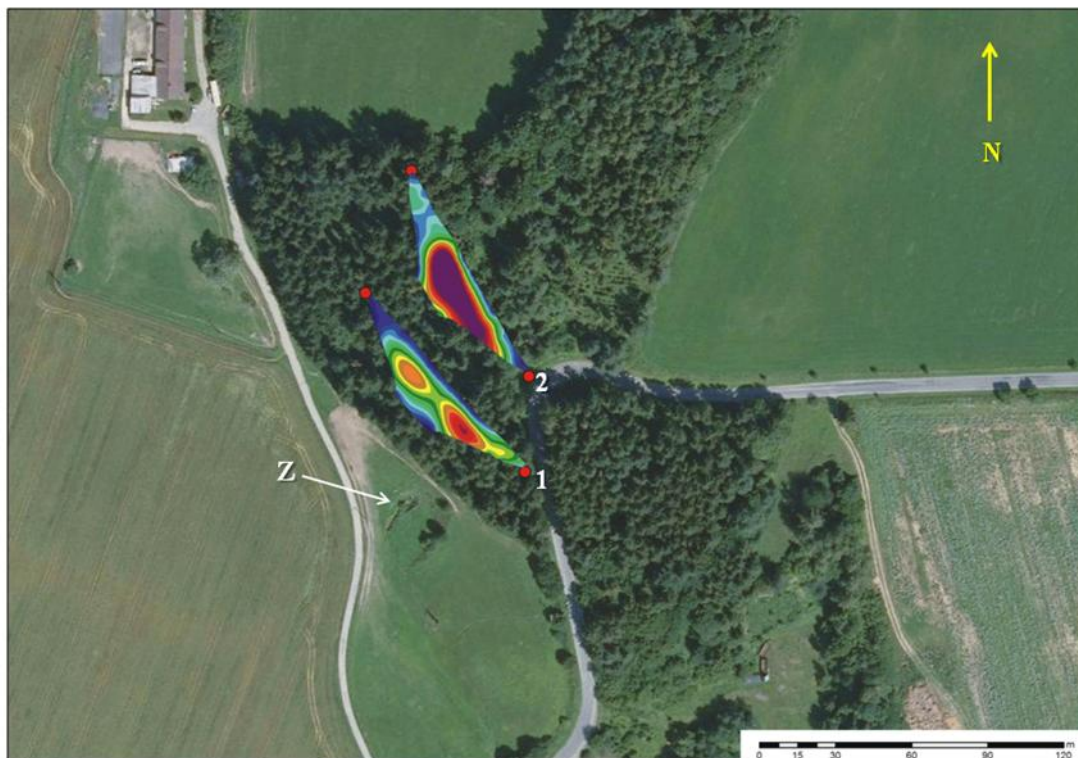


Obr.-5.11. Profil č.1- jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3 m. **S** – sedimenty (vodivé), **V** – vápenec a **Z** – zlom. **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°38'11,8'', E016°53'46,5'' k- N49°38'15,1'', E016°53'43,8''

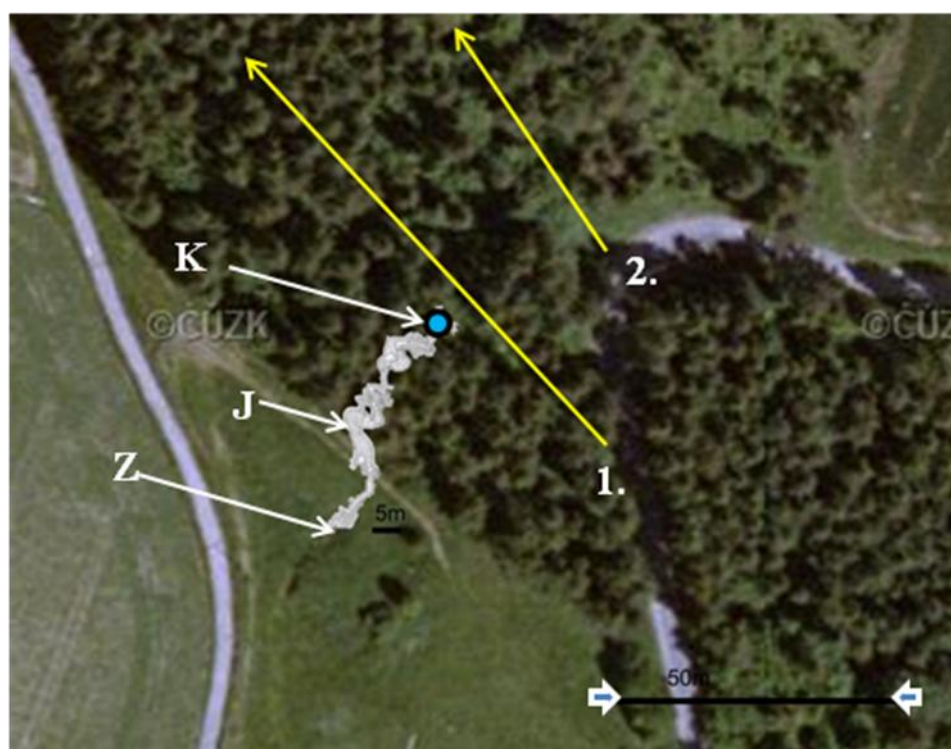
Profil č.2 (obr.-5.12) je lokalizován sv. směrem 30 m nad profilem č.1 a je orientován SSZ – JJV směrem. Na tomto profilu je patrný pouze vápencový masív a kvartérní sedimenty. Hranice sediment (vodivý) – vápenec je 600 - 800 Ω / m.



Obr.(5.12) Profil č.2 - jedná se o 93 m dlouhý profil s rozstupem elektrod 3 m. **S** – sedimenty (vodivé), **V** – vápenec, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z - N49°38'14,4'', E016°53'49,2'' k- N49°38'17,4'', E016°53'43,6''



Obr.-5.13- Ortofotomapa převzata a upravena z Geoportalu Cenia s profily č.1 a č.2, **Z** – závrť.

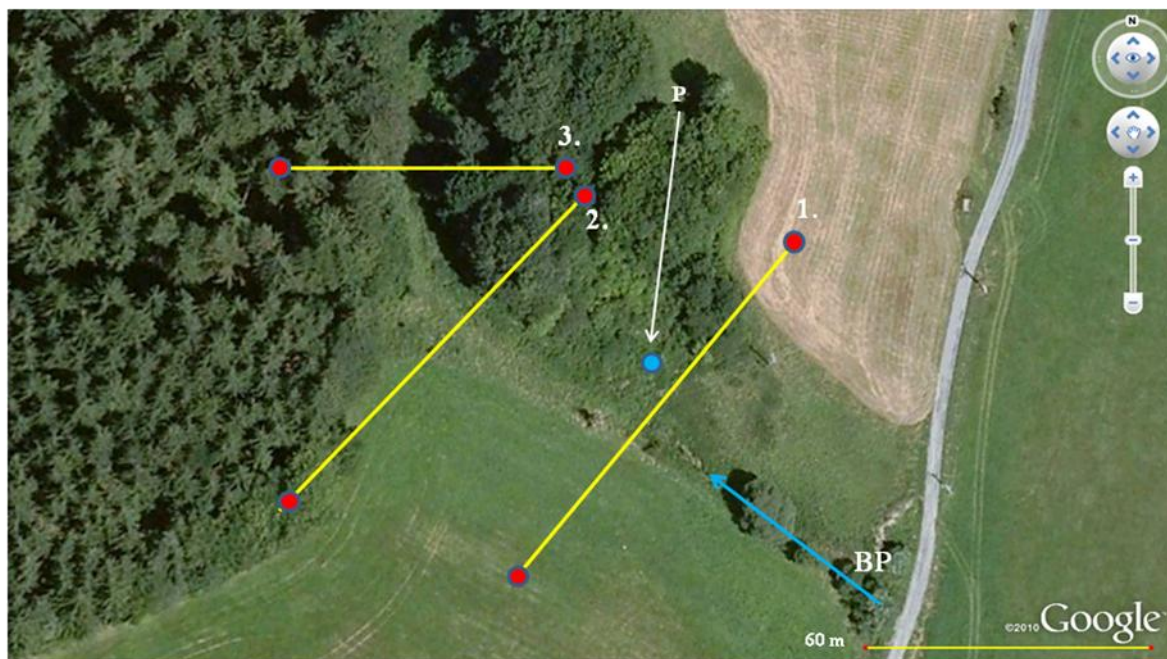


Obr.-5.14- Letecký snímek lokality Suchý žleb, převzatý a upravený z www.styberk.wz.cz, **1.** a **2.** jsou vyznačené směry profilu, **J** – náčrt jeskynního systému (původní), **K** - vykopaný komín na konci jeskynního systému označený modrým bodem, **Z** - závrť. Přibližná orientace fotografie je na S.

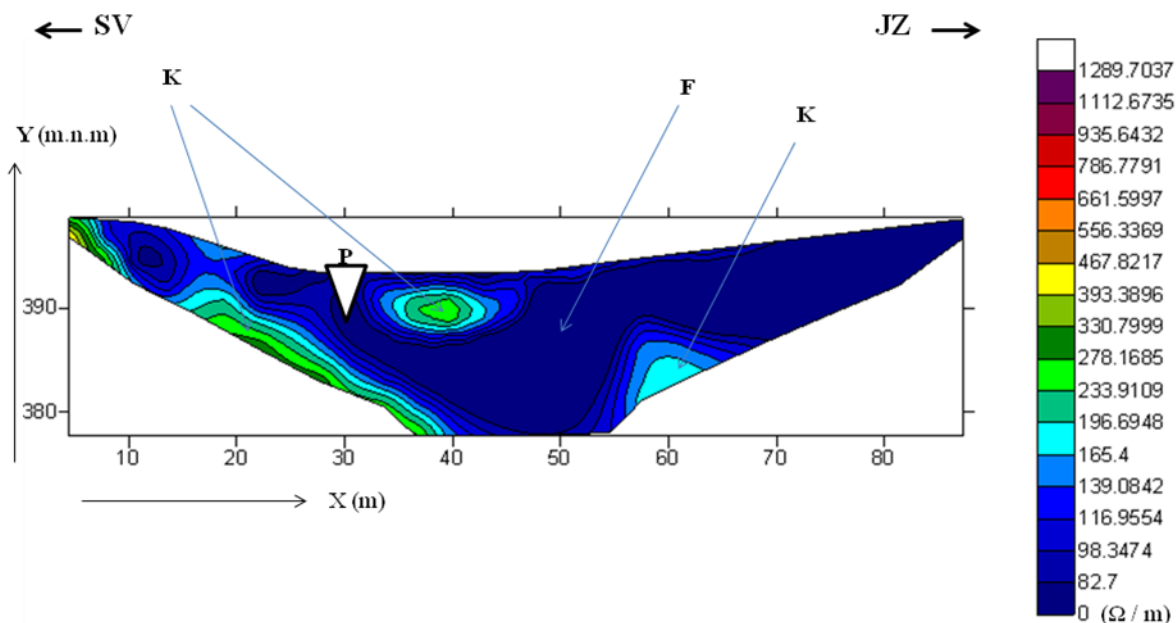
Na profilu č.1, který je měřen 4 m za vykopaným komínem jeskynního systému, je prokazatelný zlom, který navazuje na jeskynní systém. Tento zlom vykazuje vyšší míry měrného odporu výplně (600-1000 Ω / m), což je pravděpodobně způsobeno vyšší příměsí vápencových balvanů a drti, která je patrna z materiálu odstraněného z vykopaného komína. Profil č.2 nepotvrdil další pokračování zlomu SV směrem, což může být způsobeno nedostatečným vertikálním dosahem či příliš vysokým měrným odporem u zjištěného homogenního vápencového masivu. Další možnost pokračování puklinového systému je na V, směrem pod silnicí, což by vyžadovalo náročný a značně komplikovaný průzkum vzhledem k přítomnosti silnice. Pokračování puklinového systému na Z je nepravděpodobné díky přítomnosti velkého množství vodivých sedimentů s měrným odporem (0-600 Ω / m). Na (obr.-5.13 a 14) jsou zobrazeny profily v návaznosti na jeskynní systém.

5.3 Ponor „U Transformátoru“ lokalita Špraněk

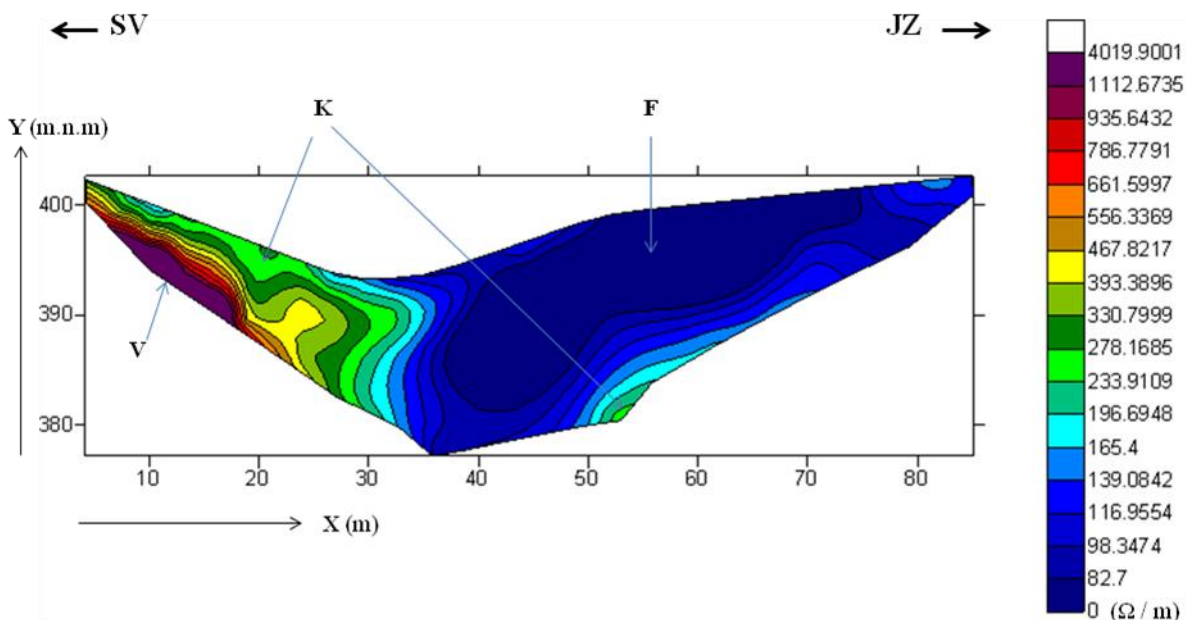
Tato lokalita (obr. 5.15), je v zájmu speleologické organizace ČSS 7-03 „Javoříčko“ se sídlem v Březině. Jedná se o neprozkoumanou lokalitu. Profily budou dále popsány (obr.-5.16,17 a 18)



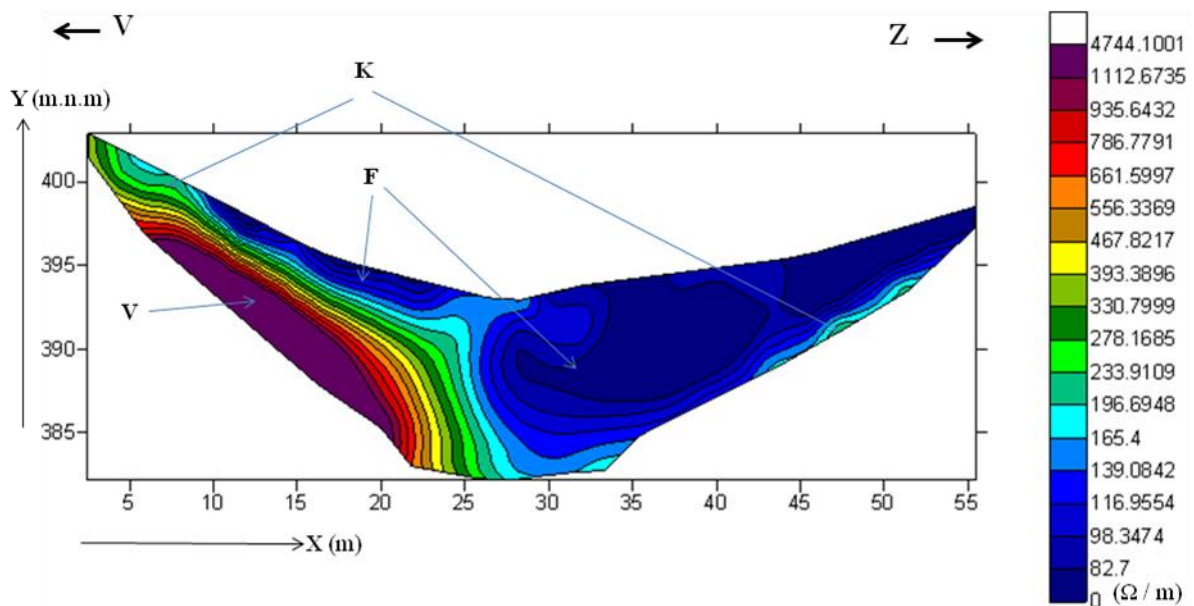
Obr.-5.15- Ortofotomapa lokality Špraněk, převzata a upravena z Google Earth, s vyznačenými profily č.1,2,3. **P** – ponor, **BP** – Bystříčský potok, žlutá rýska na spodní hraně označuje vzdálenost 60 m.



Obr.(5.16) Profil č.1, jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3 m. Je orientován SV –JZ směrem. **F** – fluviální sedimenty, **K** – kulmské sedimenty (?), **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, **P**- ponor (4 m SZ ve stejné úrovni), barevná škála uvádí měrný odpor v (Ω / m), šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'12,6'', E016°55'07,4'' k- N49°40'10,7'', E016°55'03,9''



Obr.(5.18) Profil č.2, jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3 m. . Je orientován SV –JZ směrem. **F** – fluviální sedimenty, **K** – kulmské sedimenty, **V** - vápenec, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor v (Ω / m) a přechod měrného odporu kulmských sedimentů – vápenec je přibližně 600 – 700 (Ω / m), šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'13,0'', E016°55'06,4'' k- N49°40'10,9'', E016°55'6207''



Obr.(5.19) Profil č.2, jedná se o 62 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 2 m. . Je orientován V – Z směrem. **F** – fluviální sedimenty, **K** – kulmské sedimenty (?) **V** - vápenec , **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor v (Ω / m) a přechod měrného odporu kulmských sedimentů – vápence je přibližně 600 – 700 (Ω / m), šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°40'13,3'', E016°55'05,8'' k- N49°40'12,7'', E016°55'02,8''

Na profilu č.1, který je měřen 4 m před ponorem, jsou patrné pouze fluviální a nezpevněné sedimenty s podobnými, velmi nízkými, hodnotami měrného odporu. Na sv. straně profilu přechází sedimenty pravděpodobně v kulmské sedimenty či značně zvětralé vápence, vykazující hodnoty měrného odporu (300 – 400 Ω / m). Na profilu č.2 je v sv. části profilu je patrný vápenec s hodnotami měrného odporu vyšším než (600 Ω / m), na nějž pravděpodobně navazují kulmské sedimenty, které se rovněž objevují ve spodním rúžku jz. části profilu. Zbytek profilu vyplňují fluviální sedimenty. Profil č. 3 vykazuje téměř identické vlastnosti jako profil č.2. Na žádném profilu nejsou patrné žádné strukturální jevy při vertikálním dosahu větším než 10 m, které by naznačovaly podzemní prostory, kde by docházelo k odvodňování Bystřičského potoka. Existuje zde možnost odvodnění Bystřičského potoka SSZ směrem do vápencového masivu, což by vyžadovalo rozsáhlejší průzkum, který by byl výrazně znesnadněn hustým podrostem a nevhodným terénem pro měření.

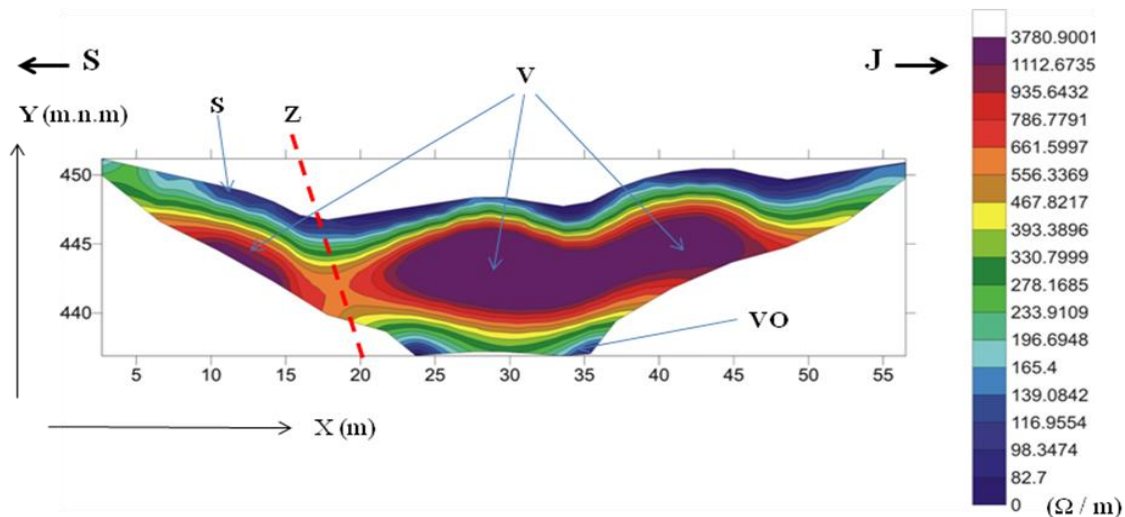
5.4 Vývěr „Andělíčka“ lokalita Průchodnice

Tato lokalita, (obr.-5.20), byla vybrána pro interpretační a kalibrační účely, rovněž pro výběr vhodné měřicí metody. Byly zde změřeny dva profily, které budou později popsány (obr. 5.21 a 5.22). Umístění profilu bylo vybráno tak, aby vývěr odpovídal přibližnému středu profilu.



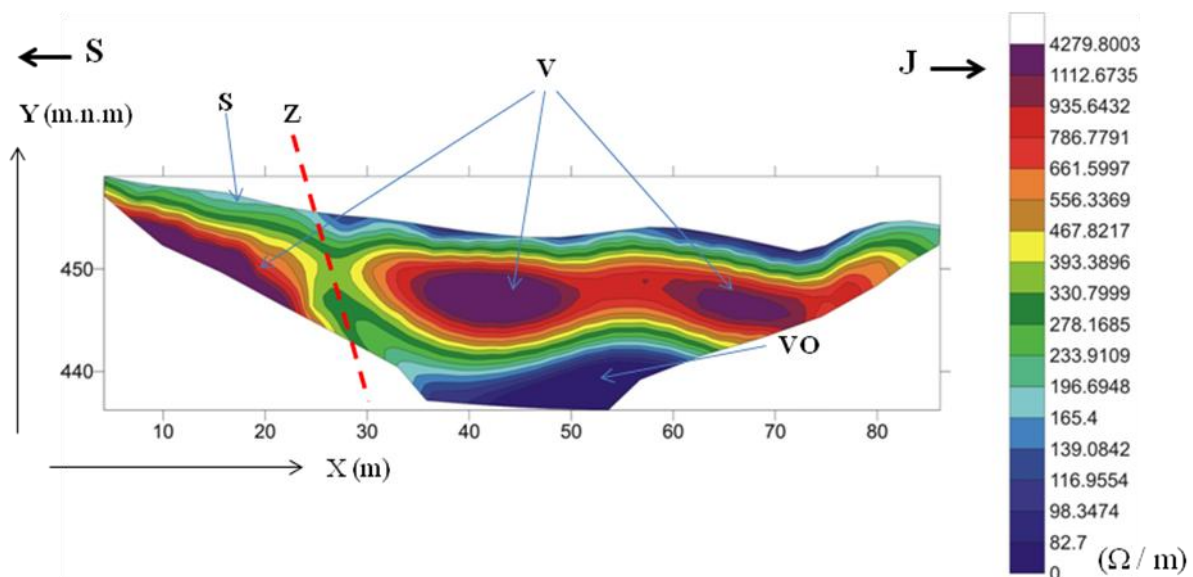
Obr.-5.20- Ortofotomapa lokality Průchodnice, převzata a upravena z Google Earth. Na mapě je znázorněn profil č.2, který je orientován S –J směrem, profil č.1 probíhá ve stejném směru. Jedná se však o kratší profil, proto zde není znázorněn. V –vývěr.

Profil č.1 (obr.-5.21) Je orientován S–J směrem. Na profilu je patrný zlom související s jeskynním prostorem, který je ukloněn k J. Na povrchu jsou patrné kvarterní sedimenty ($0-200 \Omega / m$), sedimentární výplň zlomu vykazuje hodnoty měrného odporu ($200-600 \Omega / m$) a vápence (600 a více Ω / m). Ve spodní části profilu je patrná oblast s nízkými hodnotami měrného odporu, což by mohla být vodní hladina vývěru.



Obr.-5.21- Profil č.1 , jedná se o 62 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 2 m. **S** – vodivé sedimenty, **VO** – vodní hladina (?) **V** - vápenec , **Z** –zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y**- nadmořská výška v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor ν (Ω / m), šipky v horních rozích označují světové strany. GPS z- N49°38'30,4'', E016°53'37,3'' k- N49°38'29,2'', E016°53'35,0''.

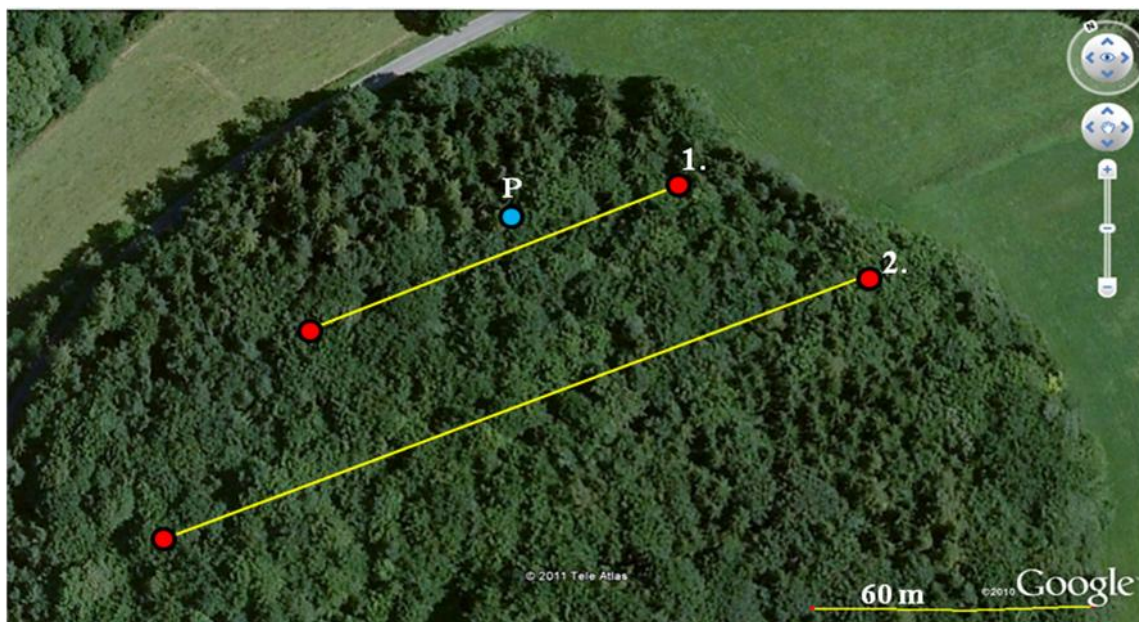
Profil č.2 (obr. 5.22) Je orientován S–J směrem a mimo větší délku je totožný s profilem č. 1. Tento profil díky většímu rozestupu elektrod (nižší rozlišení) vykazuje nepatrně vyšší hodnoty měrného odporu na stejných etrukturách, což byl důležitý poznatek při interpretaci ostatních profilů.



Obr.-5.22- Profil č.2 , jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3 m. Je orientován S –J směrem. **S** – vodivé sedimenty, **VO** – vodní hladina (?) **V** - vápenec, **Z** –zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor ν (Ω / m) šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°38'30,5'', E016°53'37,8'' k- N49°38'29,3'', E016°53'33,9''

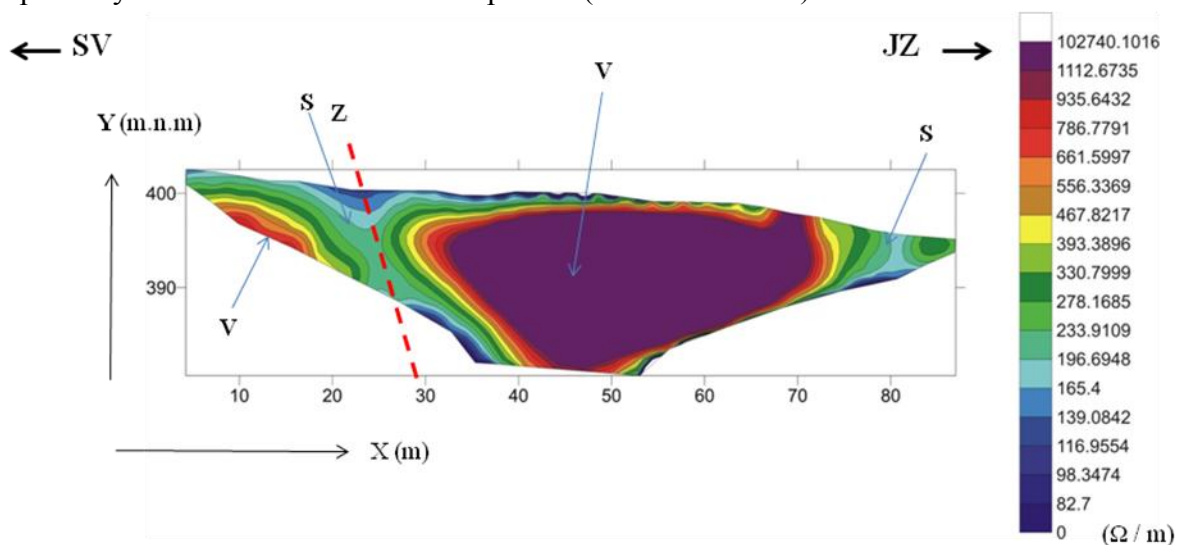
5.5 Jeskyně „Liščí díra“ lokalita Průchodnice

Tato lokalita (obr.-5.23), byla vybrána pro interpretační a kalibrační účely, rovněž pro výběr vhodného způsobu měření. V této lokalitě byly změřeny dva profily, které budou dále popsány. Umístění profilu bylo vybráno tak, aby portál odpovídal přibližnému středu profilu (obr.-5.24 a25)



Obr.-5.23- Ortofotomapa lokality Průchodnice s profily č.1 a 2, převzatá a upravena z Google Earth. **P** – portál jeskyně.

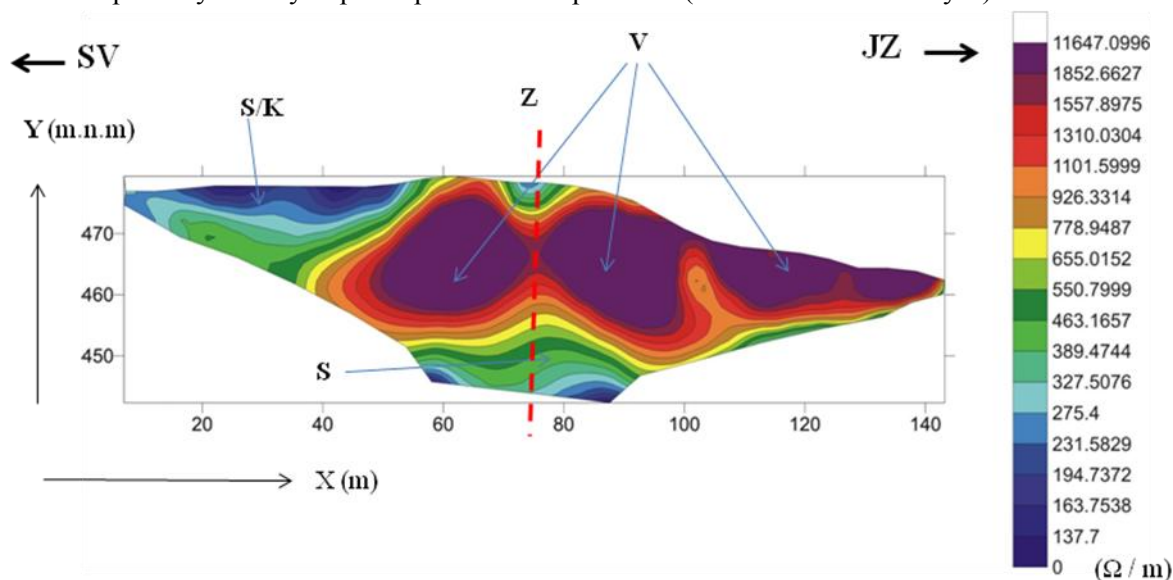
Profil č.1 (obr.-5.24) Je orientován SV –JZ směrem. Na profilu je patrný zlom (ukloněný jz.), který navazuje na jeskynní prostory vyplněné sedimenty ($100\text{--}600 \Omega / \text{m}$), vápencový masív ve střední a sv. části profilu (600 a více Ω / m).



Obr.-5.24- Profil č.1., jedná se o 93 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 3 m. Je orientován SV –JZ směrem. **S** – vodivé sedimenty, **V** - vápencový masív, **Z** –zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška

v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor v (Ω / m), šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°38'41,2'', E016°53'55,0'' k- N49°38'43,4'', E016°53'51,4''.

Profil č. 2 (obr.-5.25) je měřen 40 m JV od profilu č.1 a je orientován SV –JZ směrem. Na tomto profilu jsou patrné vyšší hodnoty díky velkému rozestupu elektrod (5 m). Z tohoto důvodu lze předpokládat zlom v centrální části profilu. V sv. část profilu jsou pravděpodobně zachyceny kulmské sedimenty a ve spodní části profilu mohou být díky nízkému měrnému odporu sedimenty vyplňující podzemní prostory. Měrný odpor vápence začíná přibližně (700 – 1000 Ω / m a výše).



Obr.(5.25) Profil č2., jedná se o 155 m dlouhý profil s rozestupem elektrod 5 m. **S** – vodivé sedimenty, **S/K** – kulmské sedimenty (?), **V** - vápence, **Z** –zlom, **X** – vzdálenost (m), **Y** – nadmořská výška v m.n.m, barevná škála uvádí měrný odpor v (Ω / m), šipky v horních rozích značí světové strany. GPS z- N49°38'40,2'', E016°53'55,0'' k- N49°38'43,1'', E016°53'49,2''

V lokalitách Průchodnice na vývěru „Andělčička“ a jeskyně „Liščí díra“ byla prováděna měření především pro interpretační a kalibrační účely a dále k výběru vhodného způsobu měření. V těchto lokalitách byly vyzkoušeny odlišné délky profilů a rozdílné rozestupy elektrod. Nejvhodnější délka profilu se ukázala 93 m, s rozestupem elektrod 3 m, což byl vhodný poměr pokryté délky, vertikálního dosahu a dostatečného rozlišení struktur. Jako vhodné se ukázaly také profily s větší délkou, pokud to terén umožnil (117m i delší při rolování) s rozestupem elektrod 3 m. U profilů dlouhých 62 m byl nejčastější nedostatek malý rozsah, díky čemuž mnohdy nebyly dostatečně patrné měřené struktury i přes větší rozlišení, Tato metoda se ukázala jako vhodná v lokalitě Špraněk „U Transformatoru“, profil č.3, z důvodu malého prostoru, i přes malé, zde bylo dosaženo dobrých výsledků. V lokalitě Průchodnice byl změřen profil dlouhý 155 m s rozestupem elektrod 5 m. Tento způsob měření sice poměrně rychle pokryje velkou vzdálenost, ale jeho horší rozlišení je vhodné spíše pro určení velkých struktur či odhalení struktur pro další přesnější proměření. Tyto profily rovněž

sloužily jako vzor pro porovnávání a interpretaci struktur v lokalitách s neznámými strukturními tvary.

5.6 Interpretace výsledků

V oblasti konicko-mladečského pruhu a jeho okolí převažují dvě základní orientace hlavních zlomových linií. První zlomová linie je orientována SSV – JJZ (Kladecko-kadeřínská linie), druhá linie je orientována přibližně SZ – JV směrem, která odpovídá nectavsko-konickému zlomovému pásu (Bábek et. al. 2006). V oblasti Javoříčského krasu, který náleží do konicko-mladečského pruhu, je výskyt takto orientovaných struktur velice častý. Jelikož, se jeskynní systémy vyvíjejí především na základě puklinových systémů a soustavy foliací (Panoše, 1987), lze předpokládat, že naměřená data z jeskyně „Za Hájovnou“ jsou typickým příkladem zlomových linií v této oblasti. Tato měření rovněž odpovídají závěrům práce Kadlčíkové (2005), kde uvádí, že 36% ploch foliace je orientováno SSV – JJZ až SV-JZ směrem. Tato orientace odpovídá 35.5% z celkového počtu chodeb v Javoříčském krasu. Převažující směr puklin v tomto území je ZSZ – VJV, kterému odpovídá 33% ploch puklin v podzemí a 27.5% os chodeb je orientováno SZ –JV směrem. (Kadlčíková, 2005). Většina z uvedených směrů orientace struktur se projevuje ve všech měřených lokalitách kromě lokality Špraněk „U Transformátoru“, což nasvědčuje správnosti interpretovaných dat.

6. Závěr

Tato práce byla zaměřena na průzkum mělkých podpovrchových krasových jevů s důrazem na proměření vybraných endokrasových útvarů v okolí Javoříčka. Bylo vybráno 5 lokalit, na kterých byl proveden průzkum. Dvě z těchto lokalit sloužily ke srovnávacím a interpretačním účelům.

V první lokalitě Brablenec se podařilo zmapovat hlavní směry struktur, které navazují na levou část jeskynního systému „Za Hájovnou“. Tyto struktury dosahují až několikametrových příčných rozměrů a jejich orientace odpovídá jeskynním systémům a zlomům v daném okolí. Z tohoto důvodu bych doporučil pokračovat v dalším průzkumu a výkopových pracích na této části lokality.

Ve druhé lokalitě Suchý žleb „U Koní“ nebyly výsledky měření natolik průkazné, aby bylo možné potvrdit teorii o pokračování jeskynního systému **SV** směrem k lomu. Vzhledem ke značným terénním omezením byly změřeny pouze dva profily, z čehož na druhém profilu nebylo možné určit a potvrdit pokračování struktur. Pro lepší výsledky měření v této lokalitě by bylo vhodné využít další geofyzikální metody a provést podrobnější průzkum dané lokality.

Ve třetí lokalitě Špraněk „U Transformátoru“ nebyly i přes vertikální dosah měření přesahující 10 m nalezeny žádné náznaky podzemních prostor, které by potvrdily teorii o odvodňování Bystřického potoka. Vzhledem k výsledkům měření bych v této lokalitě nedoporučoval provádět výkopové práce bez dalšího podrobného průzkumu.

V lokalitě Průchodnice u vývěru „Andělička“ a jeskyně „Lyščí díra“, které byly vybrány pro interpretační a pokusné účely, se podařilo identifikovat měřené struktury. Výsledky těchto měření sloužily k interpretaci profilu na lokalitách 1, 2 a 3, které byly vybrány speleology.

Přestože smyslem této práce je prokázat schopnost měření struktur podmiňujících vznik krasových jevů v lokalitách a interpretace naměřených dat, její výsledky mohou být využity především speleologickou organizací ČSS 7-03 „Javoříčko“ pro plánování dalších výkopových prací v dané oblasti a rovněž jinými skupinami či odborníky zabývajícími se touto problematikou. Tuto práci lze rovněž využít jako interpretační zdroj pro multielektroodporové profilování v této oblasti.

7. Literatura

Bábek, O., (1995): Stratigrafie a korelace pánevního vývoje karbonátů konického paleozoika. Dizertační práce, 2-3, Brno.

Bábek, O., (1996): Thinning and fining upward megasequences in Middle Devonian carbonate slope deposits, Moravia (Czech Rep.), - N. Jb. Geol. Päläont., Abh. 202: 409 - 432.

Bábek, O., (1997): Microfacies analysis of Devonian to Lower Carbonates and its impact on the interpretation of internal architecture of the Konice-Mladeč Belt. Moravia, Czech Republic. J. Geol. Soc., 42 (1 – 2): 59 – 73. Brno

Bábek, O., (2001b): Konodontová biostratigrafie vápenců přechodního (lumírovského) vývoje na území konicko-mladečského pruhu, Dražanská vrchovina. – Přírodovědné studie Muzea Prostějovska, 4, 17-30. Prostějov.

Bábek, O., Tomek, Č., Melichar, R., Kalvoda, J., Otava, J., (2006): Structure of unmetamorphosed Variscan tectonic units of the southern Moravio-Silesian zone, Bohemian Massif, (a review), - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 239: 37 – 75, Stuttgart

Crha, J., et al., (1989): Souhrnná závěrečná zpráva vyhledávacího průzkumu (1. – 4. fáze). Ponikev-Vojtěchov, arch sp UNIGEO, Brno.

Czudek, T., Demek, J., Panoš, V., Seichterová, H., (1962a): Periglaciální zjevy ve spraších střední části Hornomoravského úvalu. Antropozoikum, 11/1961, s. 185-192. Praha.

Demek, J. et al. (1965): Geomorfologie Českých zemí. Academia, 335 s, Praha.

Demek, J., et al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR: Hory a nížiny. – Academia, 584, Praha.

Dvořák, J., (1987): Paleozoikum Dražanské vrchoviny a jeho JV okolí, (MS), Geofond, Praha

Dvořák, J., a Freyer, G., (1966): Zpráva o řešení stratigrafie devonu a spodního karbonu němčicko-vratíkovské zóny moravského paleozoika. – Zpr. geol. Výzk., 1964:177 - 178. Praha.

Dvořák, J., a Freyer, G., (1968): Das Paläozoikum im mittleren Teil der Dražaner Höhe (Mähren). – Geologie, 2: 703 – 719

Dvořák, J., a Pták, J., (1963): Geologický vývoj a tektonika devonu a spodního karbonu Moravského krasu.- Sbor. Geol. Věd, Geologie, ř. G, 3: 49-84.

Havlíček, V., a Mergl, M., (1990): Lower devonian brachiopods at Petrovice (Dražany Upland, Moravia). – Čas. Mineral. Geol., 35: 225 -238, Praha.

Hladil, J.,(1993): Korálové datování devonských vápenců na konicku (V. od Javoříčka) a u Leskovce (JJZ. od Horního Benešova),- Zpr. Geol. Výzk., 1990: 55, Praha

Chlupáč, I., (1959): K stratigrafii drahanského vývoje moravského devonu. – Věstník Ústředního Ústavu geol., 35: 329 – 332, Praha

Chlupáč, I., (1960): Orientační výzkum několika menších výskytů devonu na drahanské vrchovině. – Zpr. geol. Výzk., 89 – 95, Praha.

Chlupáč, I., (1965): Fortschritte in der Stratigraphie des Mährischen (Ostsudetischen) Devons, - Geol. Rdsch., 54: 1003 – 1025. Praha.

Chlupáč, I., a Svoboda, J., (1963): Geologické poměry konicko-mladečského devonu nadrahanské vrchovině. – Sbor. Ústř. Úst. geol., 28: 347 – 418, Praha.

Chlupáč, I., a Štorch, P., (1992): Regionální geologické dělení Českého masivu na území české republiky. Čas. Mineral. Geol., 37, 4, 258 – 275, Praha.

Kadlčíková, J., (2003): Inventarizace vybraných tvarů krasového reliéfu v jižní části konicko-mladečského devonu. Bakalářská práce. Olomouc

Kadlčíková, J., (2005): Geomorfologická charakteristika a korelace endokrasu a exokrasu v okolí Javoříčka s využitím metody GIS, Javoříčský kras, konicko-mladečský pruh, Diplomová práce, 73 – 76, Olomouc.

Kettner, R., (1965): K tektonice konicko-mladečského devonu na Drahanské vrchovině, Věstník ÚÚG, roč. XL, 6, 461 – 466. Praha.

Klostroň, K., (1949): Příspěvek k řešení otázky soustavy ponorných vod severomoravského krasu. Československý kras, 6., s 143-156, Brno.

Musil, R., (2005): Jeskyně Za hájovnou, vyjímečná lokalita Javoříčský kras, Morava, Přírodovědné studie Muzea Prostějovska, 8., s. 11 – 39, Prostějov.

Mussett, A., E., & Khan, M., A, (2000): Looking into the Earth, An introduction to geological geophysics. Subpart 1.5, 181- 200, Cambridge.

Panoš, V., (1955 b): Jeskyně severomoravského krasu. Státní tělovýchovné nakladatelství. s 150. Praha.

Příručky pro RES2DINV Geotomo Software

Svoboda, J., Prantl, F., (1951): Příspěvek ke stratigrafii devonských bradel na Drahanské vysočině, Věstník ÚÚG, r. 26, 5, 263 – 273, Praha.

Svoboda, J., Prantl, F., (1954): Stratigraficko tektonický výzkum devonských bradel na Drahanské vysočině, Zpráva geol. výzkumu, 194 – 198, Praha.

Svoboda, J., et al., (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200000 M-33-XXIII Česká Třebová s 245. Praha.

Svoboda, J. et al. (1964): Regionální geologie ČSSR, český masív, algonkium - kvartér. – NČSAV, Praha.

Synek, J., (1999b): Devonian and Lower Carboniferous limestones in the southernmoast part of the moravian Karst. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 84: 89 – 96.

Synek, J., (2000): Carbonates of the Devonian Transitional Development in the Surrounding of Valchov (Němčice-Vratíkov Belt, Drahaný Upland). – Geolines, 10: 72.

Tomica, A., (2001): Zpráva o nových objevech v lokalitě "Za hájovnou". archiv AOPK ČR, oddělení ochrany jeskyní, s. 45-46. Praha.

Uživatelské příručky pro přístroj ARES v 5.3 od společnosti Gf instruments

Witten, A., J., (2006): Handbook of Geophysics and Archeology, Chapter – 13, 299 – 317, London

Zukalová, J., (1966): Výzkum konodontů v Nížkém Jeseníku a na Drahanské vrchovině.– Zpr. geol. Výzk. 1966: 170 – 172, Praha.

Zukalová, V., Kalvoda, J., Galle, A. a Hladil, J., (1981): Biostratigraphy of Paleozoic rock in deep boreholes southeast Brno, Zemní plyn Nafta, 2: 7 – 30.

Zukalová, V., a Chlupáč, I., (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. Čas. Mineral. Geol., 9 (3): 225 – 247, Praha

Internetové zdroje:

www.styberk.wz.cz

www.heritagegeophysics.com/images/lokenote.pdf (Loeke, M.,H., 1999) Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, A practical guide to 2-D and 3-D surveys.

www.mapy.cz

www.styberk.wz.cz

www.geoportal.cenia.cz

maps.google.com

8. Summary

This graduation thesis is focused on shallow subsurface carst structures near Javoříčko and it emphasises on chosen endocarst structures and their surveying with use of resistivity tomography.

The first section contains literary research of the geological characterization of Drahan Upland, the stratigraphy of pre-orogenic successions in the Moravia-Silesian zone, geomorphological determination and characterisation of the area and electrical tomography imaging with electricity. The second section describes and analyses the exploration methods used during the survey and it's interpretation results.

These results should help to local speleological organization ČSS 7-03 „Javoříčko“ in their investigation of caves and endocarst structures near Javoříčko. This graduation theses may also help other groups or students interested in studying the locality Javoříčko carst.