



# HYDROGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

## Hydrogeologie

Hydrogeologie je obor zabývající se podzemními vodami, jejich původem, podmínkami výskytu, zákony pohybu, jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi a jejich interakcí s okolním prostředím (tj. s povrchovými vodami, horninami i atmosférou). Jedná se o aplikovanou vědní disciplínu na pomezí geologie, chemie, hydrauliky a hydrologie a některých dalších technických disciplín, zejména v oblasti vodárenství. Všechna voda v atmosféře, na povrchu Země i v horninách (ať již volná - pohyblivá, tak fyzikálně či chemicky vázaná v minerálech), včetně vody vázané v horninách je součástí hydrosféry. Jednotlivé složky tvoří dynamický systém, který je nejlépe vyjádřen tzv. koloběhem vody. Hlavním zdrojem povrchových a podzemních vod jsou atmosférické srážky.

## Hydrogeologický průzkum

Hydrogeologický průzkum se provádí za účelem zjištění veškerých údajů o výskytu povrchové a podzemní vody na zájmovém území. Tyto údaje jsou základní informací získanou v průběhu úvodního hydrogeologického mapování a dalších navazujících etap průzkumu. Informace získané z mapovacích prací bývají doplněny o údaje z hydrogeologického monitoringu (dlouhodobé sledování hladiny podzemních vod, vydatnosti pramenů a chemických vlastností vod ve zkoumaném území). V etapě úvodního hydrogeologického průzkumu se zjišťují základní informace o lokalitě na základě studování archivních materiálů (ČGS - Geofond). V rámci povrchového terénního průzkumu se zaznamenávají úrovně hladiny podzemních vod ve studnách, vrtech a jiných objektech, zaznamenávají se výskyt pramenišť, místa infiltrace povrchových vod a zamokření povrchu.



Hydrochemické měření povrchových toků

## Hydrologická a meteorologická měření

Do této kategorie prací zahrnujeme všechny metody a postupy vedoucí k získání informací o klimatických, hydrologických a hydrogeologických poměrech na lokalitě, které mají přímou vazbu na proudění podzemních vod v lokalitě. Mezi nejdůležitější měřené parametry patří srážkové úhrny, evapotranspirace a průtoky na vodních tocích.

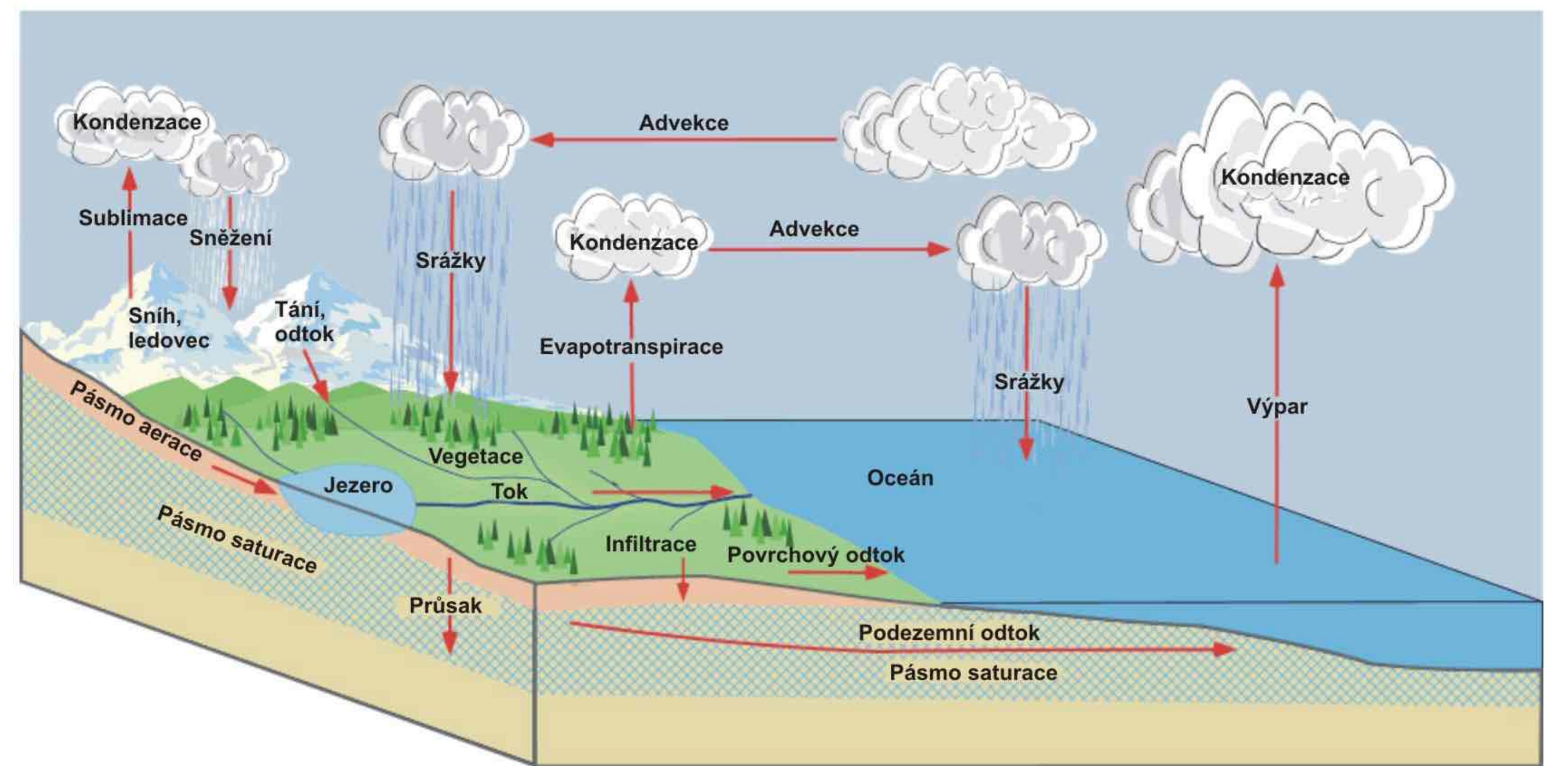


Měření vydatnosti pramenů

## Hydrogeologické mapování

Hydrogeologickým mapováním je míněn soubor činností vedoucích k sestavení účelové hydrogeologické mapy (ÚHGM) v měřítku 1:10 000, pro potřeby výběru lokality HÚ. ÚHGM zahrnuje několik dílčích map (vlastní hydrogeologická mapa, mapa chemizmu vod, hydrologická mapa s legendou). Cílem účelového hydrogeologického

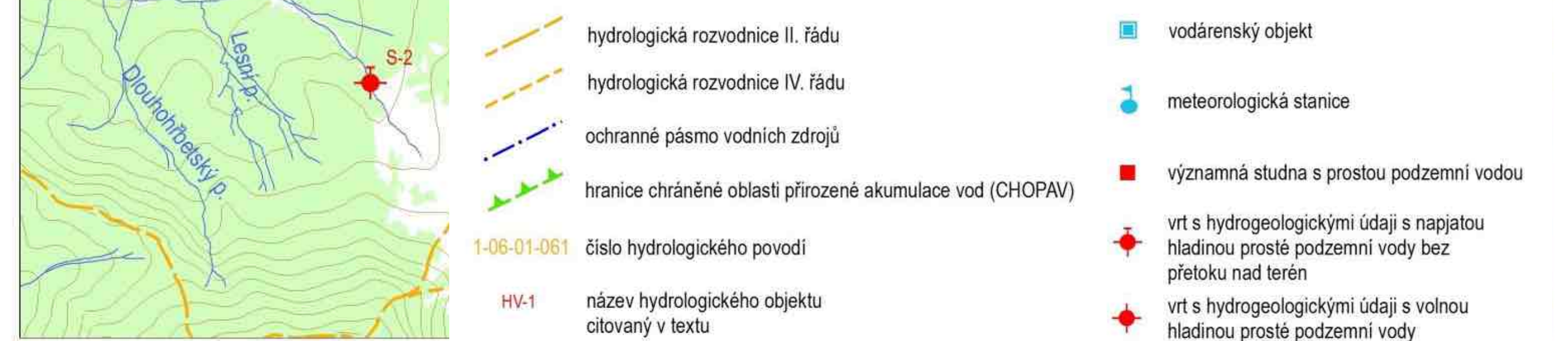
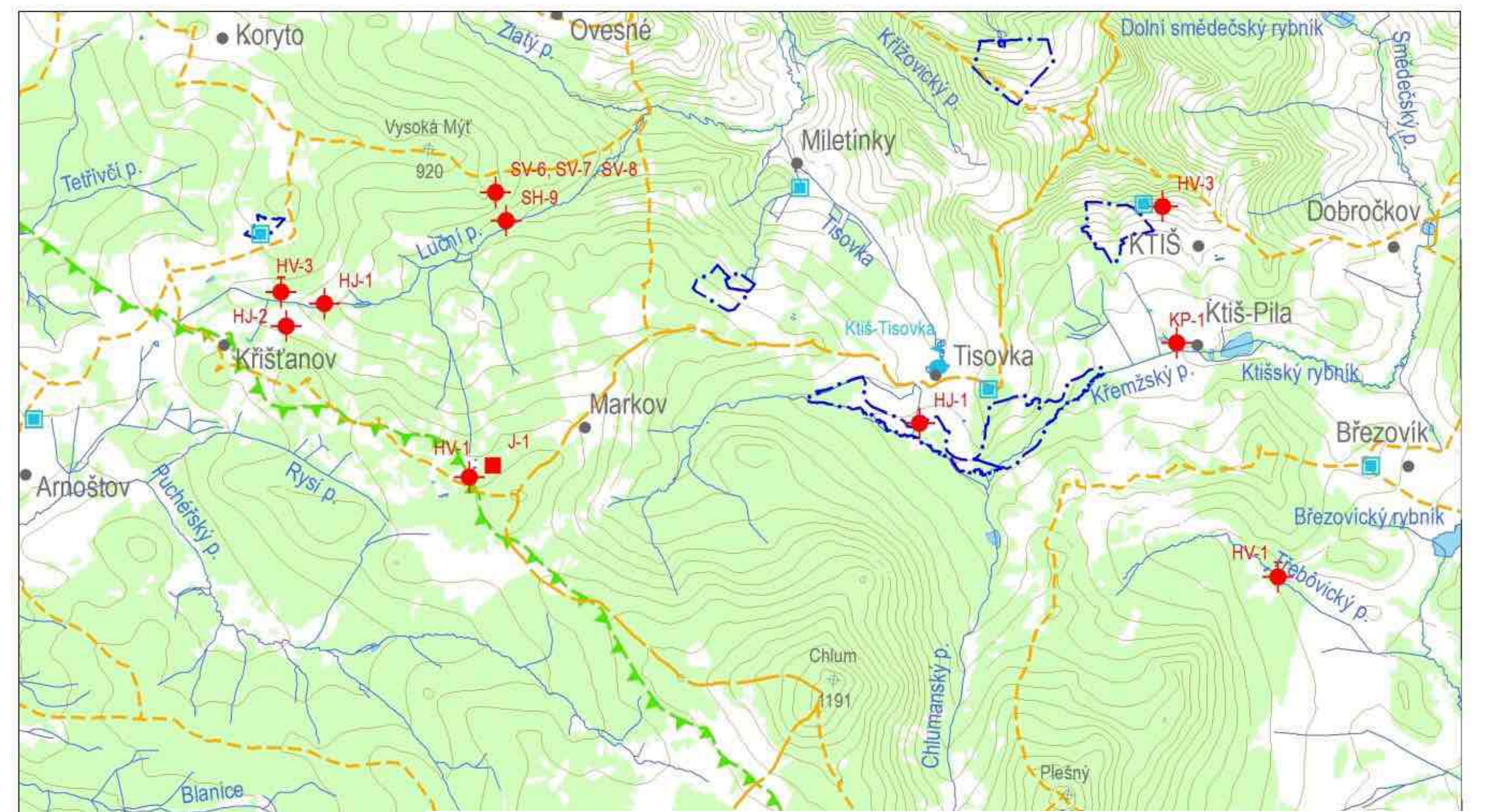
mapování je všestranné poznání, popis a zobrazení výskytu a režimu podzemních a povrchových vod, hydraulických parametrů horninového prostředí a chemického složení vod na zkoumaném území. Pro dosažení tohoto cíle se využívá archivních podkladů, terénních mapovacích prací, laboratorních prací a poznatků ostatních geologických disciplín. Mapovací práce je vhodné realizovat ve dvou etapách. První etapa je obvykle plánována v jarním období (březen-duben), kdy je možné snadno určit projevy odtoku podzemních vod a ve druhé etapě koncem léta (srpen-září), kdy je možné vyloučit sezónní vlivy z první etapy. Po ukončení hydrogeologického mapování jsou vybrány vhodné objekty pro dlouhodobé sledování - hydrogeologický monitoring.



Koloběh vody na Zemi \*evapotranspirace=celkový výpar, vztahující se k určitému území, \*kondenzace=přeměna, při které se mění plyn na kapalinu, \*advekce= vzdušné proudění podél zemského povrchu, \*infiltrace=vsakování vody do půdy a propustných hornin, \*sublimace=přeměna, při které se mění pevná látka na plyn, aniž by prošla kapalnou fází, \*pásmo saturace= nasycení, nachází se pod hladinou podzemní vody, kde jsou póry zcela vyplněny podzemní vodou, \*pásmo aerace= provzdušnění, nachází se nad hladinou podzemní vody

## Hydrogeologická mapa

Hydrogeologická mapa poskytuje podklady pro optimální využívání přírodních zdrojů podzemních vod a jejich ochranu. Jsou zdrojem informací pro státní správu i soukromý sektor při územním plánování, sanačních opatřeních a pro ochranu přírody obecně.



0 1 2 km

Hydrogeologická mapa

## Plánované hydrogeologické práce v rámci projektu geologických prací:

- Validace a reambulace hydrogeologických a vodohospodářských map
- Vytvoření databáze hydrogeologických měřících a jímacích objektů
- Sestavení účelové hydrogeologické mapy v měřítku 1:10 000
- Hydrologická, hydrogeologická a meteorologická měření





# DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ (DPZ)

(Využívání družicových a leteckých snímků pro zobrazování a studium povrchu Země)

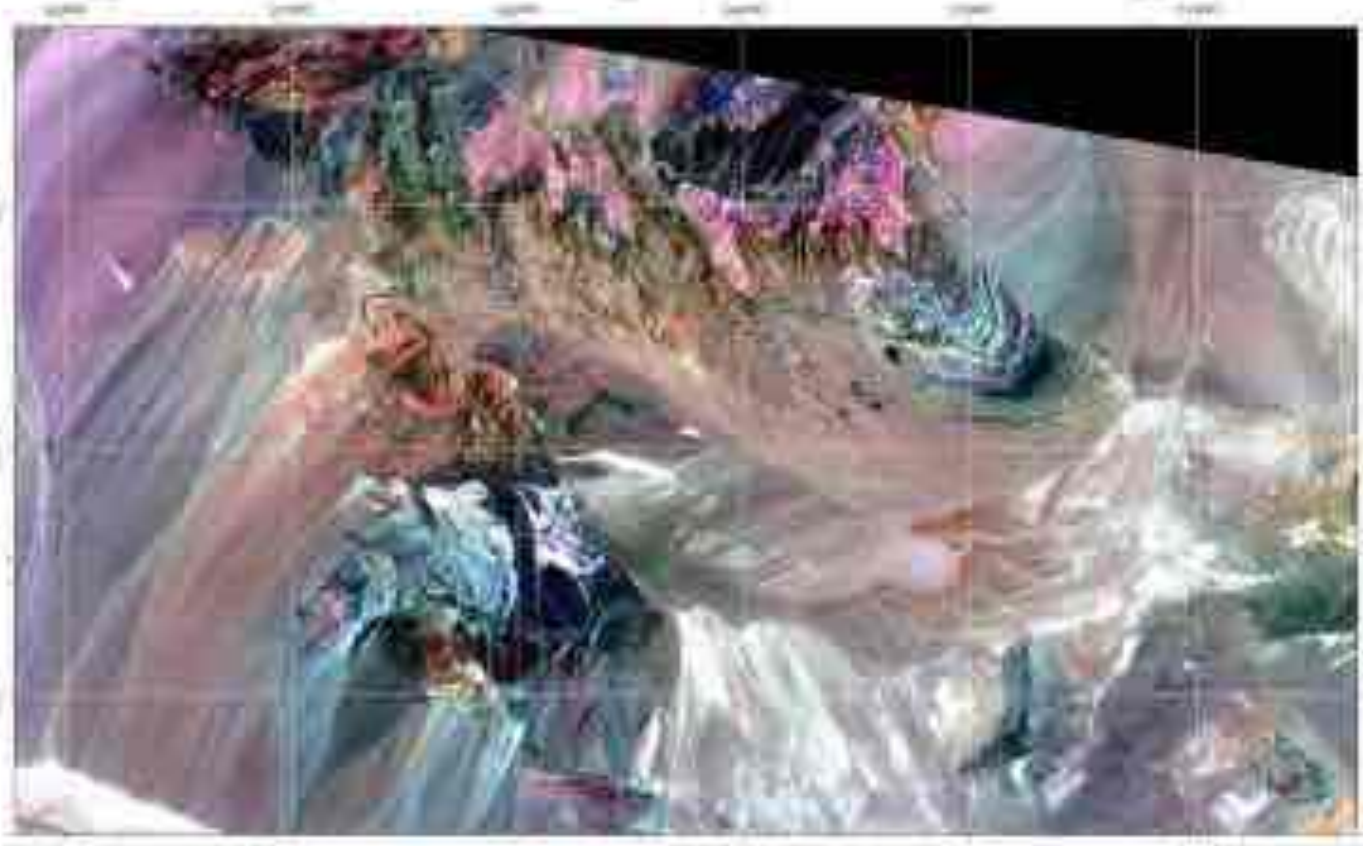
## Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země (anglicky „remote sensing“) je moderní metoda získávání informací o objektech a jevech na povrchu Země, a to bez nutnosti fyzického kontaktu. Metody dálkového průzkumu představují v současnosti standardní prostředek výzkumných, vyhledávacích a průzkumných prací v globálním, regionálním i lokálním měřítku. Zabývá se pořizováním leteckých a družicových snímků, jejich zpracováním a analýzou pro potřeby tvorby topografických a různých tematických map.

## Typy dat DPZ

Materiály DPZ se mohou lišit podle různých kritérií, např. aktivní – pasivní, optická – radarová, letecká – družicová, analogová – digitální.

V současnosti jsou nejčastěji využívána družicová rastrová multispektrální, nebo panchromatická data, získávána podobným principem jako digitální fotoaparát. Družice, létající ve vzdálenosti několik stovek a i tisíce km od povrchu naší planety mohou zachytit detaily na Zemi veliké řádově v metrech až decimetrech (např. Landsat, SPOT, Quickbird, Pléides, GeoEye, Kompsat a jiné).



Multispektrální snímek Landsat-5 v nepravých barvách pouště v Iránu

Jiným typem obrazového záznamu jsou radarová data, kdy samotný nosič (družice nebo letadlo) vysílá signál, který se odrazí od povrchu a opět se přijímá a následně vizualizuje.



3-D radarový snímek Radarsat-2 sopky Fuji (Japonsko)

Klasické letecké fotogrammetrické snímky poskytují trojrozměrný obraz povrchu a používají se zejména při sestavování topografických podkladů, územním plánování, nebo ochraně životního prostředí.



Ortofotografické zobrazení kulturní krajiny v oblasti Vysočina (Česká republika)

## Možnosti dálkového průzkumu Země

Metody DPZ jsou využívány v různých oborech lidské činnosti, např. v oblasti **ochrany životního prostředí**, v **územním plánování**, v **geologii**, **lesnictví** a **zemědělství**, tvorby **map a modelů reliéfu**, při **monitoringu přírodních procesů** (sopečná činnost, požáry, povodně) a **atmosférických jevů** (sledování ozonové vrstvy, hurikánů) apod. DPZ přitom zahrnuje nejen zkoumání zemského povrchu, ale i snímání a měření charakteristik spodních vrstev atmosféry a horní vrstvy sedimentů. Pomocí DPZ lze získávat dva druhy informací: geometrické informace – tj. informace o poloze, tvaru, velikosti objektů i jejich vzájemném prostorovém uspořádání, a informace tematické, tedy např. o druhu vegetace nebo povrchu zkoumané komunikace.

## Využití DPZ pro potřeby hodnocení průzkumných území pro umístění HÚ



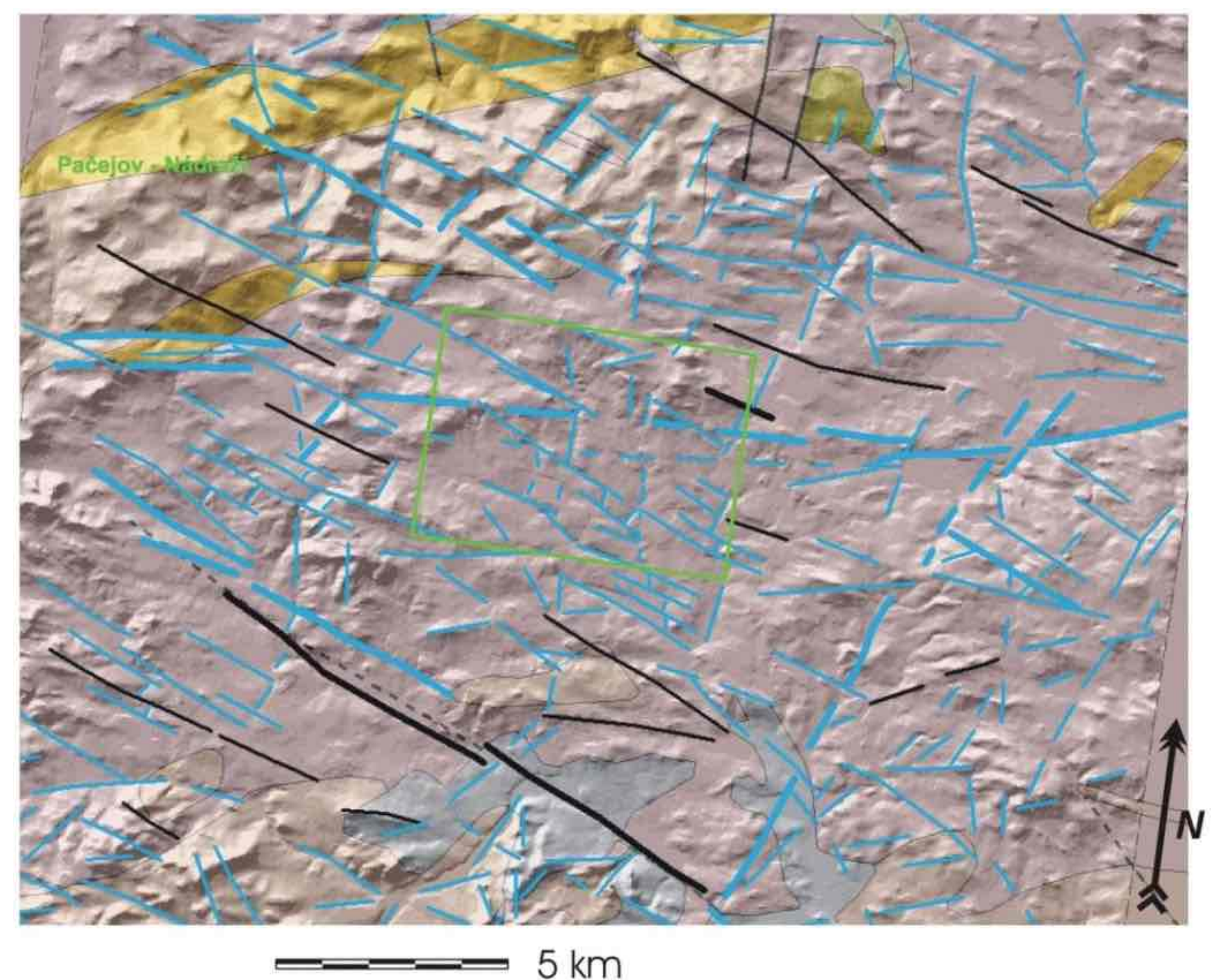
Umístění hodnocených PÚZZK pro HÚ v ČR Podklad: kompozice DMR „nasvíceného z východu“ pro zvýraznění S-J strukturních fenoménů a geologické mapy ČR 1:1 000 000.

## Využití metod a produktů DPZ pro ověřování vhodnosti území pro HÚ:

- vytvoření obrazových podkladů pro vybrané lokality na základě optických družicových multispektrálních snímků, které slouží k základní tektonické a geodynamické analýze regionu,
- využití digitálního modelu reliéfu pro zvýraznění a interpretaci morfotektonických prvků zemského povrchu regionu,
- využití radarových družicových snímků pro detailní morfotektonickou analýzu území vybraných lokalit,
- využití leteckých snímků pro interpretaci detailních prvků a jevů na území vybraných lokalit.

## DPZ a tektonická stavba a dynamika vývoje reliéfu

Současná dostupnost obrazových dat dálkového průzkumu Země (DPZ) a moderní metody jejich zpracování dovolují posoudit různá hlediska tektonické predispozice vývoje reliéfu a provést analýzu jeho exodynamického vývoje (vývoje povrchových struktur). Výstupem jsou pak informace o průběhu **tektonických struktur** (např. zlomy) různých řádů, jejich průběžnosti a návaznostech a o blokovém členění území každé lokality.



Lineární strukturní prvky v širším okolí PÚZZK Březový potok. Zřetelný je dominantní směr rozhraní SZ - JV směru, který je doložen i přítomností geologických zlomů.

**Vysvětlivky:** modře lineární rozhraní, silně – významné, tenče – méně významné; černě zlomy, silně – významné, tenče – méně významné.





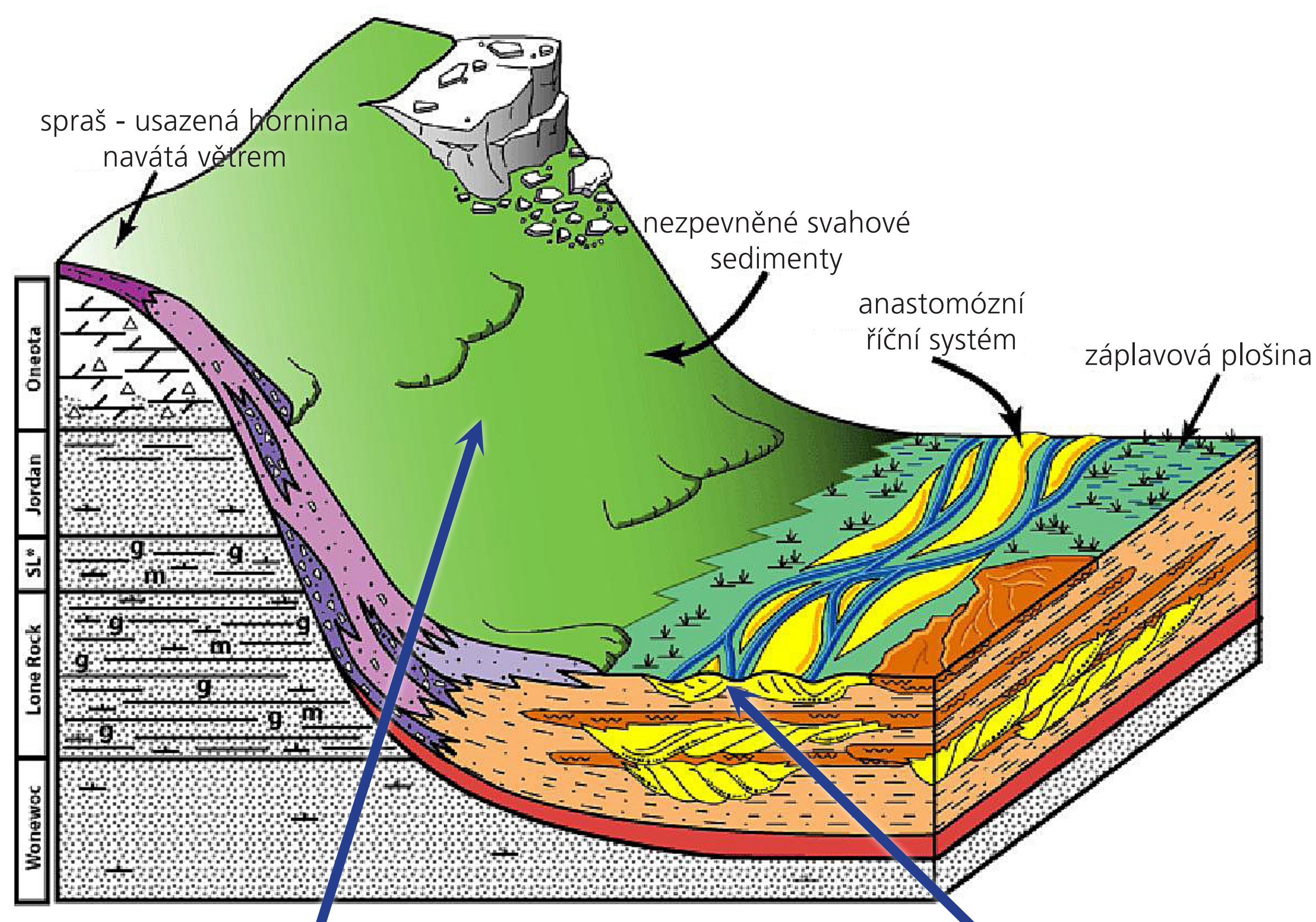
## PLOŠNÁ GEOCHEMIE

### ÚČEL GEOCHEMICKÉHO PRŮZKUMU

Geochemie představuje jednu ze **základních** vědeckých metod sloužící k poznání geologické stavby území, vyhledávání nerostných surovin a výzkumu životního prostředí.

Geochemie nám umožňuje poznat látkové složení horninového prostředí, zastoupení prvků v půdách, povrchových a podzemních vodách a v neposlední řadě identifikovat přírodní geochemické procesy, které v daném území probíhaly. Velmi významnou roli hraje geochemie při identifikaci vlivu činnosti člověka na jeho okolí (průmyslové kontaminace rizikovými kovy a organickými látkami).

Základní metodou geochemického průzkumu je terénní odběr vzorků zemin, hornin, vody a potočních sedimentů. Vzorky se v laboratoři analyzují na celou škálu prvků a anorganických i organických sloučenin. Poté se statisticky vyhodnotí a počítačově zpracují do přehledných map, které ukazují anomální zvýšení obsahů sledovaných parametrů.



### VZORKOVÁNÍ

Vzorky zemin jsou odebírány přenosnými nástroji.

Na temenech a svazích kopců bývá mocnost zemin menší, takže je možné použít manuální vzorkovnici (Obr. 1).

Při úpatích kopců, v údolích a říčních nivách, kde je mocnost zemin a sedimentů až několik metrů, je pro odběr vzorků používáno ruční zařízení s elektrickým pohonem (Obr. 2).



Odebrané zemin jsou ze vzorkovnice odebrány a připraveny k transportu do laboratoře (Obr. 3).



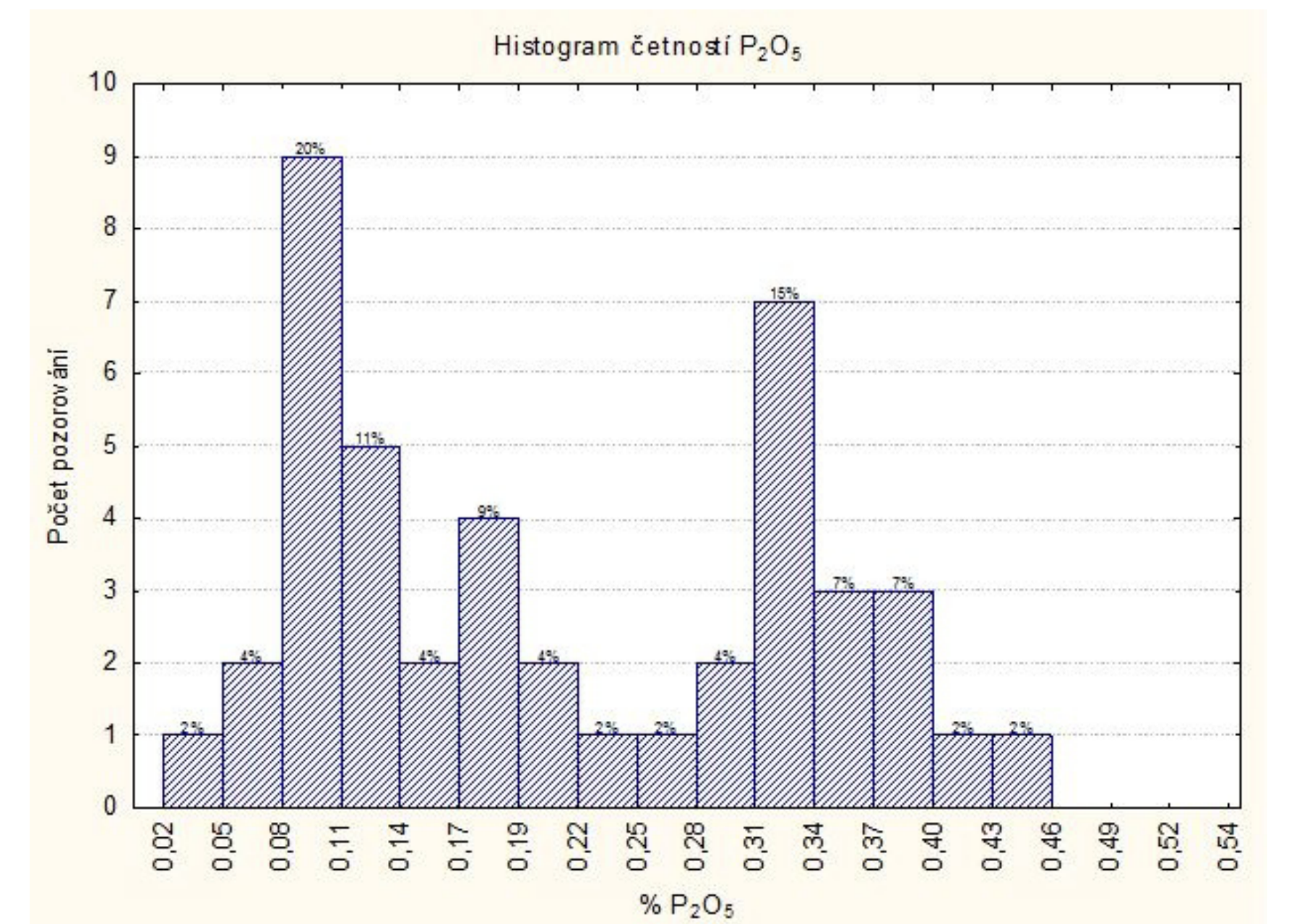
Laboratorní zpracování

### LABORATORNÍ A POČÍTAČOVÉ ZPRACOVÁNÍ

V laboratoři probíhá příprava vzorků, tj. sušení, drcení a mletí, síťování a následná analýza na stanovení prvků a dalších parametrů v půdách, horninách a vodách.

Pro analytické práce jsou využívány renomované laboratoře s mezinárodní akreditací, které zaručují přesnost a věrohodnost analýz.

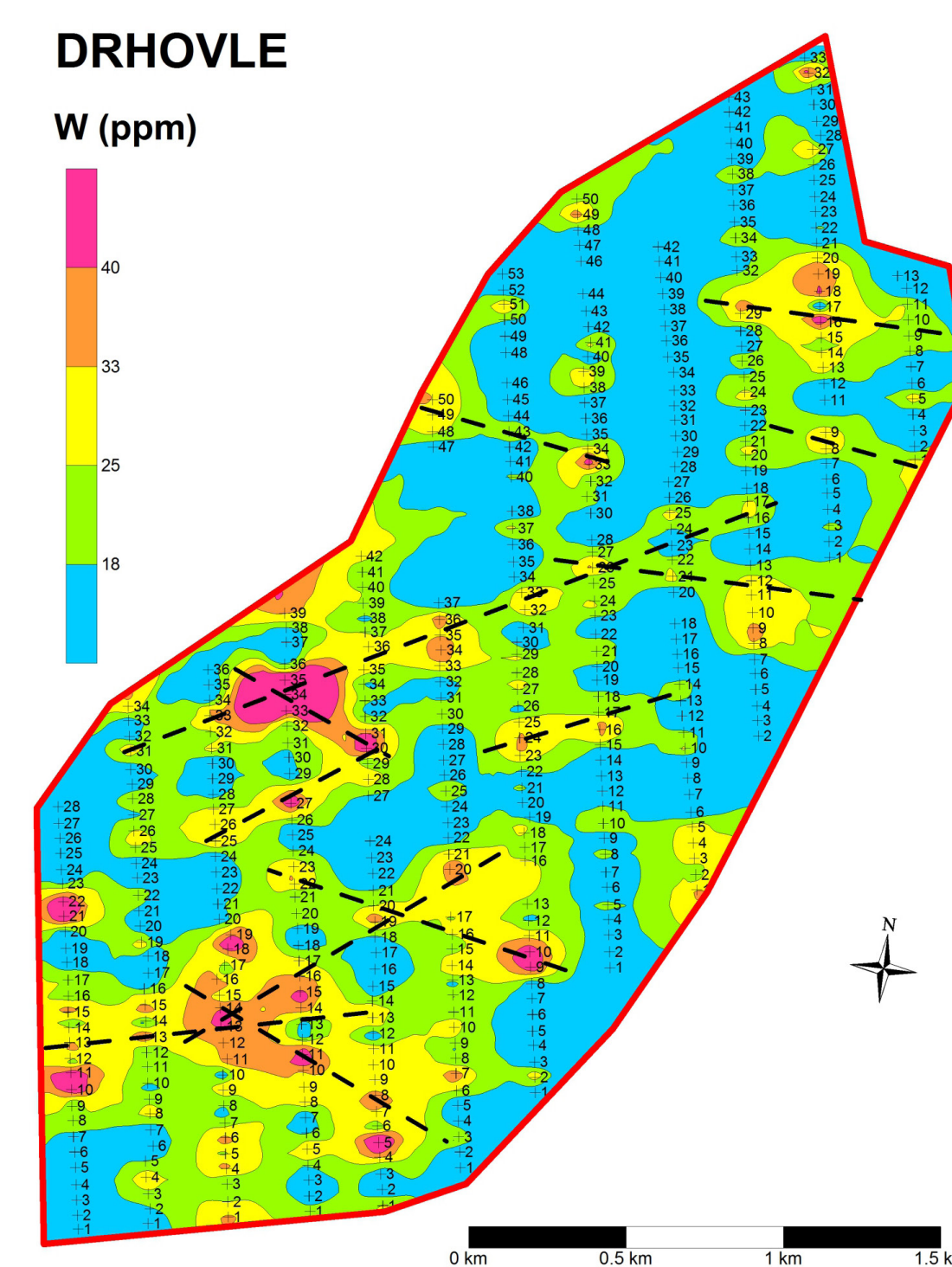
Pro zpracování souborů analytických dat jsou používány statistické metody. Výsledky zpracování se následně využívají pro tvorbu diagramů a map distribuce prvků.



Pro zpracování souborů analytických dat jsou používány statistické metody. Výsledky zpracování se následně využívají pro tvorbu diagramů a map distribuce prvků.

### VÝSTUPY GEOCHEMICKÉHO PRŮZKUMU

Zpracováním výsledků analýz je získán celý soubor informací o geologickém, přírodním a životním prostředí:



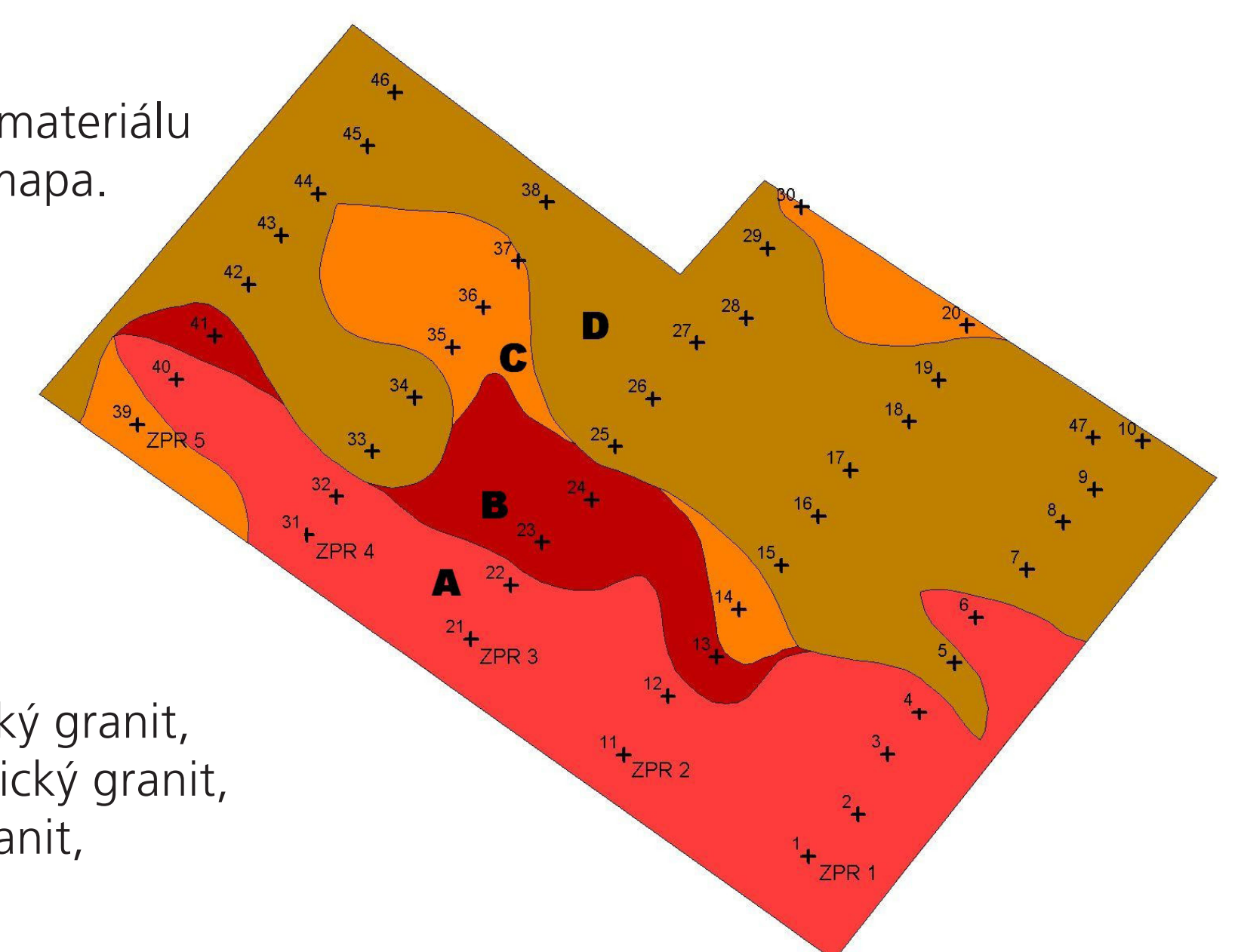
Mapa distribuce wolframu v půdách na lokalitě Drhovle

- popis materiálu vzorku jako podklad k upřesnění geologické mapy
- zastoupení prvků v horninovém a půdním prostředí a ve vodách
- vzájemné vztahy mezi jednotlivými prvky, ukazující na jejich možný původ (přírodní – antropogenní)
- identifikace míst zvýšené akumulace prvků v půdách, horninách a vodách (geochemické anomálie)
- identifikace míst intenzivních geochemických procesů, indikující strukturální stavbu území, resp. migrační cesty prvků
- využití výstupů pro hodnocení stavu životního prostředí, zjištění charakteru kontaminací, identifikace zdroje znečištění

### PLÁNOVANÉ GEOCHEMICKÉ PRÁCE:

- sestavení vzorkovacího plánu (Obr. 4)
- odběr půdních vzorků neinvazivními metodami
- geodetické zaměření polohy vzorků
- geologická dokumentace vzorků (mocnost kvartérního pokryvu, makroskopický popis vzorku)
- laboratorní práce (příprava vzorků k analýze a vlastní analýza na cca 45 stopových a makroprvků)
- statistické vyhodnocení vzorků (stanovení geochemického pozadí, plošné vymezení zón vysokých obsahů, identifikace geochemických bariér a mineralizovaných zlomových struktur apod.)

Obr. 4  
Na základě geologického popisu materiálu vzorku je upřesněna geologická mapa.



Vysvětlivky k mapě:  
A – hrubozrnný muskovit-biotitický granit,  
B – středně zrnitý muskovit-biotitický granit,  
C – drobozrnný muskovitický granit,  
D – krystalinikum



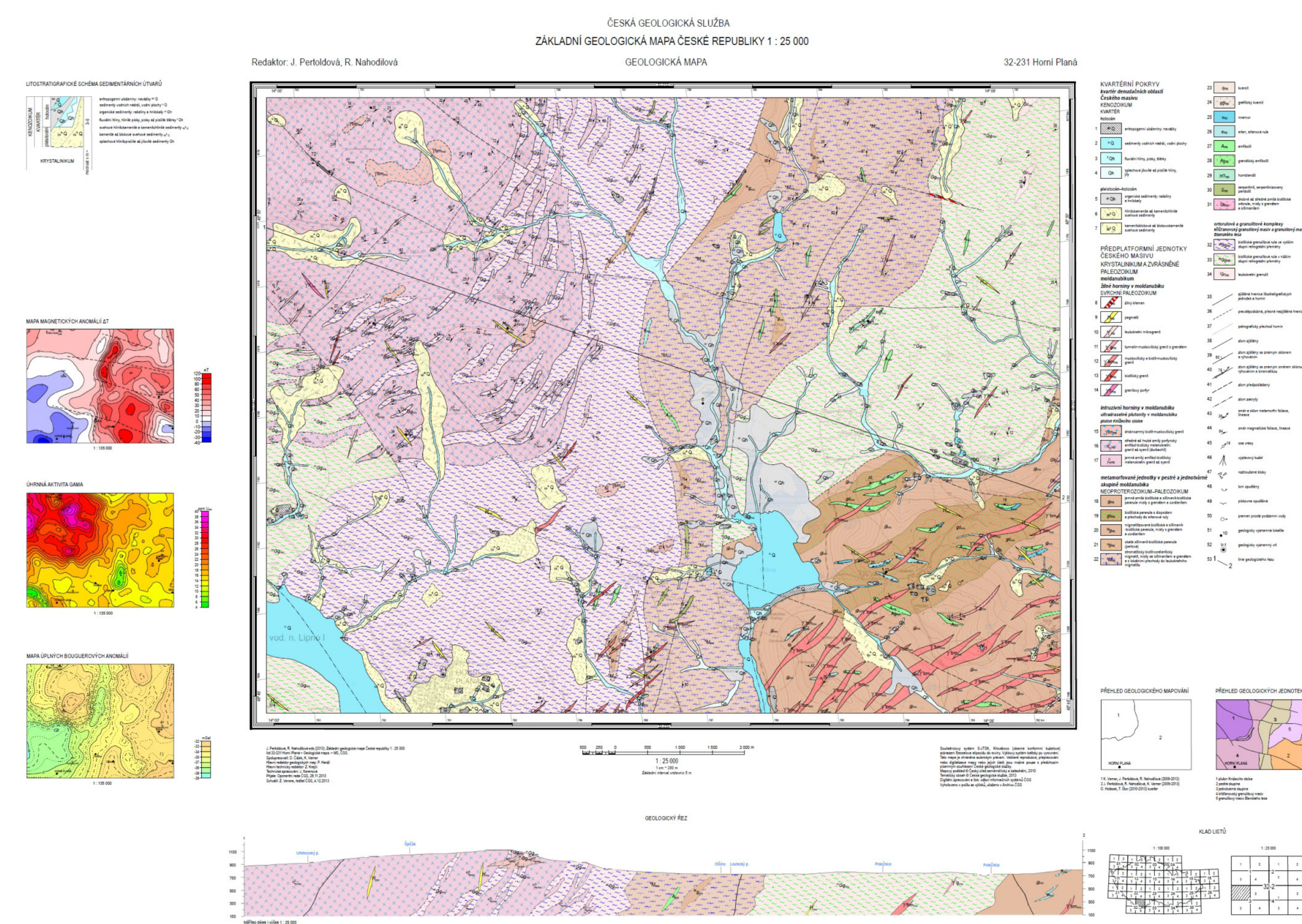


# GEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ

## Geologické mapování

Geologické mapování je činnost v terénu, při které jsou získávány a zakreslovány do mapových podkladů údaje o geologické stavbě území. Součástí mapování je dokumentace odkryvů (hornin na povrchu), měření geologických fenoménů na odkryvech a lomech, odběr vzorků k laboratorním analýzám a mikroskopování.

Geologické mapování bude probíhat po celou dobu trvání průzkumných prací. Každou lokalitu zvládne pokrýt s použitím běžných nástrojů (geologický kompas, geologické kladivo apod.) několik pracovníků.



Příklad geologické mapy a geologického řezu. Zdroj: Česká geologická služba

## Geologická mapa

Geologická mapa představuje vrcholný výstup geologicko průzkumných prací. Jedná se o 2D vizualizaci geologické stavby. Zobrazuje horninové složení studovaného území, vzájemné vztahy jednotlivých typů hornin a křehké struktury (zlomy). Nedílnou součástí je také odhad hloubkového dosahu jednotlivých těles (geologický řez).



Příklad dokumentačního bodu a dokumentované struktury - zlomu v rámci geologického mapování.

Pracovní vybavení mapujícího geologa.

## Co je třeba udělat pro správnou geologickou mapu - terén

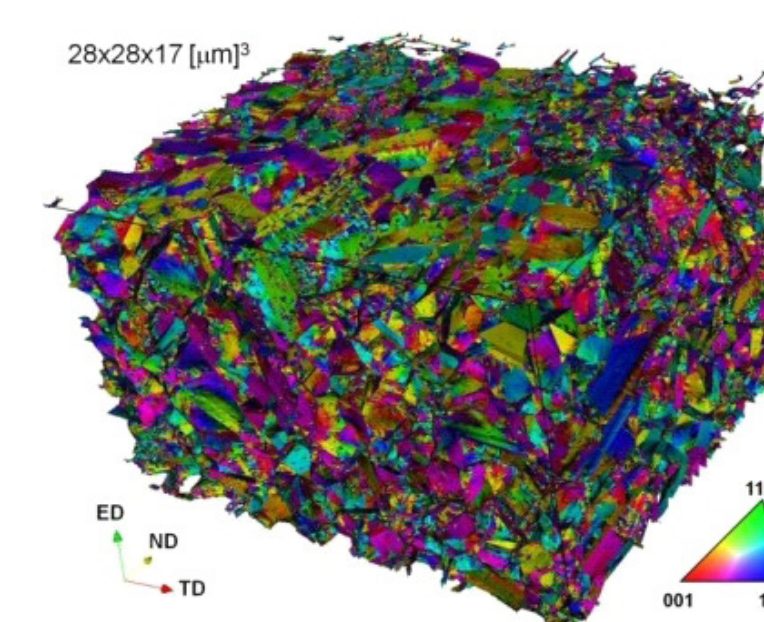
Geologické mapování se skládá ze dvou částí: terénní a laboratorní. V rámci terénních prací jsou získávána data ze skalních výchozů nebo z úlomků hornin v terénu. V pravidelné síti jsou pořizovány tzv. dokumentační body. Na každém dokumentačním bodu je pořízen základní popis horniny, fotografická dokumentace, změřeny struktury a fyzikální vlastnosti horniny a bod je zaměřen pomocí GPS. Na některých bodech jsou odebírány horninové vzorky o velikosti do 1 kg. V rámci geologického mapování jsou také sbírána data o vodním režimu oblasti (hydrogeologické mapování), nebo o technických vlastnostech horninového prostředí (inženýrsko-geologické mapování).

## Co je třeba udělat pro správnou geologickou mapu - laboratorní práce

V rámci laboratorních prací jsou získávána data o chemickém složení horniny, její vnitřní struktuře, složení jednotlivých minerálů. Tyto práce pomohou zpřesnit klasifikaci horniny, určit její původ a prostředí vzniku a jsou nezbytnou součástí při návrhu jejího případného využití.



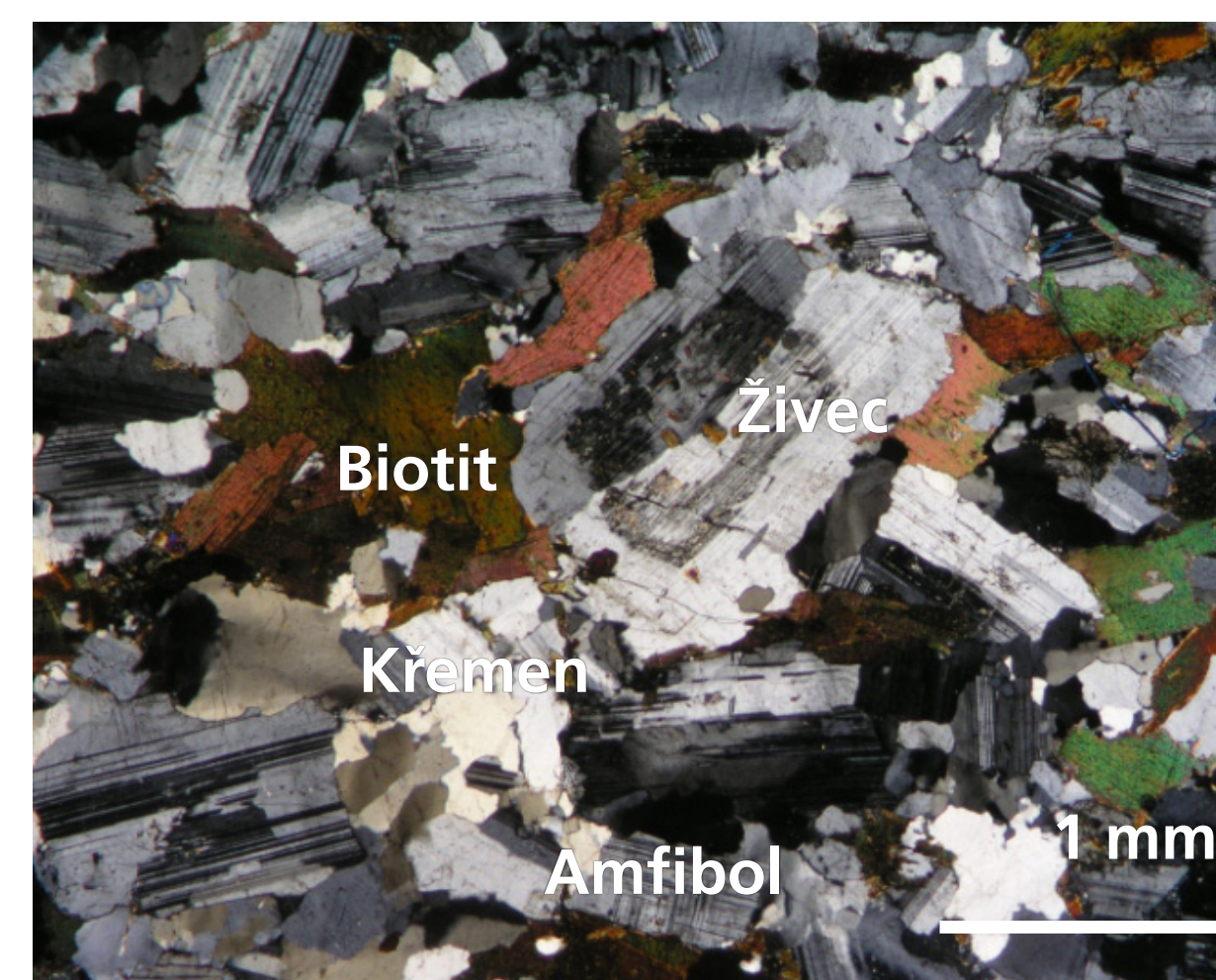
Příprava vzorku pro laboratorní práce



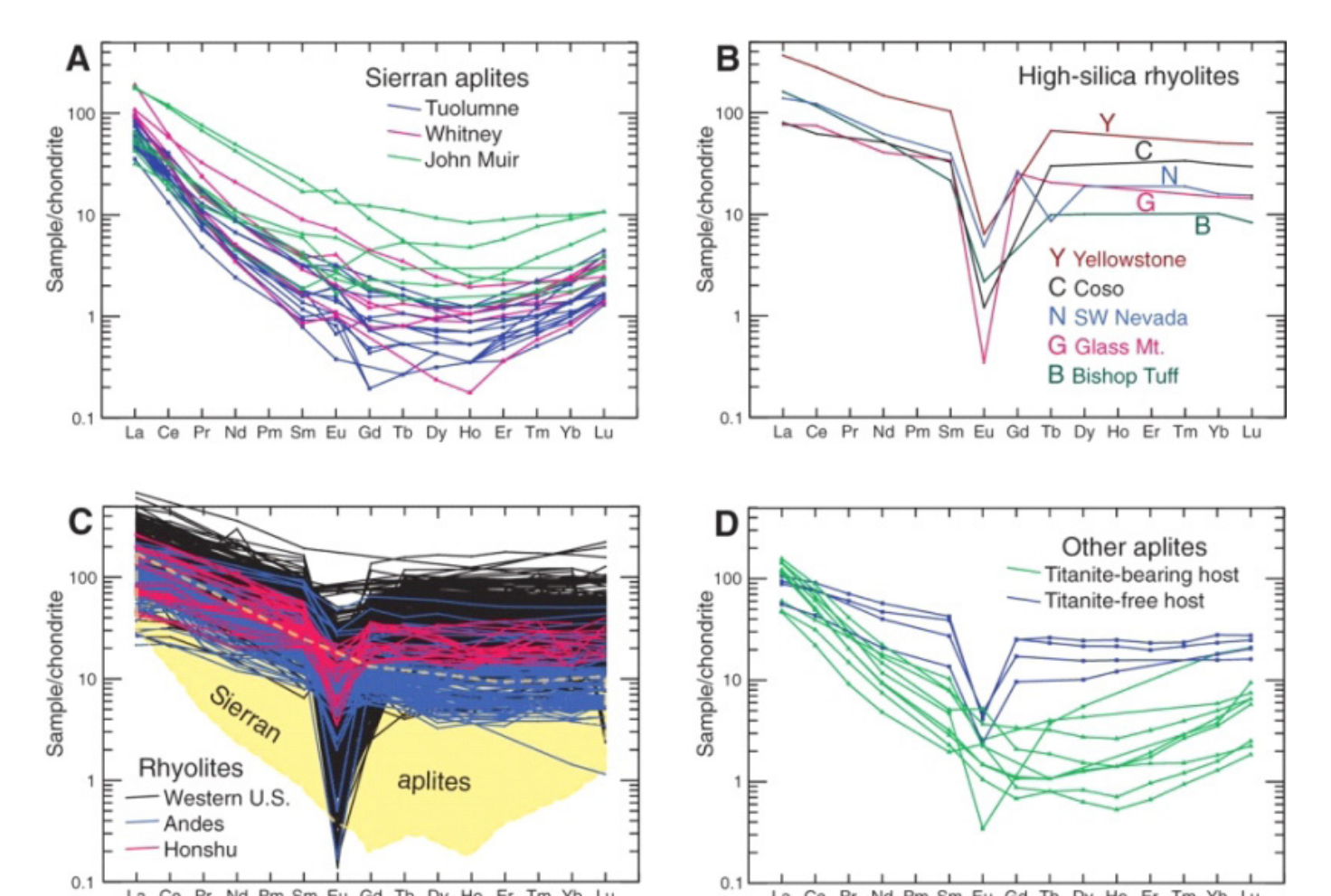
3D vizualizace vnitřní struktury horniny



Přístroj pro určování chemického složení horniny



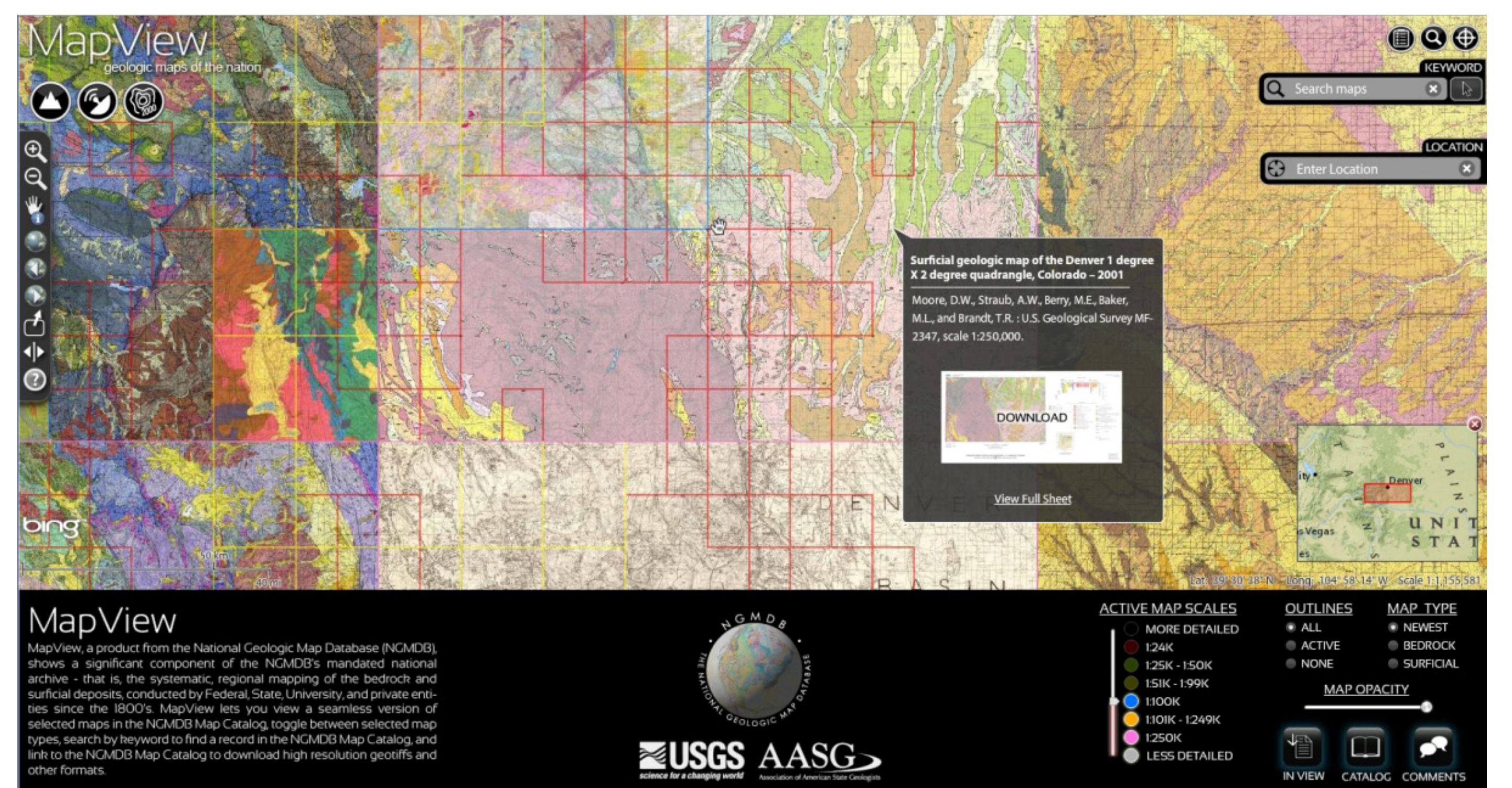
Hornina pod mikroskopem



Graf prvkového složení horniny

## Geologická mapa - zkresení

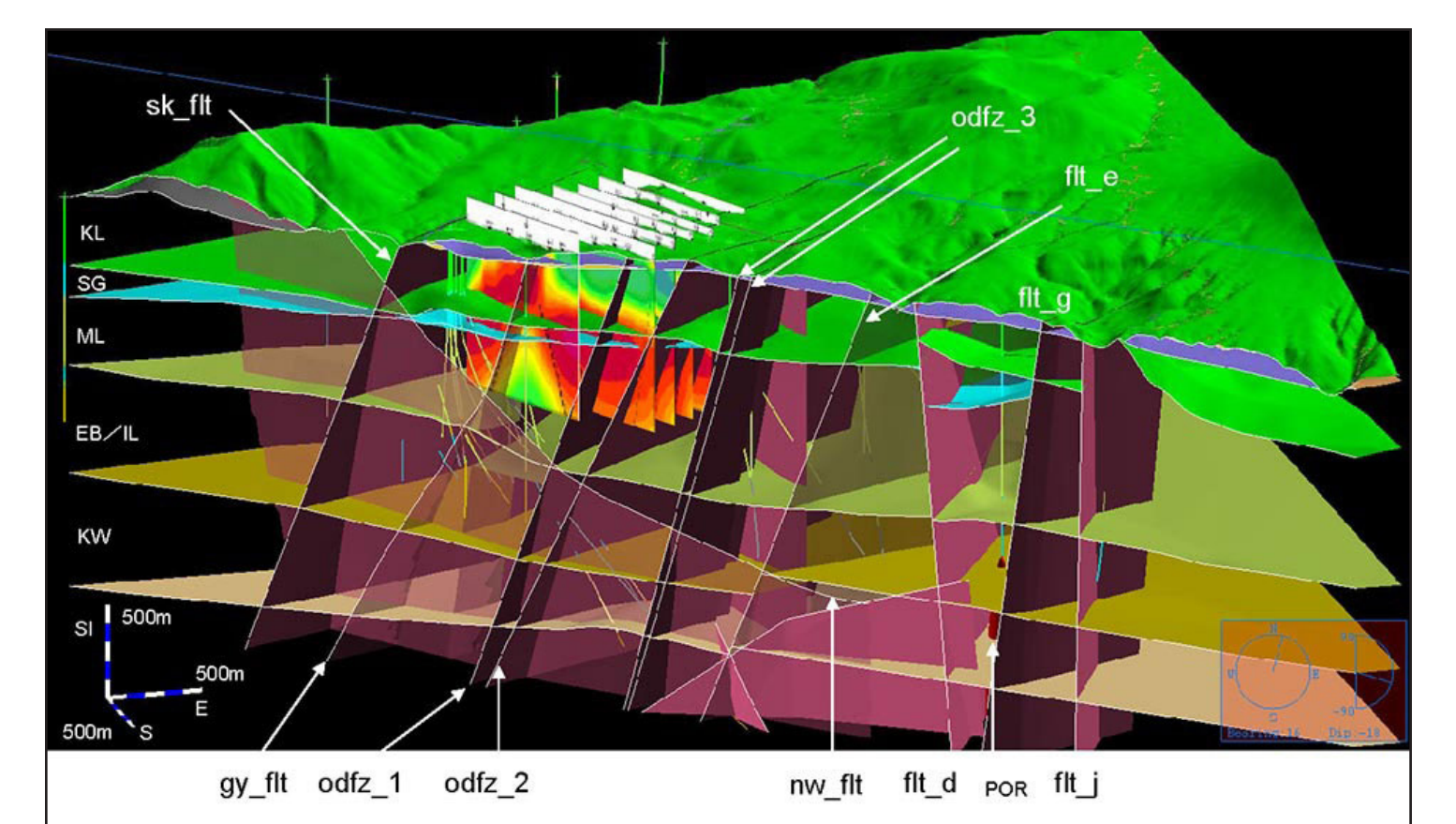
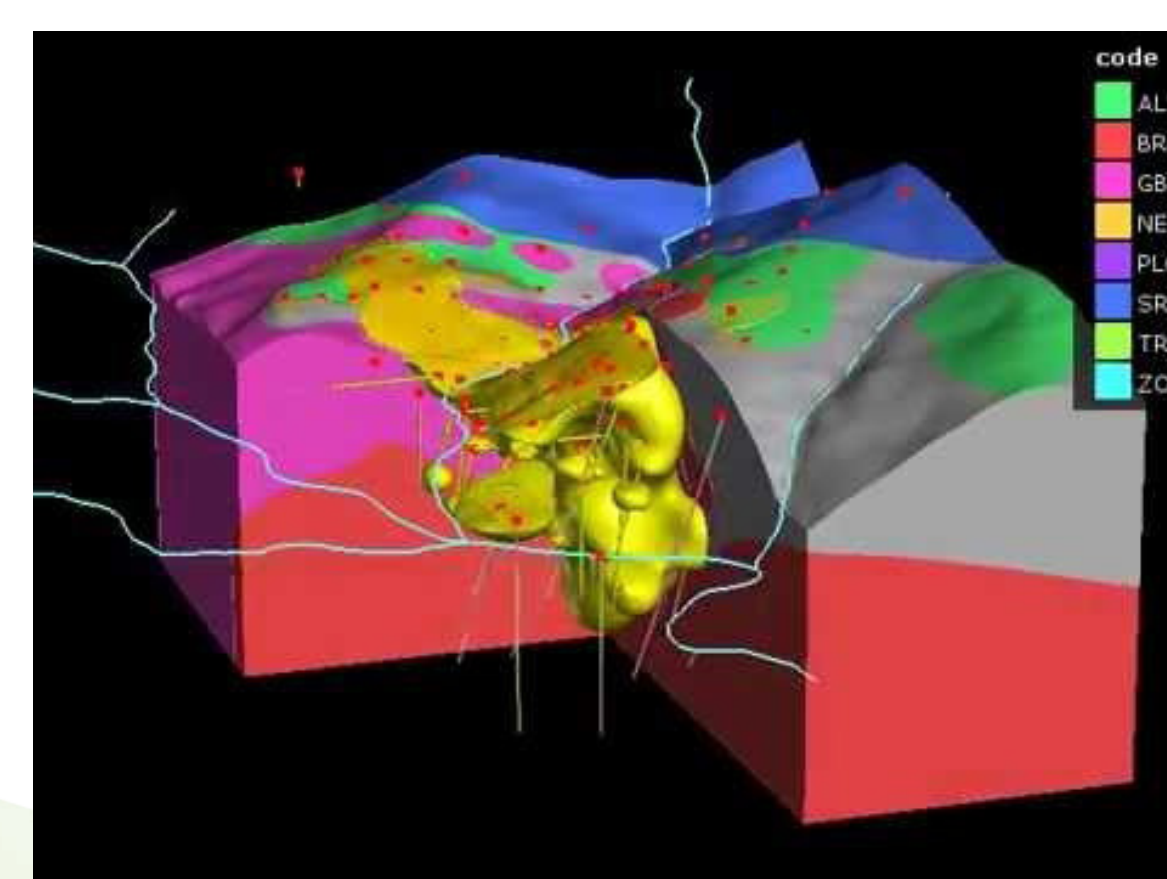
Na základě mapových podkladů, terénních a laboratorních prací je zkrselena a digitalizována geologická mapa. Moderní geologická mapa představuje rozsáhlý geologický informační systém, kdy jsou kromě dílčích souborů mapových výstupů (geologická mapa, strukturní mapa, hydrogeologická mapa) v databázovém prostředí archivovány všechny získané informace. Tímto je zaručeno uložení a bezpečné skladování získaných znalostí o studovaném území.



Příklad geologické databáze

## 3D modelování

Na základě získaných dat a pomocí moderních prostředků lze geologickou stavbu interpretovat do podoby 3D geologického modelu studovaného území. 3D geologické modely budou tvořit nejpokročilejší výstup prováděných geologicko-průzkumných prací.



Příklad 3D geologických modelů území





## GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM

### Povrchový geofyzikální průzkum

Povrchová geofyzika představuje nedestruktivní způsob průzkumu hlubinných částí zemské kůry, tj. bez technických prací a zásahů do pozemků. Zemská kůra je obecně nesourodá (nehomogenní) a její zvláštnosti můžeme měřit jako změny určitého fyzikálního parametru (elektrický odpor, gravitační zrychlení, rychlost seismických vln aj.)

### Cíl geofyzikálního průzkumu

Pro zodpovědné rozhodnutí o výběru lokality pro vybudování hlubinného úložiště je potřebné rozšířit a doplnit stávající informace. Doplnující informace upřesní složení horninového prostředí a jeho strukturnětektonické poměry, určí hloubku zvětrání horninového masivu a pomůžou určit neporušené celistvé (homogenní) bloky krystalinického tělesa. V rámci geofyzikálních prací budou novými způsoby také reinterpretována data získaná v předchozích etapách průzkumu.

### Seismika

Je založená na studiu uměle vyvolaných elastických vln, které se šíří horninami. Po jejich dopadu na seismické rozhraní (dva horninové celky), se tyto vlny od něj odráží (reflexní seismika) nebo se na něm lámou (refrakční seismika). Pomocí speciálních přijímačů (geofonů) se zaznamenává čas průchodu a charakter vlnění, které v sobě nese informaci o hloubce a tvaru rozhraní, od kterého se vlna odrazila a také o prostředí, kterým během své cesty prošla.



Seismický průzkum

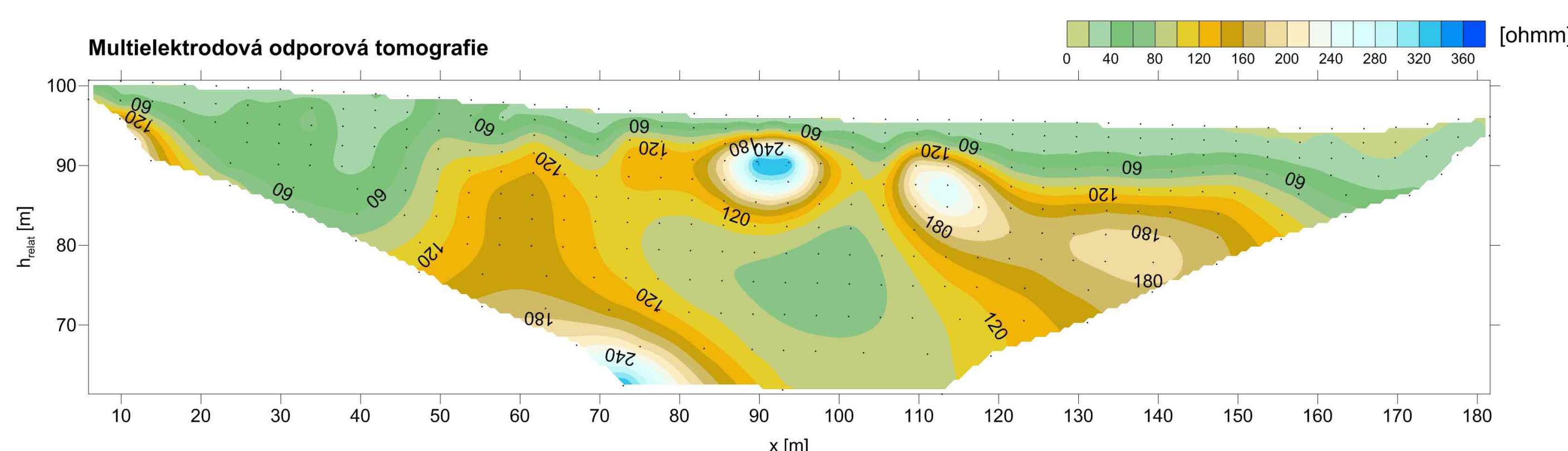
### Elektromagnetické metody

Měří projevy proměnného elektromagnetického pole. To může být přirozené nebo umělé, harmonické nebo neharmonické, o nízké nebo vysoké frekvenci.

Rozlišujeme dvě základní skupiny zdrojů elektromagnetického pole. Zdrojem elektromagnetických polí, které používají pasivní metody, jsou přirozené jevy v atmosféře a ionosféře nebo pole, které je generované lidskou aktivitou (např. radiostanice). Skupina aktivních metod používá vlastní zdroje elektromagnetického pole se stabilním a nezávislým signálem s možností volby požadované frekvence. Obecně u elektromagnetických metod platí, čím je frekvence použitého signálu nižší, tím větší je hloubkový dosah.

### Geoelektrické odporové metody

Základním měřeným parametrem je měrný elektrický odpor horninového prostředí. Ten je ovlivněn řadou geologických faktorů: mineralogickým složením, strukturou a texturou hornin, teplotou a tlakem, pórizitou a stupněm nasycení hornin vodou, mineralizací. Pomocí elektrod se do země zavádí stejnosměrný proud, přičemž se na zemském povrchu měří napětí mezi dalšími dvěma elektrodami.



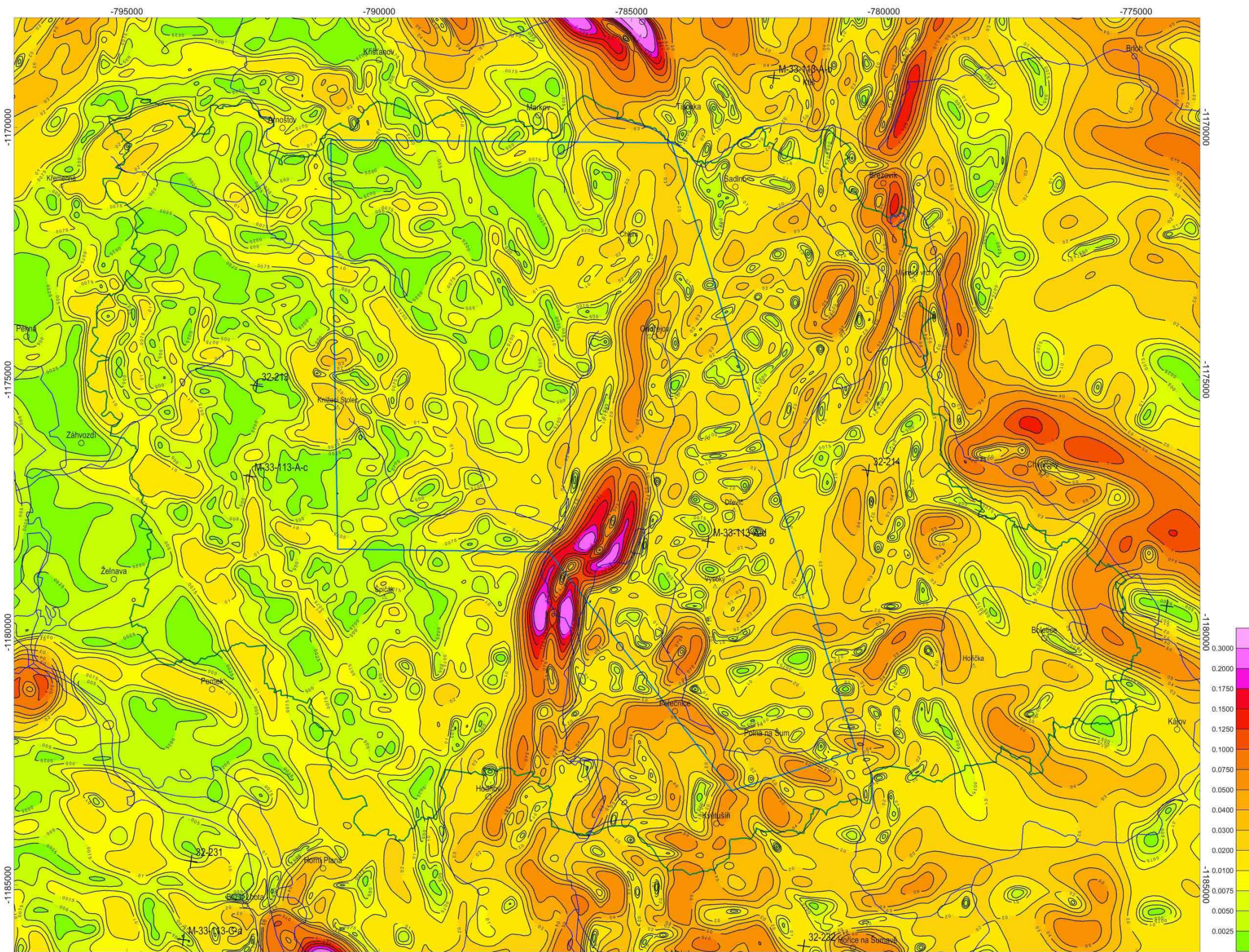
Multielektroodová odporová tomografie - měrný elektrický odpor.



Měření geoelektrické odporové metody

### Magnetometrie

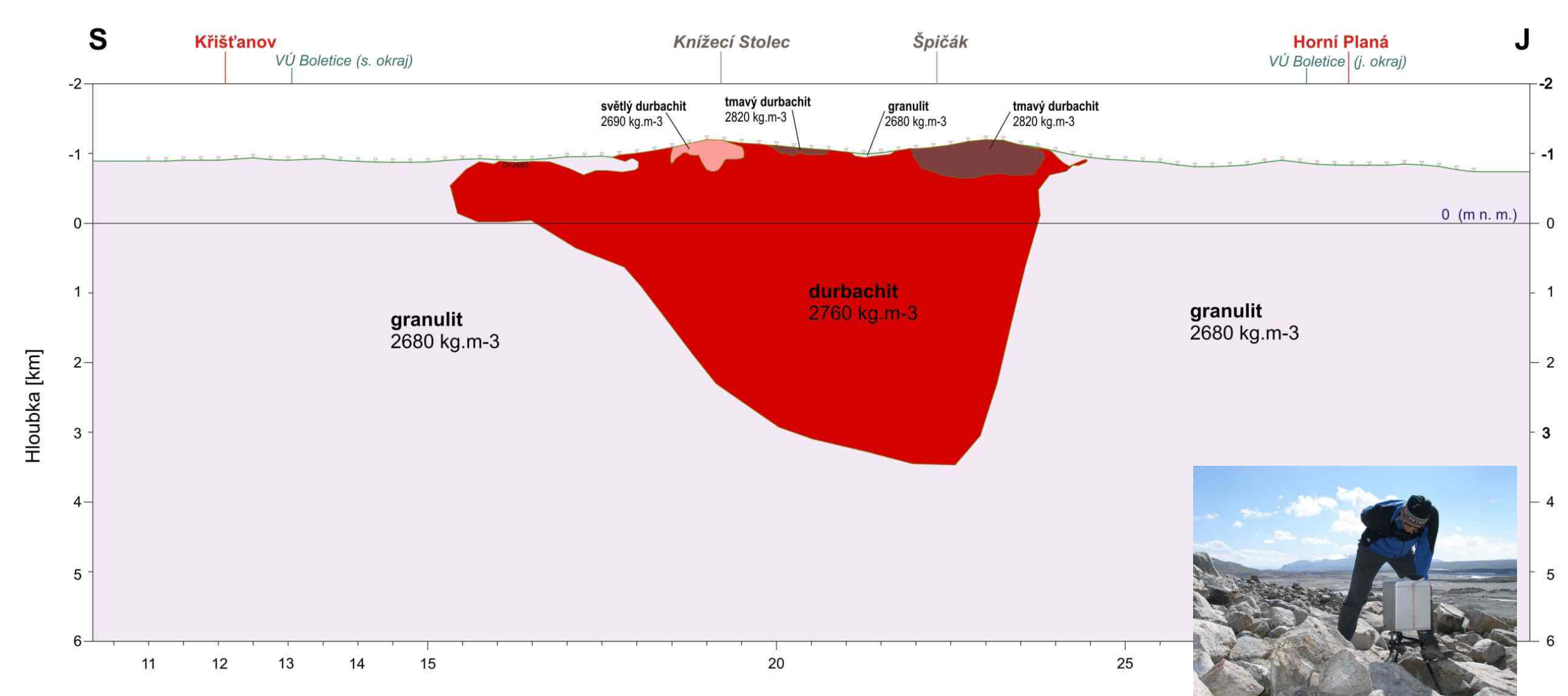
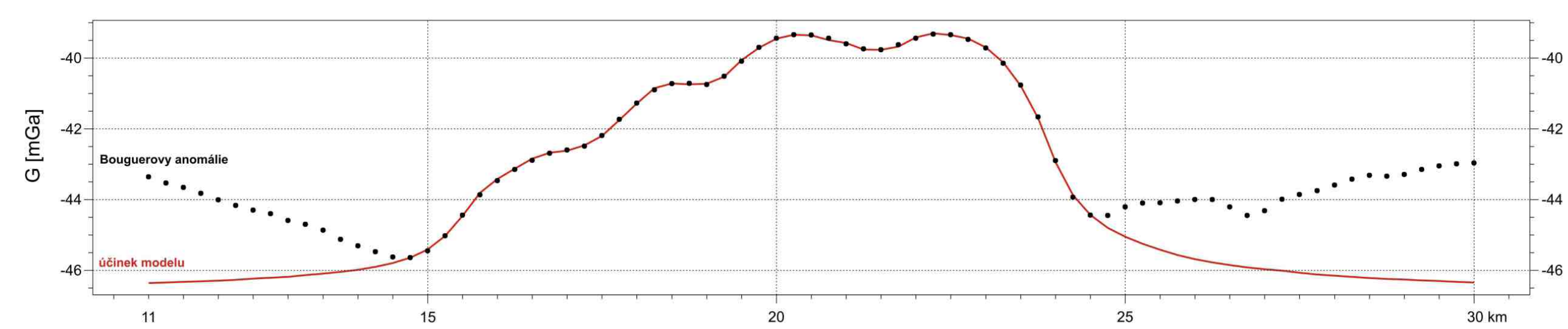
Magnetické pole hornin se vytvoří, když hornina obsahuje prvky nebo sloučeniny (např. minerály) s abnormálním magnetickým projevem. Při měření na povrchu se magnetické pole hornin projevuje jako porucha (magnetická anomálie) normálního magnetického pole Země.



Horizontální gradienty magnetických anomálií (grad ΔT)

### Gravimetrie

Přesné měření změn tíhového pole Země. Rozhodujícím fyzikálním parametrem je objemová hmotnost (hustota) hornin, která závisí na mineralogickém složení, rozpuštění, stupni zvětrání apod. Měřenou fyzikální veličinou je gravitační zrychlení měnící se v závislosti na hustotě hornin.



Gravimetrický model