

Technická specifikace geofyzikálních prací.

OBLAST ČIHADLO

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Geofyzikální metody pro výzkum lokalit	2
3. Geologická stavba oblasti	7
4. Přehled požadovaných profilů a kombinace použitých geofyzikálních metod s popisem geologických fenoménů	12
5. Požadované finální výstupy	20
6. Nakládání s daty.....	21
7. Časový harmonogram prací	22
8. Zpracování nabídkové ceny	22

1. ÚVOD

Výběr lokalit pro umístění hlubinného úložiště je třeba v souladu s doporučeními IAEA a směrnicí Rady EU pro nakládání s VJP a RAO provádět postupnými kroky, jejichž důležitou a nedílnou součástí je výzkum geologické stavby, sloužící jako jeden z kroků pro zpracování bezpečnostní analýzy každého území.

Důležitou technikou, sloužící k poznání horninového prostředí, je komplex geofyzikálních metod. Tyto metody jsou - jako jedny z mála technik nemajících charakter zvláštního zásahu do zemské kůry - schopny identifikovat geometrii základních horninových celků, směry a sklony jejich hranic, tektoniku ve studované oblasti i homogenitu horninového prostředí.

Za tímto účelem Zadavatel zadává dále uvedené geofyzikální a další výzkumné práce, jež následně – v kombinaci s daty povrchové geologie, geochemie, geomechaniky aj. - slouží k tvorbě geologického a hydraulického 3D modelu, zjištění homogenity horninového prostředí a kvantifikaci míry jejich křehkého porušení.

Veškeré požadované práce mají charakter prací výzkumných.

Zadavatel stanovuje provedení prací ve dvou na sebe navazujících časových periodách. V rámci první periody (předpokládaná většina prací v průběhu roku 2017 - 2018) Zhotovitel provede měření na níže uvedených profilech s cílem objasnit geologické fenomény uvedené u popisu každého profilu a komplexem geofyzikálních metod stanoveným v zadávací dokumentaci. Geofyzikální práce, jež budou součástí třetí periody (předpokládaná většina prací v průběhu roku 2019), nejsou v současné chvíli lokalizovány a jejich lokalizace i kombinace metod vyplyne ze zjištění měření provedených v periodě první. Bude se jednat zejména o ověření nově nalezených struktur, případně o detailní měření uzlových bodů tektonické stavby území. Objem geofyzikálních prací je uveden v tabulce

rozpočtu v podobě požadovaných bodů či kilometrů profilů tou kterou metodou a zahrnuje v sobě práce obou zmíněných period.

Na veškerých pracích zadaných Zadavatelem tímto výběrovým řízením bude Zhotovitel spolupracovat s Českou geologickou službou (dále ČGS), která je jako státní příspěvková organizace zřízená dle zřizovací listiny (Opatření č. 4/12 Ministerstva životního prostředí č. j. 7645/ENV/12) za účelem výkonu státní geologické služby ve smyslu par. 17 zákona 62/1988 Sb. „O geologických pracích“.

Zadavatel si vymíní právo v odůvodněných případech a na podkladě geologických zjištění pracovníků České geologické služby, formulujících geologické zadání a zajišťujících implementaci geofyzikálních měření do příslušných geologických modelů, změnit délku či průběh měřených profilů stejně tak jako komplex geofyzikálních metod.

2. GEOFYZIKÁLNÍ METODY PRO VÝZKUM LOKALIT

Metodika geofyzikálního měření pro výzkum lokalit hlubinného úložiště je zaměřena především na posouzení homogenity horninového prostředí, příp. charakteru jeho porušení na povrchu i ve větších hloubkách (řádově stovky metrů až kilometry). Základními metodami jsou elektrické odporové, elektromagnetické a seismické metody v kombinaci s tíhovými daty. Tyto mohou být kombinovány s magnetometrií podle fyzikálních vlastností daných litologických typů v horninovém masívu.

GEOELEKTRICKÉ ODPOROVÉ METODY

Odporové metody jsou používány ve dvou variantách - při profilování se sledují změny odporů v horizontálním směru podél geofyzikálního profilu, při sondování ve vertikálním směru pod měřeným bodem. Odporovými metodami jsou určovány odporové poměry v různých místech a hloubkách měření na povrchu země. Proudovými elektrodami AB je do země vháněn proud I , měřicími elektrodami MN se měří vzniklé napětí. Hodnoty I a ΔV jsou měřeny odporovými aparaturami, z nichž se počítá měrný odpor (rezistivita) hornin ρ_z .

Měrné odpory hornin (rezistivita) jsou závislé jednak na litologii hornin, jednak na jejich stavu. Kompaktní neporušené (krystalické) horniny se projevují nevodivě (vysoký měrný odpor), porušené horniny mají odpory i o více než řád menší, protože mají vyšší poróznost, která je nasycena podzemní vodou.

Odporové profilování (OP)

Dipólové odporové profilování (DOP) je jednou z variant odporového profilování, které mapuje kontakty hornin o různých odporech a strmé geologické vodiče, např. tektonické poruchy a zlomové systémy, které mají vyšší poróznost díky drcené zóně nebo jsou vodivé díky nasycení vodou popř. živce a další minerály bývají rozloženy na vodivé jíly. Při této variantě profilování se pohybuje

celé elektrodové uspořádání ABMN ($BM > AB = MN$). DOP je univerzální a nejefektivnější odporovou metodou jak z hlediska terénní metodiky, tak i z hlediska ekonomického. Rozměry uspořádání jsou voleny podle požadavku hloubkového dosahu h_{ef} (efektivní hloubka). Předpokládá se, že hloubkový dosah je obecně roven $AM/2$, je však závislý na odporových poměrech.

Podobné výsledky jako DOP má také varianta *kombinovaného odporového profilování* (KOP) a varianta *kombinovaného středového gradientu* (KSG). Výhodou těchto variant je jednodušší, příp. i jednoznačnější interpretace dat. Značnou nevýhodou je však těžkopádnost terénní metodiky, protože vyžadují i několik kilometrů vzdálené uzemnění jedné proudové elektrody, tzv. nekonečna C_{∞} . V metodě KOP se kromě elektrody C_{∞} všechny ostatní elektrody pohybují v konstantní vzájemné vzdálenosti podobně jako v metodě DOP a tím je zajištěn její konstantní hloubkový dosah. V metodě KSG jsou proudové elektrody AB stabilně uzemněny v dostatečně velké vzdálenosti od sebe (vyšší stovky m až km) a tak je zajištěn ve středu uspořádání velký hloubkový dosah (i první stovky m), mnohem menší dosah je však v blízkosti stabilních uzemnění A a B.

Odporové sondování (VES)

Odporové vertikální elektrické sondování (VES) slouží k určení změn měrných odporů prostředí s rostoucí hloubkou. Při měření VES se používá tzv. Schlumbergerovo symetrické uspořádání AMNB, $MN \ll AB$. Hloubkový dosah h_{ef} je řízen vzdáleností proudových elektrod AB od středu uspořádání, obecně se předpokládá, že hloubkový dosah je roven $AB/4$, v konkrétních podmínkách je silně závislý na odporových vlastnostech horninového prostředí a jeho homogenitě.

Závislost odporu na poloviční vzdálenosti proudových elektrod $AB/2$ se nazývá odporovou křivkou VES. Automatizovanou interpretací křivek VES na PC lze určit mocnosti sedimentárních vrstev a hloubku rozhraní vrstev pod měřeným bodem, pokud se odporově liší od svého nadloží a podloží, nalezením teoretického modelu, jehož odporový projev se nejlépe shoduje s měřenými hodnotami. Výsledkem interpretace VES v daném bodě je vertikální odporový profil, při měření série bodů VES podél profilu lze tak sestavit 2D odporový řez.

Multielektrodová metoda (ERT)

Odporová metoda **ERT** (*electrical resistivity tomography*) je moderní geoelektrická metoda, která kombinuje automatickým způsobem odporové sondování a profilování. Při terénním měření je položen speciální mnohažilný kabel (multikabel), k němuž je připojeno velké množství elektrod. Řídící jednotka se pak podle zvolené metody automaticky připojuje postupně k elektrodám a na vybraných párech elektrod měří elektrické napětí a proud. Takto se proměří všechny možné páry a rozestupy zvolené metody a data uloží do paměti přístroje. Výsledkem měření a zpracování dat je pak interpretovaný detailní 2D odporový řez pod měřeným profilem, který je sestaven vhodným softwarem. Metoda zjišťuje odporové změny prostředí jak v horizontálním tak vertikálním směru. Pro dosažení srovnatelného hloubkového dosahu jako při odporovém sondování je třeba použít velké množství elektrod a dlouhé kabely. Roste tím časová a ekonomická náročnost měření.

ELEKTROMAGNETICKÉ METODY (EM)

Metoda velmi dlouhých vln (VDV)

Elektromagnetická geofyzikální metoda velmi dlouhých vln (VDV) je určena pro mapování mělkých geologických vodičů. Využívá stávající elektromagnetické zdroje - vojenské navigační stanice pracující v intervalu frekvencí 10 - 30 kHz. Jako vodiče se většinou projevují dlouhé tektonické linie, někdy se však také jedná o mocnější úzký pruh pokryvu, resp. zvětralejšího podloží. Může se jednat i o relativní vodič, který se projevuje na kontaktu odporově kontrastních hornin.

Primární – zdrojová elektromagnetická vlna radiostanice indukuje v geologickém vodiči vířivé proudy a ty vytvářejí sekundární elektromagnetické pole, které se skládá s přichozím (primárním) polem. Měřený signál se skládá ze synfázní - tzv. reálné složky Re přijímaného signálu a fázově posunuté imaginární složky Im složky. Anomálie sekundárního pole indikují geologické vodiče do hloubek prvních desítek metrů.

Nevýhodou je, že elektrická vedení (nadzemní i podzemní) a další liniové produktovody působí rušivě. Pás cca 50 až 100 metrů široký kolem těchto rušivých vlivů je většinou pro interpretaci VDV nepoužitelný. Další nevýhodou metody VDV je to, že navigace vojenských plavidel se v nové době odklání od radiového spojení a přechází na GPS navigace a další sofistikovanější způsoby s větším hlubším dosahem.

Dipólové elektromagnetické profilování (DEMP)

Jedná se o elektromagnetické měření na frekvencích řádově kolem kHz. Přístroje (konduktometry) měří vodivost horninového prostředí, přičemž různý hloubkový dosah je zajišťován změnou vzdáleností antén (dipólů) nebo změnou vysílané frekvence, případně obojím. Hloubkový dosah tohoto měření bývá jednotky až první desítky metrů, takže uplatnění této metody je při mapování mělkých struktur. Měření je ovlivňováno blízkými umělými (i izolovanými podzemními) vodiči.

SEISMICKÉ METODY

Seismické metody sledují horninové prostředí z hlediska rozložení rychlostí šíření seismických vln a tím jeho elastických parametrů. Rychlost šíření seismických vln je materiálovým parametrem úzce spojeným s litologickým typem horninového prostředí, porozitou, charakterem výplně pórů a v neposlední řadě geomechanickým stavem sledovaného prostředí (porušením skalního masívu v tektonické zóně, intenzitou navětrání). Značný vliv na velikost rychlosti šíření má tlak, rychlost tak přirozeně narůstá s hloubkou.

Mělká refrakční seismika (MRS)

Metoda MRS (metoda lomených vln) využívá šíření lomené vlny horninovým prostředím, která podává informaci o rychlostech šíření seismické vlny v jednotlivých vrstvách. Příchod lomené vlny je v jisté vzdálenosti od zdroje seismické energie registrován jako čas prvního nasazení a

zaznamenáván jako tzv. hodochrona. Kombinací různých pozic zdrojů seismické energie a snímačů rychlosti kmitání je získán soubor závislostí času šíření na vzdálenosti od zdroje.

Tato metoda je používána pro zjištění geologické situace do hloubek max. kolem první stovky metrů, kde vzniká lomená vlna na rozhraních s rychlostním kontrastem. Umožňuje sledovat průběh tzv. refrakčního rozhraní, tj. sledovat reliéf pevného podloží (seismické rozhraní) a odlišit horniny v podloží (skalní masív), odlišit homogenní horninové prostředí a jeho stav na základě jejich pevnosti. Lokalizuje vertikální porušené zóny, tektonické linie a umožňuje určit jejich směr do hloubky.

Ze záznamů závislosti času příchodu signálů ke geofonům na vzdálenosti od bodů úderů (hodochron) je možné interpretovat seismické řezy. Tyto tzv. hloubkové a rychlostní řezy ukazují modulaci reliéfu pevného podloží a proměnnost seismických rychlostí v podložních horninách. Pevnost hornin (hustota hornin) je přímo úměrná rychlosti seismického signálu, který se v nich šíří. U pevných podložních hornin krystalinika mohou být rychlosti až 6 000 m/s a v porušených zónách seismické rychlosti klesají.

Reflexní seismika (RXS)

K posouzení hlubších struktur v geologickém řezu je užívána reflexní seismika. Na rozdíl od refrakční seismiky neposkytuje přímou informaci o rychlostech seismických vln. Seismická měření v reflexní variantě charakterizují sledované prostředí pomocí průběhu subhorizontálních odrazných rozhraní, která vznikají na základě odrazu seismické vlny. Taková rozhraní oddělují prostředí s dostatečným kontrastem seismické impedance, tj. součinu rychlosti šíření seismických vln a hustoty (v nepříznivém případě nemusí změna rychlosti šíření představovat reflexní horizont).

Tato metoda poskytuje informace o hlubší stavbě a charakteru horninového prostředí (řádově stovky až tisíce metrů). Umožňuje sledovat jednotlivé subhorizontální reflexy a vymežit rozhraní litologických vrstev, okraje homogenních masívů a silně porušené tektonické násunové plochy. Výsledkem měření jsou časové řezy, pro které je při převodu na hloubkové nutné znát rychlosti šíření horninovým prostředím. Tuto informaci lze získat pro první stovky metrů z výsledků refrakční seismiky, příp. využít výsledky karotážního měření ve vrtech.

GRAVIMETRIE

Gravimetrie (tíhová měření) slouží k sestavení strukturně geologických modelů dané oblasti do velmi značných hloubek. Detekuje nehomogenity horninového prostředí na základě rozdílných hustotních podmínek. Využívá se k vyhledávání skrytých těles a struktur s odlišnou hustotou od okolního prostředí, magmatických intruzí a některých zlomových struktur a to v měřítcích od několika metrů až po desítky km.

Principem metody je přesné měření tíhového zrychlení v terénu na zaměřených bodech s přesnou nivelací. Nežádoucí faktory se odstraňují několika redukcemi:

- Redukce Fayeova (z volného vzduchu)
- Redukce na povrch (Bouguerova redukce s topokorekcí)

- Izostatická redukce

Další opravy se zavádí následně (chod přístroje, normální tíhové zrychlení, nadmořská výška, topokorekce apod.). Výsledkem jsou pak úplné Bouguerovy anomálie, které vyjadřují účinky hustotně anomálních geologických struktur a těles.

Interpretační postupy jsou poměrně jednoduché, bohužel labilita interpretace je u tíhových měření velmi značná. Kvantitativní interpretace proto vyžaduje znalost hustot zastoupených hornin a také množství opěrných objektivních údajů o tektonické stavbě.

MAGNETOMETRIE

Metoda využívá přirozeného magnetického pole Země, které může být ovlivněno odezvou hlubokých geologických struktur. Geologická tělesa porušují normální geomagnetické pole, pokud obsahují feromagnetické minerály. Tuto metodu lze úspěšně použít k vyhledávání magnetických těles.

Principem metody je měření složky magnetického pole – totálního vektoru magnetického pole (T). Měření je ovlivněno dvěma faktory:

- tzv. variacemi (magnetické pole Země je v čase proměnné), které mohou být krátkodobé a dlouhodobé (sekulární)
- chodem přístroje.

Mezi pravidelné variace patří denní variace o periodě slunečního dne. Ve složkách pole se jedná o desítky nT. Nepravidelné krátkodobé variace od zlomků sekund po desítky minut se vyskytují během celého dne, jsou to tzv. pulsace a vznikají sluneční aktivitou. Mimořádná sluneční aktivita je příčinou náhlých magnetických bouří (sluneční vítr), mohou se vyskytnout až několikrát za měsíc, trvají i více dní a mají za následek nepravidelné variace až několik set nT.

Při pozemním terénním měření se většinou používá protonový magnetometr, který má rozlišovací schopnost asi 0,1 nT, absolutní přesnost kolem 1 nT. Registrace geomagnetického pole trvá na bodě několik vteřin. Opravy hodnot totálního vektoru magnetického pole o variace a chod přístroje se určují buď kontinuálním měřením druhým magnetometrem na jednom bodě, nebo opakovaným měřením na opěrném bodě (opakovaná měření na jednom zvoleném bodě cca každou hodinu). Měření vertikálního gradientu je v některých případech výhodnější. K vyhodnocovací jednotce se připojí nad sebou dvě sondy tak, aby mezi nimi byla pevná vzdálenost. Rozdíl obou naměřených údajů umožňuje vypočítat průměrný vertikální gradient. Gradientové (diferenciální) měření odstraňuje vliv časových variací magnetického pole, odstraňuje vliv anomálií velkých rozměrů a lépe definuje mělčí zdroje.

Výsledný model magnetické struktury je dán srovnáním naměřeného pole a pole vypočítaného nad zjednodušeným magnetickým tělesem.

3. GEOLOGICKÁ STAVBA OBLASTI

REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÁ STAVBA ÚZEMÍ

Horninové komplexy v oblasti náleží svou geologickou pozicí a charakterem k moldanubiku jižních Čech jako součásti Českého masivu (Chlupáč a Štorch 1992). Moldanubikum je tvořeno monotónní a pestrá skupinou, které se od sebe liší metamorfním vývojem. Pestrá skupina, na rozdíl od monotónní, obsahuje větší množství vložkových hornin, jako jsou vápence, amfibolity, erlany, kvarcity nebo skarny.

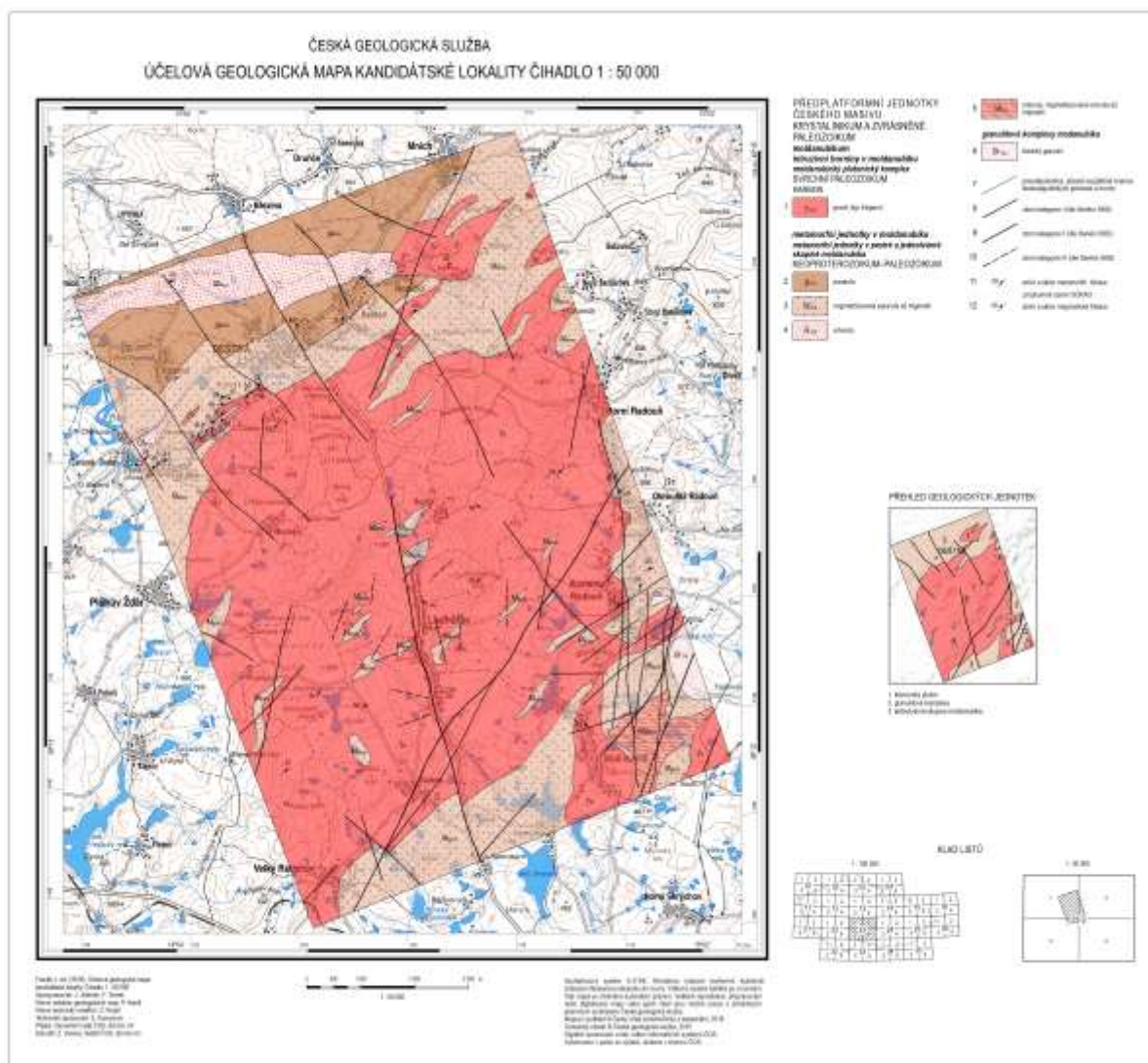
Řešená oblast je tvořena převážně horninami monotónní skupiny. Horniny monotónní skupiny vznikly metamorfózou vulkanosedimentárních komplexů v podmínkách střední kůry (4–8 kbar, 630–760°C; např. Racek et al. 2006). Poté byly poměrně rychle vyzdviženy do svrchní kůry, což mělo za následek jejich parciální tavení. Dominantními horninami jsou zde migmatity, v nichž vystupují tělesa různých typů ortorul dosud nejasného stáří a tělesa felzických granultů, které prošly vysokoteplotní a vysokotlakou metamorfózou (800–1000 °C, 15–20 kbar; Carswell a O'Brien 1993). Vedle těchto hornin (pestré vložky se vyskytují v omezeném množství) je řešená oblast tvořena granity klenovského plutonu (typ Eisgarn) jako součásti moldanubického plutonického komplexu a kvartérními fluviálními a splachovými sedimenty menšího rozsahu.

Metamorfované horniny monotónní skupiny

Převážně se jedná o sillimanit-biotitické pararuly s cordieritem agranátem více či méně migmatitizované a sillimanit-biotitické migmatity s cordieritem s ojedinělým výskytem pestrých horninových vložek metamorfovaných vápenatosilikátových hornin (erlanů), kvarcitů a amfibolitů. Protolitem hornin monotónní skupiny byly jílovitopísčité a písčité sedimenty pravděpodobně neoproterozoického až devonského stáří s omezenými horizonty sekvencí křemenců, karbonátových a vulkanických hornin. V období variských orogenních procesů (~360–325 Ma) docházelo společně s geodynamickým vývojem hlubších částí variského orogenního pásma k polyfázové metamorfóze, tavení a deformaci těchto hornin, jejich PT podmínky odpovídají podmínkám střední kontinentální kůry (3–6,5 kbar, 630–720°C; např. Žák et al. 2011). Stáří regionální metamorfózy a tavení hornin monotónní skupiny na studovaném území a v jeho nejbližším okolí je pravděpodobně obdobné jako krystalizační stáří granitů klenovského plutonu, který je ve vztahu k regionálnímu vývoji syntecktonický. Vztahy mezi dílčími litologiemi metamorfovaných hornin jsou definovány orientací regionální metamorfní foliace, která napříč studovanou jednotkou upadá pod mírnými až středními úhly k ZSZ až S.

Tělesa ortorul a granolitů

V rámci hornin monotónní skupiny se vyskytují tělesa metamorfovaných a deformovaných křemen-živcových hornin (muskovit-biotitických a biotitických ortorul). Jejich protolitem jsou granitové horniny variabilního složení a stáří (v rozsahu proterozoikum až spodní paleozoikum), které intrudovaly nebo byly tektonicky inkorporovány do různých horninových komplexů moldanubika před



Účelová geologická mapa oblasti

a v rané fázi variských orogenních procesů (např. Vrána et al. 1995). Vztahy ortorulových těles vůči okolním horninám monotónní skupiny moldanubika jsou definovány orientací regionální metamorfní stavby, která upadá pod mírnými až středními úhly k ZSZ až S.

Tělesa granulitů jsou tektonicky inkorporována do migmatitů monotónní skupiny moldanubika. Na studovaném území jsou k horninám granulitových masivů řazena tělesa felzických granulitů a granulitových rul. S těmito tělesy jsou prostorově svázána drobná tělesa eklogitů a amfibolitů.

Granity klenovského plutonu

Na řešeném území vystupují dvojslídne granity typu Eisgarn a tvoří s. část klenovského plutonu, který je součástí moldanubického plutonického komplexu. Tyto horniny mají charakteristické peraluminické složení s relativně vysokými obsahy draslíku (granitoidy S typu), a to při relativně vysokém obsahu SiO_2 . Jejich geneze souvisí se závěrečnou fází magmatické aktivity, která byla spojena s parciálním tavením okolních metasedimentů monotónní skupiny v centrální části moldanubika v období okolo 329–327 Ma (Žák et al. 2011). Během doznívání magmatické aktivity do chladnoucí kůry dále pronikaly žíly výrazně frakcionovaných peraluminických granitoidů. Jejich výskyt je přednostně vázán na komplexy metamorfovaných hornin a je plošně nerovnoměrný.

Sedimentární pokryv kvartérního stáří

Popisovaná část Českého masivu náleží k denudační oblasti (Tyráček a Růžička 1992), kde dnes převažují procesy eroze a transportu materiálu. Proto mají sedimenty na tomto území malý rozsah a jsou zpravidla vázány na plošně omezené výskyty v podobě denudačních reliktních. Jedná se o fluviální a splachové sedimenty, jejichž vznik byl pravděpodobně podmíněn mimo jiné změnami spádových křivek toků při vytváření umělých vodních nádrží. Především v souvislosti s těžbou nerostných surovin pak vznikly antropogenní uložení.

TEKTONIKA

Tektonická stavba sledované oblasti byla popsána na základě studia struktur duktilní deformace ve všech typech přítomných hornin a struktur jejich křehkého porušení, to znamená zlomových a puklinových systémů (Dudíková et al. 2011).

Struktury duktilní deformace

V horninách monotónní skupiny moldanubika můžeme v rámci území vyčlenit dvě odlišné fáze deformačního vývoje. Strukturami relativně staršího stádia jsou metamorfní foliace (kompoziční páskování) strmé orientace v ssv.–jjz. průběhu. Tyto stavby jsou napříč celým územím intenzivně přepracovány do ploch upadajících pod mírnými až středními úhly k ~ZSZ až SSZ.

Ortoruly tvoří výrazně protažená tělesa ve směru SSV–ZJZ až SV–JZ. Primární orientace jejich kontaktů je pravděpodobně strmá se záznamem silné transpozice do ploch upadajících pod středními až mírnými úhly k ZSZ až SSZ.

Klenovský pluton má v erozním řezu asymetricky protažený tvar v průběhu SV–JZ. Kontakty plutonu mají intruzivní charakter a upadají pod středními úhly k ZSZ–SZ. V s. a sz. části tělesa jeho granitoidy pronikají do okolních hornin moldanubika (migmatitů a migmatizovaných pararul) ve formě izolovaných, výrazně protažených intruzí typu „sheets“. V klenovském plutonu jsou však také částečně asimilovány xenolity až kry těchto metamorfovaných hornin o rozměrech několika metrů až stovek metrů. Vnitřní stavby v granitoidech jsou definovány přednostní prostorovou orientací (planární a lineární) minerálních agregátů. Na základě mikrostrukturní analýzy mají stavby klenovského plutonu převážně magmatický až submagmatický charakter. Planární stavby

(magmatické až subsolidové foliace) v sz. části klenovského plutonu upadají pod mírnými až středními úhly k SZ a nesou magmatické lineace definované lineární přednostní prostorovou orientací vyrostlíc minerálů s mírnými úklony k SZ. Tyto stavby velmi dobře korespondují s převažující orientací intruzivních kontaktů a penetrativních tektonometamorfních staveb v okolních horninách monotónní skupiny moldanubika.

Pro zjištění orientace a charakteru vnitřních staveb v tělese klenovského plutonu byla aplikována metoda anizotropie magnetické susceptibility (AMS). Orientace magnetických foliací je napříč tělesem klenovského plutonu poměrně homogenní. Hlavní orientační maxima ukazují na střední až mírný úklon k SZ, lokálně se vyskytují planární stavby se strmým úklonem k ZSZ až SSV. Z dosavadních výzkumů je zřejmé, že se klenovský pluton noří k sz., z čehož vyplývá, že tímto směrem lze předpokládat jeho větší mocnost.

Struktury křehkého porušení

Zlomové struktury jsou reprezentovány dvěma hlavními systémy poruch. Zlomy četnějšího výskytu (1) upadají pod strmými až středními úhly k Z až SZ nebo V až JV. Nesou striace (rýhování) strmé orientace, nejčastěji po spádnicí zlomových ploch, převážně s indikátory poklesové kinematiky. Prostorová distribuce těchto struktur je poměrně rovnoměrná, mírně převažující oblasti její identifikace jsou v severní části území, podél kontaktu granitoidů klenovského plutonu s komplexy metamorfovaných hornin.

Zlomy (2), upadající pod strmými až středními úhly k ~JJZ až ZJZ, nesou subhorizontálně orientované striace a variabilní indikátory pohybu, a jejich distribuce je poměrně pravidelná.

Dominantním souborem puklin v horninách jsou subvertikální extenzní pukliny, převážně bez minerální výplně. V tomto případě je možné pozorovat tři hlavní trendy v orientaci extenzních puklin (a) ~SZ–JV, (b) ~JZ–SV a (c) pukliny subhorizontální orientace. Na základě analýzy četnosti extenzních puklin v jednotlivých směrech byl vyhodnocen směr VSV–ZJZ jako průběh nejvýraznější křehké anizotropie studovaných hornin.

LITERATURA

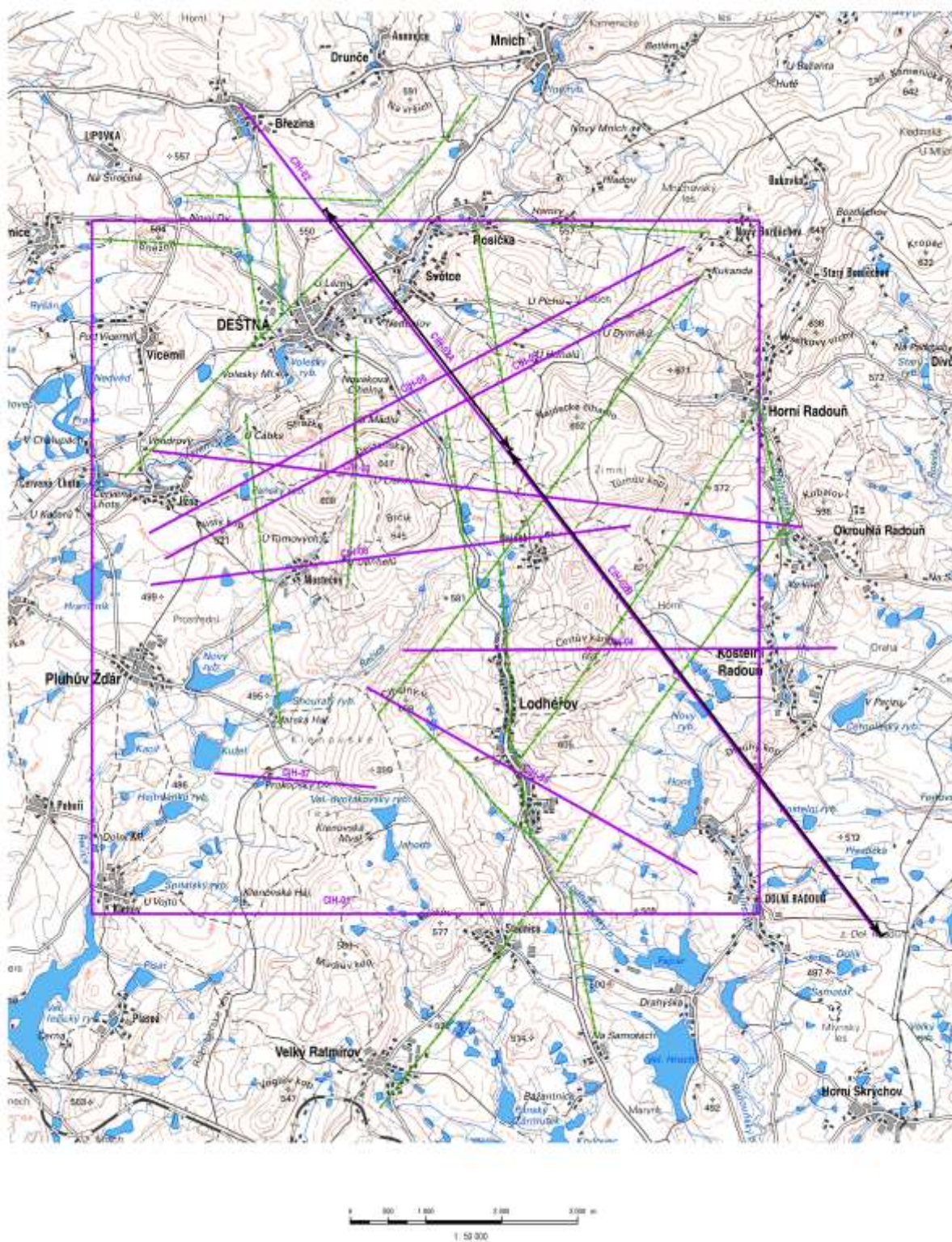
- CARSWELL, D. A., O'BRIEN, P. J. (1993): Thermobarometry and geotectonic significance of high-pressure granulites: examples from the Moldanubian zone of the Bohemian Massif in Lower Austria. – *J. Petrol.* 34, 427–459.
- DUDÍKOVÁ SCHULMANNOVÁ, B., HROCH, T., PACLÍKOVÁ, J., PERTOLDOVÁ, J., SMYČKOVÁ, L., VERNER, K., VONDROVIC, L. (2011): Základní geologická mapa 1 : 25 000, geologická mapa 23-314 Deštná. Neuveden. 1 s. – Česká geologická služba. Praha.
- CHLUPÁČ, I., ŠTORCH, P. (EDS) (1992): Regional division of the Bohemian Massif in Czech Republic. – Report of Committee for Regional Geologic Classification. – *Čas. Mineral. Geol.* 37: 257–275.
- RACEK, M., ŠTÍPSKÁ, P., PITRA, P., SCHULMANN, K., LEXA, O. (2006): Metamorphic record of burial and exhumation of orogenic lower and middle crust: new tectonothermal model for the Drosendorf window (Bohemian Massif, Austria). *Mineralogy and Petrology*, 86: 221–251.
- TYRÁČEK, J., RŮŽIČKA, M. (1992): Kvartér. In: CHLUPÁČ, I., ŠTORCH, P. (EDS): Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky. – *Čas. Čes. geol. spol.*, 37, 4: 257–275. Praha.
- VRÁNA, S., BLÜMEL, P., PETRAKAKIS, K. (1995): Metamorphic evolution (Moldanubian region: Moldanubian zone, ch. VII. C.4). In: R.D. Dallmeyer, W. Franke, K. Weber (editors), *Pre-Permian geology of central and eastern Europe*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 403–410.
- ŽÁK, J., VERNER, K., FINGER, F., FARYAD, S. W., CHLUPÁČOVÁ, M., VESELOVSKÝ, M. (2011): The generation of voluminous S-type granites in the Moldanubian unit, Bohemian Massif, by rapid isothermal exhumation of the metapelitic middle crust. *Lithos* 121 (1-4): 25–40.

4. PŘEHLED POŽADOVANÝCH PROFILŮ A KOMBINACE POUŽITÝCH GEOFYZIKÁLNÍCH METOD S POPISEM GEOLOGICKÝCH FENOMÉNŮ

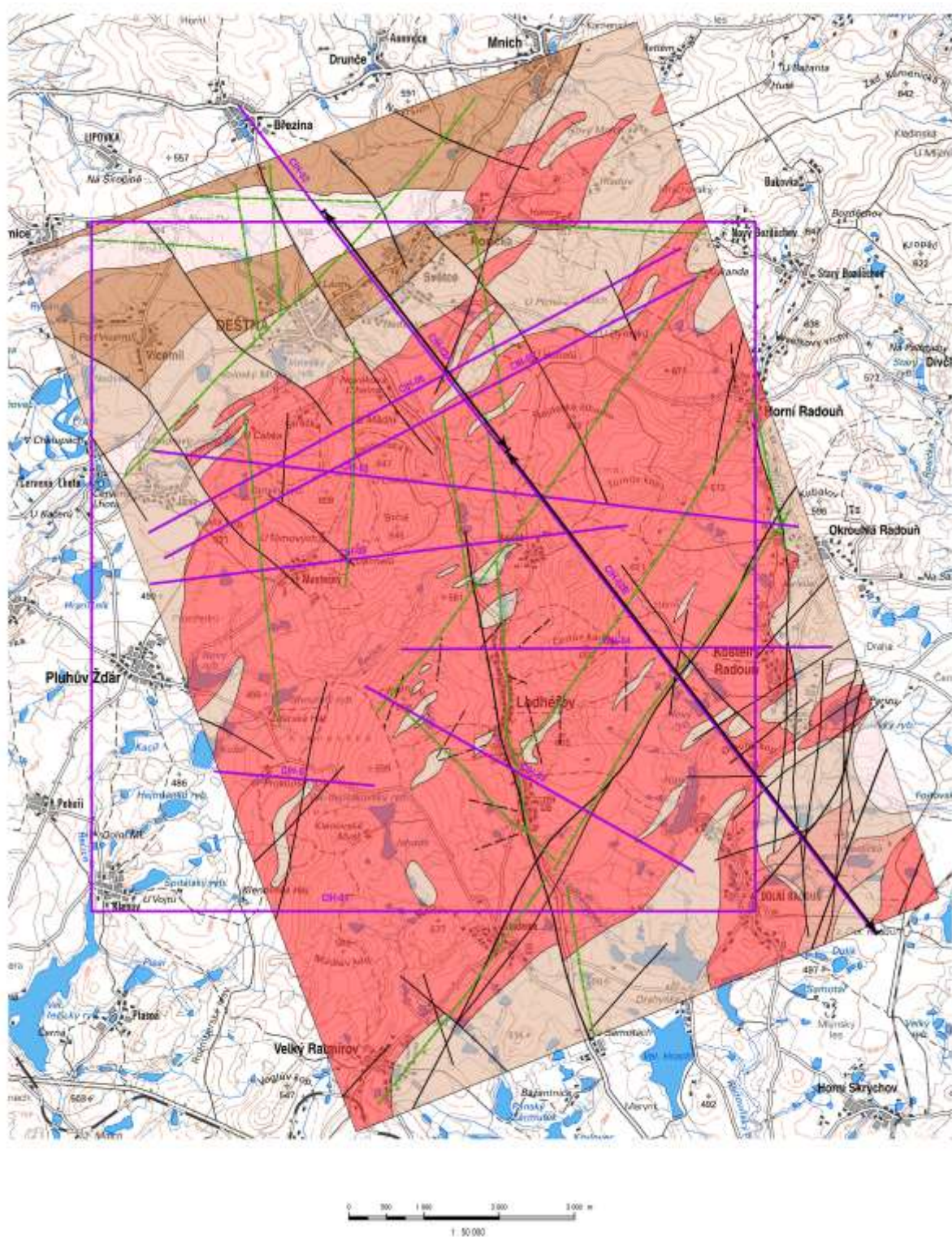
Přehled a délka profilů

NÁZEV	délka [km]	
CIH-01 (plocha v km ²)	80,74	
CIH-02	13,89	16,52
CIH-02A	4,01	
CIH-02B	8,08	
CIH-03	8,65	
CIH-04	5,74	
CIH-05	5,01	
CIH-06	8,02	
CIH-07	2,14	
CIH-08	6,39	
CIH-09	7,98	

Topografická mapa s vyznačením studovaných profilů



Účelová geologická mapa s vyznačením studovaných profilů



CIH-01

Plocha cca 9x9 km, přesná výměra 80,74 km²

Cíl: určení prostorového rozšíření granitové intruze, charakteru a homogenity horninového prostředí.

Metody:

Plošná gravimetrie – tíhová data umožní posouzení homogenity granitového masívu, indikují poruchové zóny a poskytnou podklady pro vytvoření modelu hloubkového dosahu intruze

CIH-02, CIH-02A, CIH-02B

Regionální páteřní profil o délce cca 13,89 km směru SZ–JV, na němž jsou vytýčeny dvě dílčí části o délkách 4 (CIH-02A) a 8 km (CIH-02B).

Cíl: ověření homogenity granitového masívu, určení směru zapadání granitové intruze, ověření morfolineamentů a sv.–jz. zlomů. V jv. části profilu (označeno jako CIH-02B) ověření průběhu 4 morfolineamentů a sv.–jz. zlomů. V sz. části profilu (označeno jako CIH-02A) ověření hlubokých staveb na kontaktu granitu, migmatitů a ortoruly.

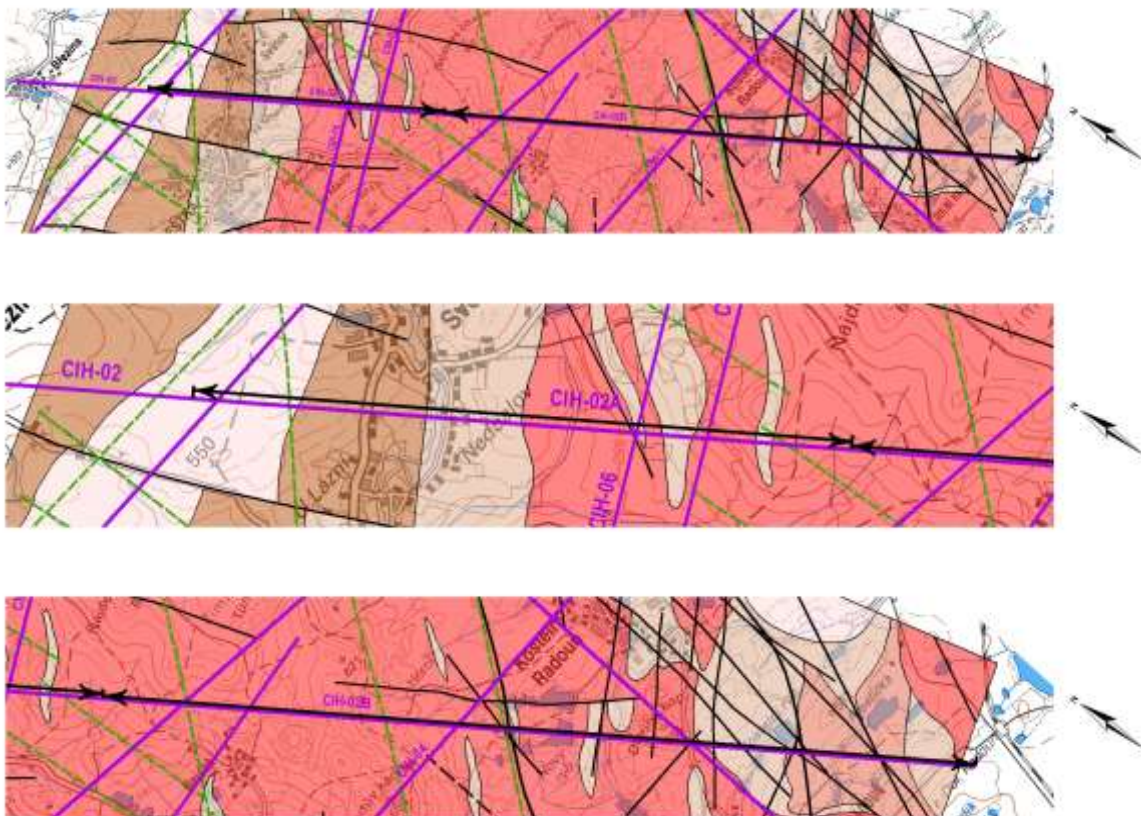
Metody:

Odporové profilování (celková délka cca 13,89 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

Detailní gravimetrie (celková délka cca 13,89 km) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky, změnu litologie masívu.

Mělká refrakční seismika na v jv. části profilu CIH-02B (celková délka 8 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem masívu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.

Mělká reflexní seismika v sz. části profilu CIH-02A (v délce 4 km) – indikace reflexních ploch pro určení směru zapadání okraje granitového masívu a jeho hloubky.



Situace profilů CIH-02, CIH-02A a CIH-02B

CIH-03

Profil o délce cca 8,65 km směru ZSZ–VJV.

Cíl: ověřit homogenitu horninového masívu, systém čtyř s.-j. zlomů často se zvodněním a rovněž devíti morfolineamentů.

Metody:

Odporové profilování (celková délka profilu) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

Mělká refrakční seismika (celková délka profilu) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem masívu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.

Elektromagnetické profilování (celková délka profilu) – na základě změny vodivosti určení homogenity horninového masívu a vyhledání porušených zón.



Situace profilu CIH-03

CIH-04

Profil o délce cca 5,74 km ve směru Z–V

Cíl: ověření východního okrajového zlomu granitové intruze - zda omezuje intruzi, ověřit existenci zlomů s.-j. kolmých na linii profilu, ověření výrazného sv.–jz. morfolineamentu a současně významného zlomu s.-j. směru (tzv. lodhérovský zlom probíhající prostředkem zkoumaného území a s ním subparalelní morfolineament). Dále vymezení výrazné pramenní s.-j. linie mezi Radouní a Lodhéřovem a případné zjištění sklonu a mocnosti zlomů.

Metody:

Odporové profilování (celková délka profilu) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón, zvodnělých linií).

Elektromagnetické profilování (celková délka profilu) – na základě změny vodivosti určení homogenity horninového masívu a vyhledání porušených zón.

Detailní gravimetrie (celková délka profilu) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, zjištění změny litologie masívu pro vymezení okraje granitu vůči horninám krystalinika.



Situace profilu CIH-04

CIH-05

Profil o délce cca 5,01 km směru SZ–JV

Cíl: ověřit zlomy sv. směru, morfolineamenty téhož směru, dále pak významný s.-j. lodhérovský zlom (na zlomu indikace zvodnění a křemenných žil) včetně subparalelního morfolineamentu. Případně vymezit i okraj granitové intruze na JV.

Metody:

Odporové profilování (celková délka 5,01 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón, zvodnělých linií).

Elektromagnetické profilování (celková délka 5,01 km) – na základě změny vodivosti určení homogenity horninového masívu a vyhledání porušených zón.

Mělká refrakční seismika (celková délka 5,01 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem masívu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.



Situace profilu CIH-05

CIH-06

Profil o délce cca 8,02 km směru JZ–SV

Cíl: ověřit systém sv.-jz. a s.-j. zlomů, případně pokračování lodhérovského zlomu k severu, a dále ověření čtyř až pěti morfolineamentů.

Metody:

Odporové profilování (celková délka 8,02 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů).



Situace profilu CIH-06

CIH-07

Profil o délce cca 2,14 km směru ZSZ–VJV

Cíl: ověřit dvojici zlomů směru SV-JZ a SSV-JJZ. Zlomy indikovány na základě terénního měření a ukončení rozdílných litologií na zlomu.

Metody:

Odporové profilování (celková délka 2,14 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů).

Elektromagnetické profilování (celková délka 2,14 km) – na základě změny vodivosti určení homogenity horninového masívu a vyhledání porušených zón.



Situace profilu CIH-07

CIH-08

Profil o délce cca 6,39 km směru Z–V

Cíl: ověřit průběh lodhěřovského zlomu (dvě větve ?), homogenitu horninového prostředí, s.-j. morfolineamentů, zvodnělý sz.-jv. zlom č. 49 u Mostečného a okraj granitové intruze na Z.

Metody:

Odporové profilování a VES mělká (celková délka 6,39 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit průběh lodhěřovského zlomu a případně lokalizovat jeho 2 větve, pozice jednotlivých poruch (zlomů), ověřit zvodnělý sz.-jv. zlom a na základě změny měrného odporu vymežit okraj granitové intruze.

Mělká refrakční seismika (celková délka 6,39 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem masívu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci a sklon



Situace profilu CIH-08

CIH-09

Profil o délce cca 7,98 km směru JZ–SV (paralelní s profilem CIH-06)

Cíl: ověření systému sz.-jv. zlomů a homogenity horninového prostředí.

Metody:

Odporové profilování (celková délka 7,98 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů).



Situace profilu CIH-09

5. POŽADOVANÉ FINÁLNÍ VÝSTUPY

Veškerá geofyzikální měření budou dokladována, majitelem primárních a interpretovaných dat bude zadavatel. Zároveň budou primární a interpretovaná data odevzdána do archivu Geofondu České geologické služby, která je pověřeným správcem geofyzikálních dat v České republice.

Finální výstupy prací:

1. **Mapy** se situací odměřených bodů a profilů, profilové křivky a mapy odměřených fyzikálních parametrů.

2. **Fyzikální modely** interpretované z geofyzikálních měření, kalibrované podle dostupných geologických údajů (v návaznosti na geologické práce).
3. **Geologická interpretace** geofyzikálních dat (mapy zjištěných geologických struktur).
4. **Digitální data:** Mapové výstupy budou odevzdány digitálně ve formátu kompatibilním s mapovými výstupy objednatele SÚRAO a České geologické služby (pro ESRI mapové výstupy). Body a profily měření v tabulkovém formátu (xls) obsahujícím ID bodu (gravimetrická a magnetometrická měření, VES, reflexní seismika – body CDP), souřadnice bodu v JTSK (u odporového profilování a MRS počátku a konce profilu, příp. lomových bodů) a měřené parametry. Pro mapové výstupy formáty shp. U plošných gravimetrických měření formát databázového systému ČGS (Geofond). Primární data v souborech ASCII, txt. Kalibrace v txt, xls.
5. **Závěrečná zpráva.** Výstupy budou odevzdány ve dvou pare v tištěné podobě a také v digitální podobě na nosiči dat (DVD-ROM).

6. NAKLÁDÁNÍ S DATY

Veškerá primární i interpretovaná data, včetně kalibrací, budou předány Zadavateli a v jedné kopii též archivu Geofond České geologické služby.

7. ČASOVÝ HARMONOGRAM PRACÍ

Plošné komplexní geofyzikální měření je rozděleno do tří časových etap s následujícími požadovanými termíny plnění:

Pozn: termíny plnění vyplývají z předpokladu zahájení terenních prací v průběhu měsíců srpen až říjen 2017

Etapu 1 : termín do 31. března 2018

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy minimálně profilů CIH-02, CIH-02A, CIH-02B a CIH-08.

Etapu 2 : termín do 31. března 2019

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy všech zbývajících profilů CIH uvedených v zadávací dokumentaci

Etapu 3 : termín do 31. prosince 2019

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy zatím nelokalizovaných geofyzikálních prací, zpracování závěrečné zprávy.

8. ZPRACOVÁNÍ NABÍDKOVÉ CENY

Výkaz výměr na výzkumné geofyzikální práce se uvádí pro celou plochu dohromady formou „slepého“ rozpočtu. Rozpočet prací je nezbytné v nabídce zpracovat dle položek v níže uvedené tabulce. Ocenění prací je nutné udávat přes jednotkovou cenu. Detailní oceněný položkový výkaz výměr pro celkový objem prací, spolu se sumou navržených jednotkových výměr (jednotek) pro každou metodu zvlášť, je nutno zpracovat podle položek v uvedené tabulce. Pro celou oblast Čihadlo je uvedena celková předpokládaná cena **15.837.000,- Kč bez DPH**.

Pro potřeby nabídky musí uchazeč udat cenu, za kterou je připraven zadaný rozsah prací splnit. Uchazeč sdělí jednotkovou cenu za 1 km profilu pro multielektrodové měření, mělké refrakční a mělké reflexní seismické měření a cenu za jeden bod pro metody elektromagnetické profilování, odporové nesymetrické profilování, vertikální elektrické sondování, magnetometrická a gravimetrická měření. Krok měření u jednotlivých metod je uveden v rozpočtové tabulce. Ceny se uvádějí zprůměrované pro volný terén (pole, louka) a terén zalesněný s nutným průklestem větví a náletů.

