

# Základy aplikovanej geofyziky

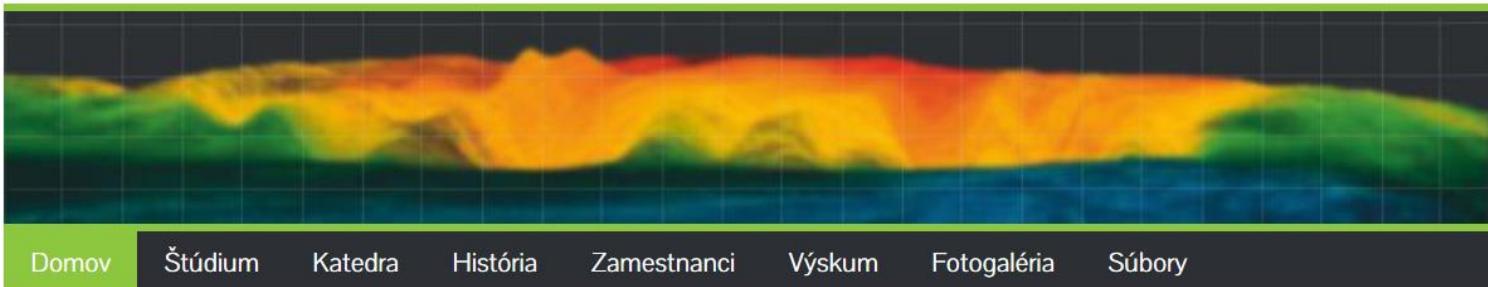
## Úvod

**skriptá: webstránka našej katedry: [www.kaeg.sk](http://www.kaeg.sk)**

**→ vpravo v strede (učebné texty)**

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

## Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky



Domov    Štúdium    Katedra    História    Zamestnanci    Výskum    Fotogaléria    Súbory

### Obhajoby diplomových prác v LS 2019

Napísal Roman Paštka, 26. apríla 2019 v [Aktuality](#)

Obhajoby diplomových prác na Katedre aplikovanej a environmentálnej geofyziky, utorok 4. júna 2019 o 9.00 hod.:

Bc. Dominika Godová:

KONTAKT ČESKÉHO MASÍVU A ZÁPADNÝCH KARPÁT: HUSTOTNÉ MODELOVANIE PROFILU CEL09

Bc. Ondrej Čangel:

DETEKCIÁ PODDOLOVANÉHO ÚZEMIA GEOFYZIKÁLNYMI METÓDAMI NA LOKALITE BAŇA ČÁRY, A.S.

[Čítať ďalej »](#)

### Aktuálne témy Bakalárskych a Diplomových prác na našej katedre (šk. rok 2018/2019)

Napísal Roman Paštka, 21. novembra 2017 v [Aktuality](#)

Milé študentky, milí študenti.

Hľadať

zadajte výraz...

#### Rýchla navigácia

[Fotogaléria](#)

[História](#)

[Katedra](#)

[Štúdium](#)

◦ [Učebné texty](#)

[Súbory](#)

[Výskum](#)

◦ [Projekty APVV](#)

▪ [Project APVV-0104-10](#)

**skriptá: webstránka našej katedry: [www.kaeg.sk](http://www.kaeg.sk)**

**→ vpravo v strede (učebné texty)**

Predmet: Základy aplikovanej geofyziky, 2. roč. bak. Geológia

Prednášky (prezentácie):

1. Úvod

2. Gravimetria

4a. Geoelektrika – odporovné metódy

4b. Geoelektrika – georadar

5. Seismické metódy

6. Rádionuklidové metódy

7. Seismológia

8. Karotáž

Skriptá:

Gravimetria Magnetometria , Geoelektrika, Seizmika, Radiometria, Seismologia, Karotaz

# Podmienky úspešného absolvovania tohto predmetu:

- odovzdané správne vypracované zadania (Mgr. Godová),
- absolvovanie písomnej skúšky na záver semestra.

Písomná skúška pozostáva z cca 20 otázok, ktoré sú uvedené na konci kapitol skript k jednotlivým metódam. Pozor, nejde o výberový test (A, B, C), ale o vypracovanie stručných písomných odpovedí na jednoduché otázky.

# Obsah prezentácie:

- čo je to geofyzika (aplikovaná geofyzika),
- dôležité pojmy v geofyzike: geofyzikálne polia a petrofyzikálne vlastnosti geologických objektov
- jednotlivé geofyzikálne metódy (stručne),
- príklady použitia aplikovanej geofyziky.

# Čo je to vlastne geofyzika?

interdisciplinárne odvetvie, ktoré sa zaoberá meraním,  
spracovaním a interpretáciou **fyzikálnych polí Zeme**:

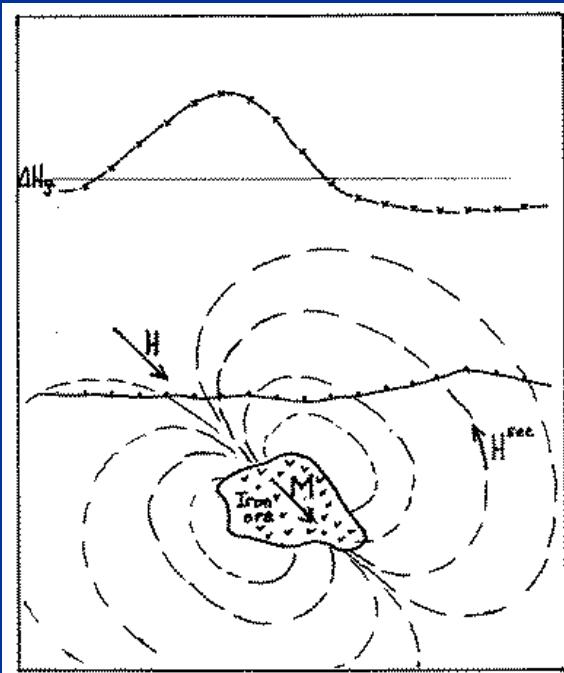
- magnetického poľa,
- tiažového poľa,
- elektrických polí (prirodzených a/alebo umelých),
- mechanického vlnového poľa,
- prirodzenej radioactivity
- teleplého poľa
- atď.

za účelom zistovania jej **stavby**, tvaru, interakcie  
s okolitým vesmírom ...

**geofyzika – teoretická (fyzika Zeme) a aplikovaná,**

# Čo je to vlastne geofyzika?

v meraných **geofyzikálnych poliach** sa často prejavuje prítomnosť nehomogenít = záujmových objektov – – v oblasti geológie, ekológie, inžinierstva, archeológie, ...



Pri použití geofyzikálnych metód musí byť zrejmé, či má hľadaný objekt dostatočný **kontrast v petrofyzikálnych vlastnostiach** oproti svojmu okoliu.

# Čo je to vlastne geofyzika?

zdroje fyzikálnych polí Zeme:

*prirodzené*

*umelé*

magnetické pole Zeme

vysielače el-mag. vĺn

tiažové pole Zeme

odpaly, mechanické údery,

búrky, zemetrasenia ...

rádioaktívne zdroje ...

okrem zdrojov polí sú dôležité tiež fyzikálne vlastnosti

horninového (antropogéneho) prostredia (hustota,  
susceptibilita, vodivosť, atď.), ktoré tieto polia deformujú  
(vytvárajú anomálie geofyzik. polí)

cielom je aplikovanej geofyziky je interpretovať  
deformácie (anomálie) týchto polí za účelom detekcie  
záujmových objektov

# Čo je to vlastne geofyzika?

## metóda

- seismika
- seizmológia
- gravimetria
- magnetometria
- geoelektrika  
    a elektromagnetika
- rádiometria
- geotermika
- karotáž

## zdroj

- umelý
- prirodzený
- prirodzený
- prirodzený
- umelý aj prirodzený
- prirodzený
- prirodzený
- umelý aj prirodzený

# Čo je to vlastne geofyzika?

**prístroje a princípy merania:  
postavené na rôznych mechanizmoch  
interakcie fyzikálneho poľa s určitým  
senzorom**



## **Štruktúra semestra:**

- **seizmika a seismológia (Brixová)**
- **gravimetria (Pašteka)**
- **geoelektrika a elektromagnetika (Putiška)**
- **magnetometria (Pašteka)**
- **rádiometria (Mojzeš)**
- **karotáž (Mojzeš)**
- **príklady použitia geofyzikálnych metód v rôznych oblastiach geológie, ekológie a archeológie**

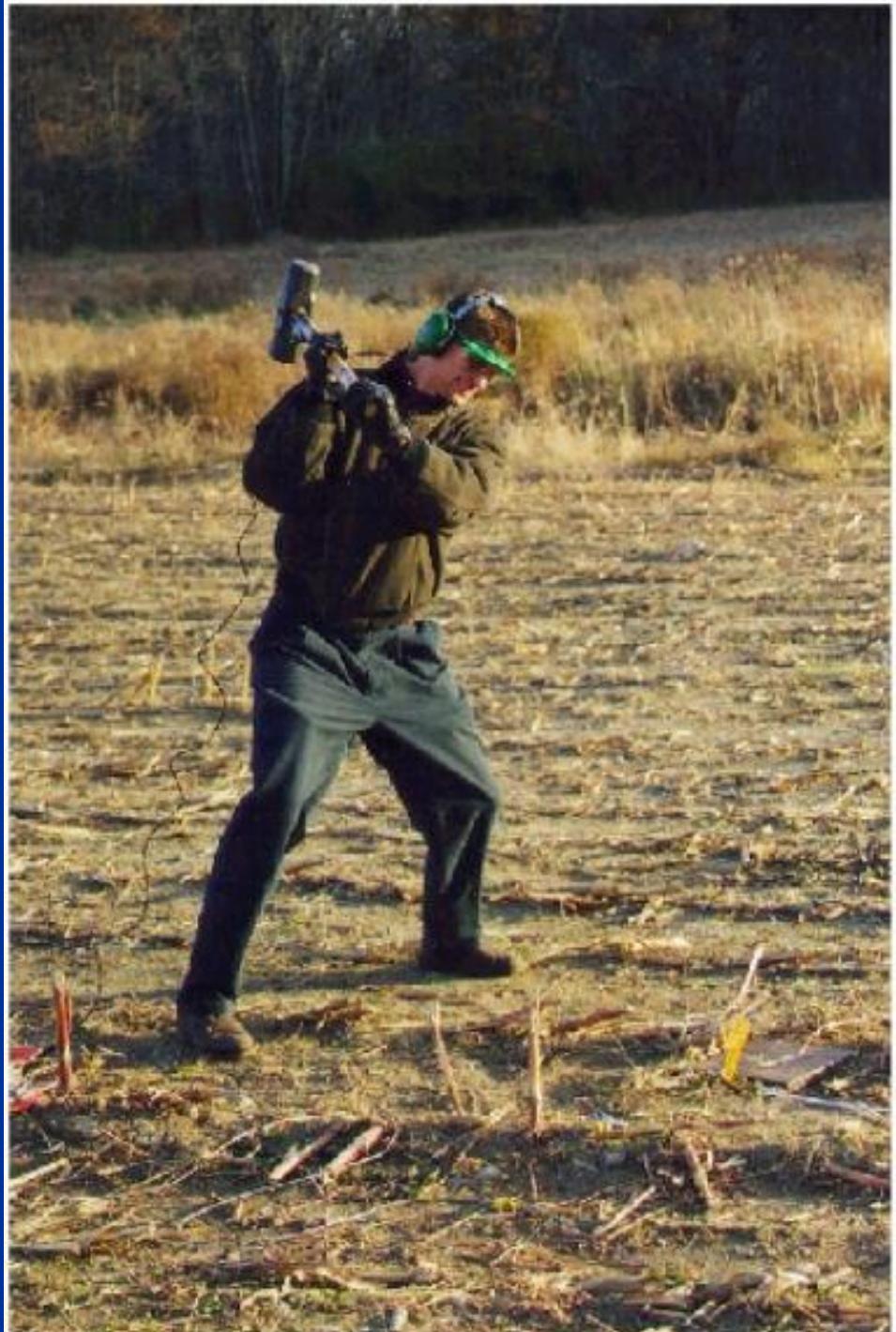
# JEDNOTLIVÉ METÓDY APLIKOVANEJ GEOFYZIKY (s aplikačnými príkladmi)

# **SEIZMIKA**

**štúdium seismických vĺn prechádzajúcich vnútrom  
Zeme**

**zdroj  
seizmických vln**

**Pudská sila**



# **autovibrátory**

**vysieláče seismických vln**

**technická sila**



**Registračné auto**

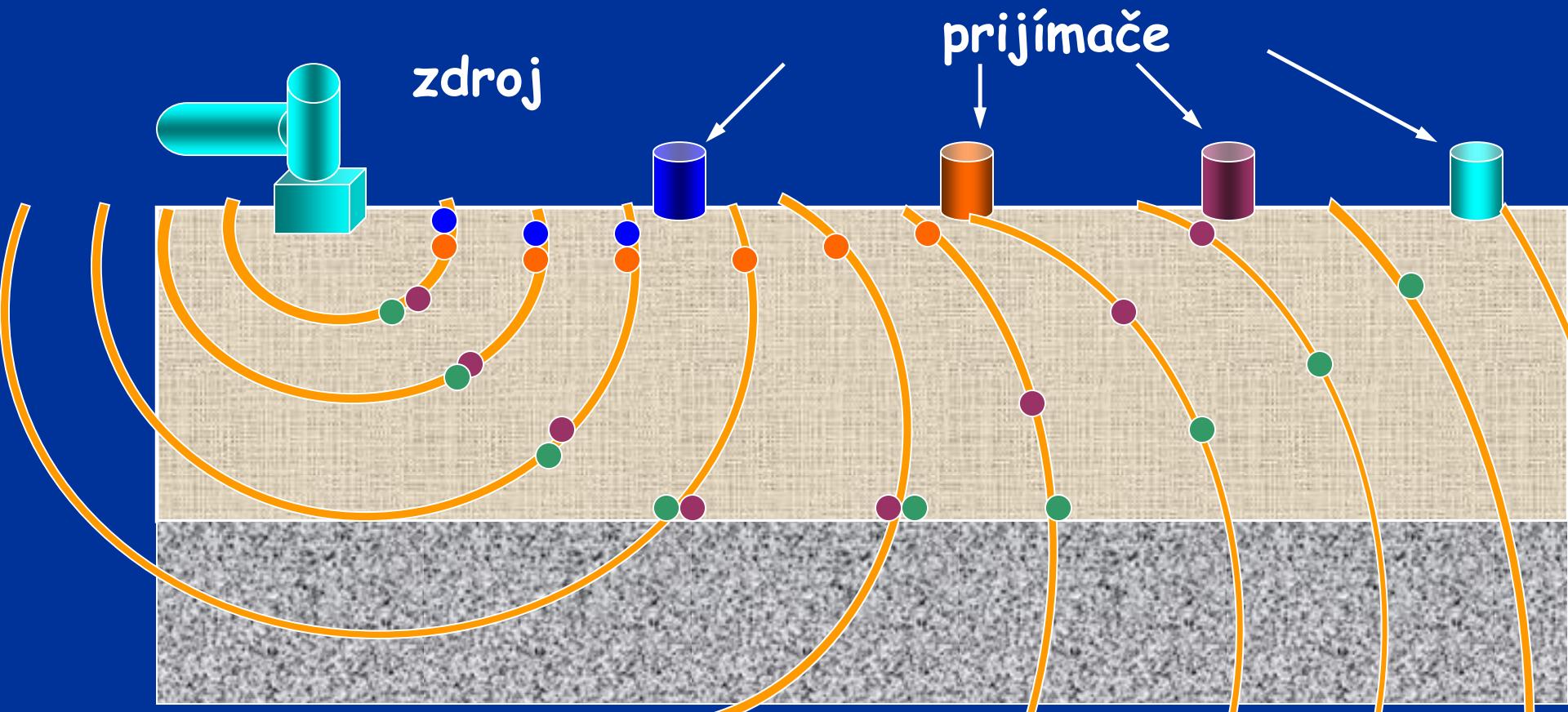
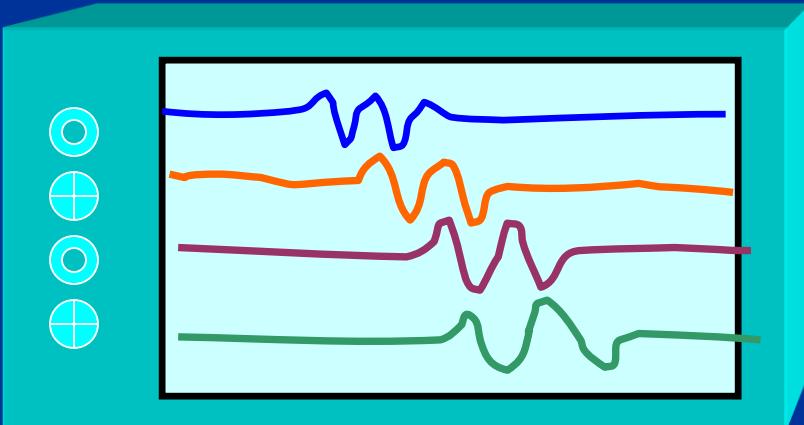


# prijímače seismických vln - geofóny



# seizmika

- založená na vybudení mechanických vĺn a registrácii ich odrazov od pod povrchových štruktúr,
- hĺbkový dosah až do niekoľko km (záleží od intenzity zdroja)



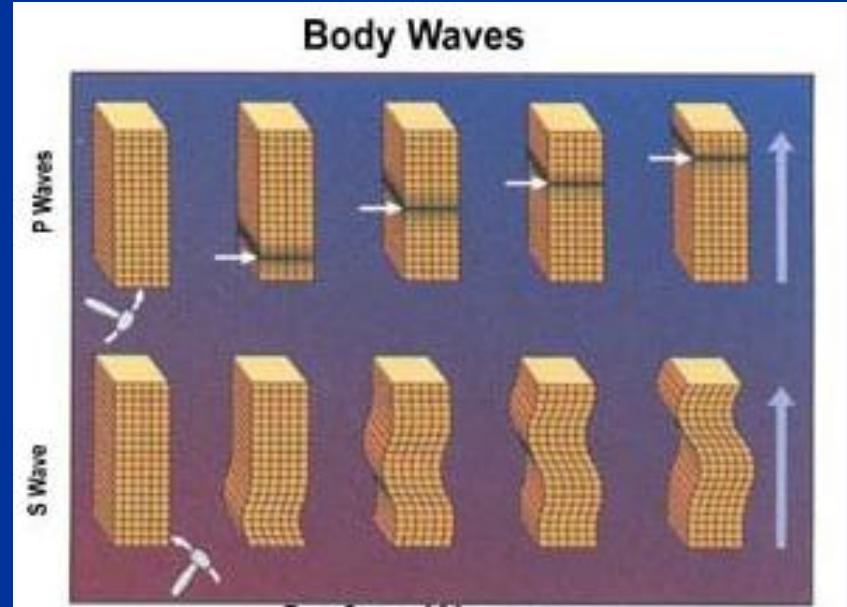
# typy seizmických vĺn:

1. P vlny – kompresné vlny –

pozdĺžne vlny  $v_p$

2. S vlny – strižné vlny –

priečne vlny  $v_s$



## dľalšie delenie seizmických vĺn:

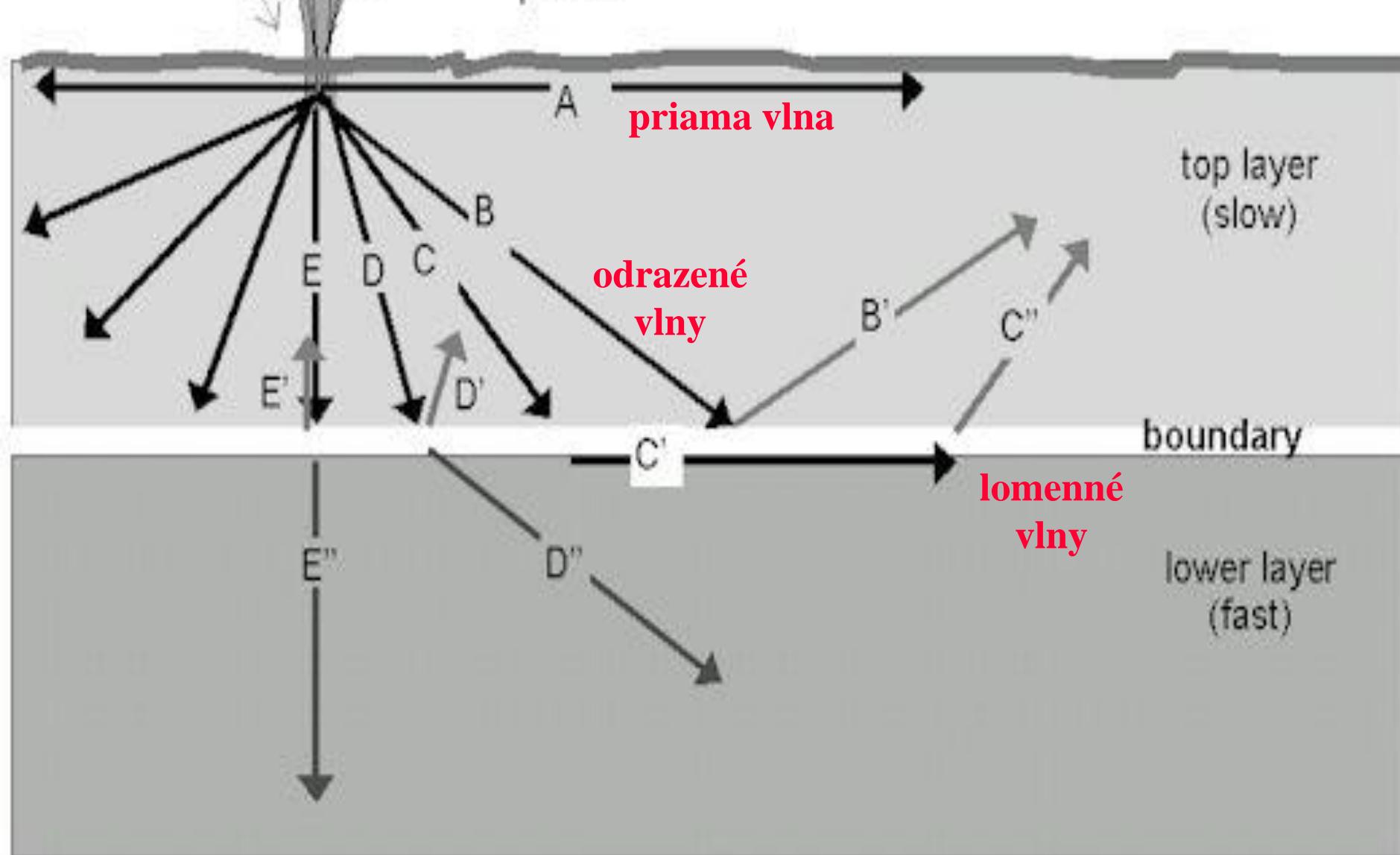
1. odrazené vlny

2. lomenné vlny

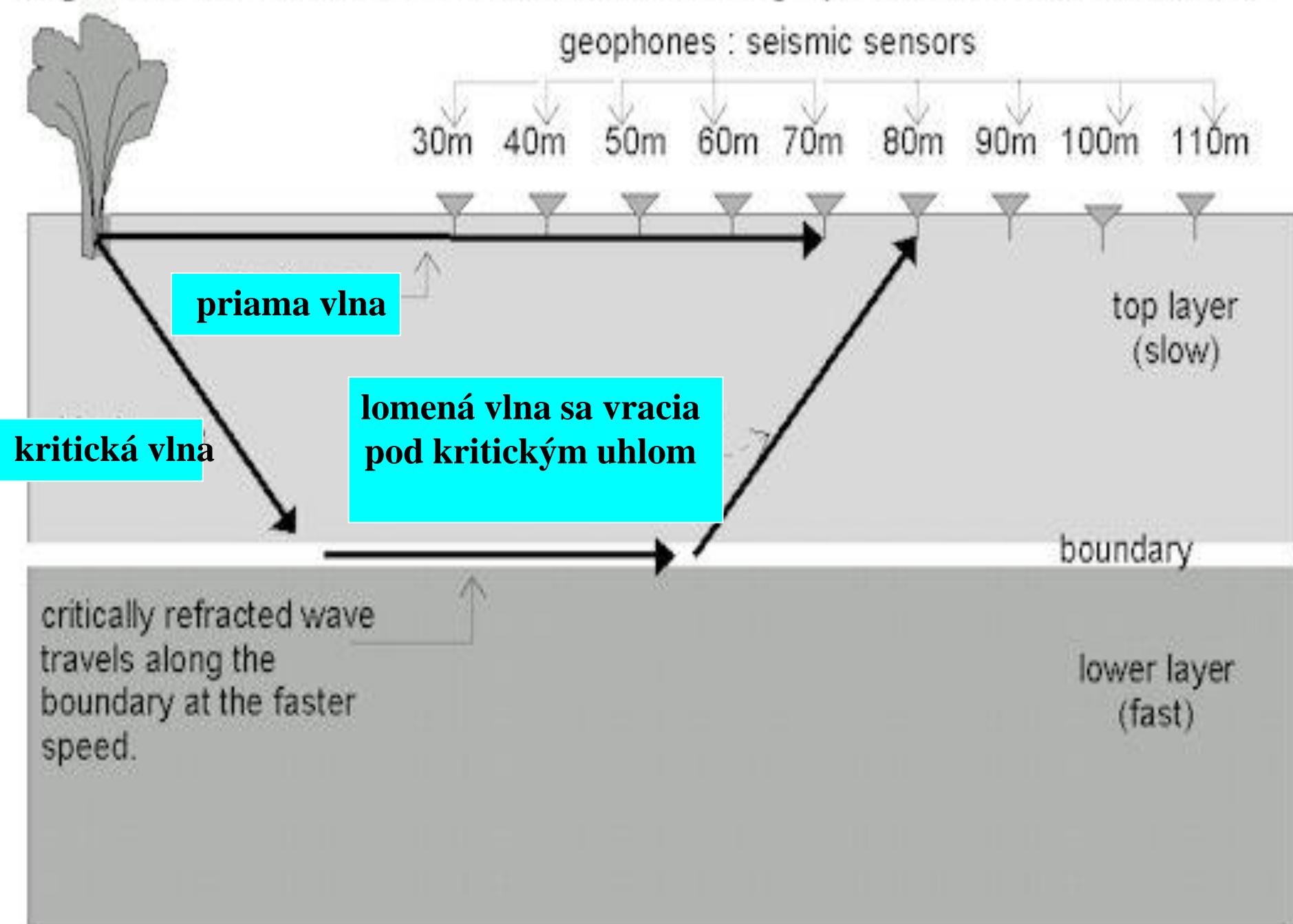
Podľa tohto sa seismika delí na:

a) tzv. **reflexnú** (odrazené vlny) a b) **refrakčnú** (lomené vlny)

**diagram 1:** An explosion sends seismic waves into the earth. The waves initially travel out in all directions but depending on their direction, they have various end points.



# Lomená vlna pričadza k geolonom pred priamou vlnou



# Seizmické reflexné profilovanie

sedimentárne vrstvy

reflektory

zvrásnené podložie

# Seismické reflexné profilovanie

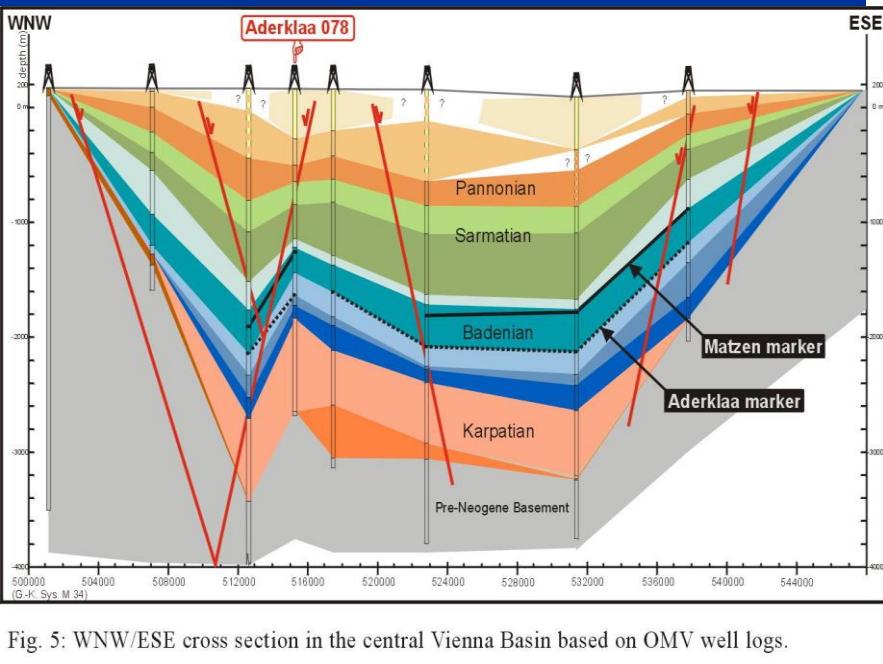
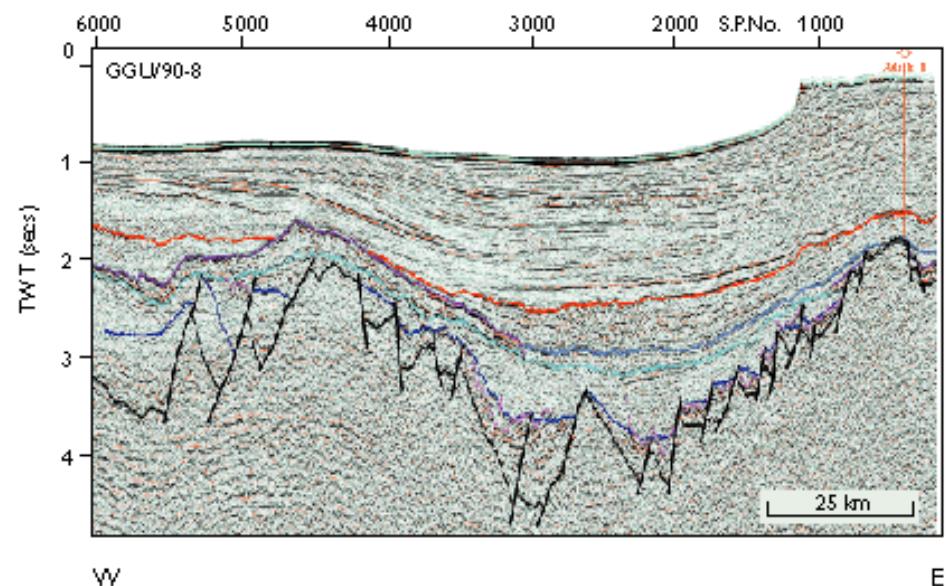
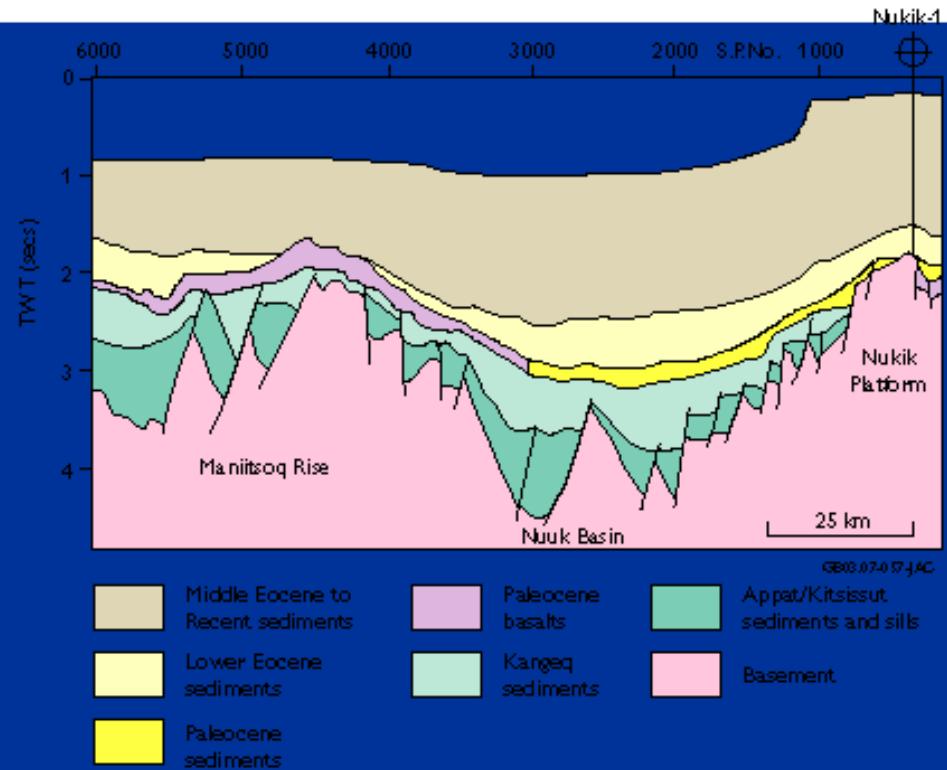
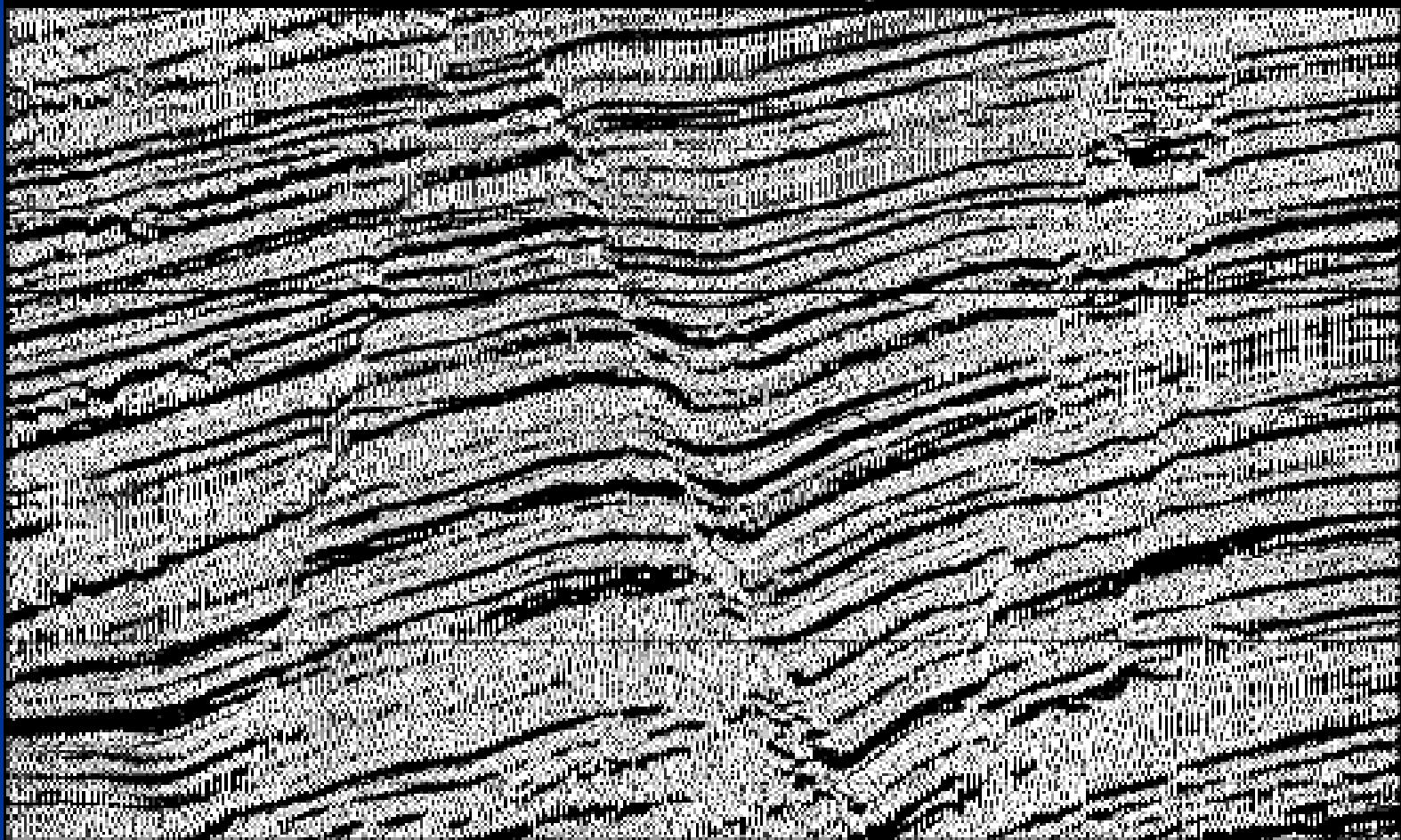


Fig. 5: WNW/ESE cross section in the central Vienna Basin based on OMV well logs.

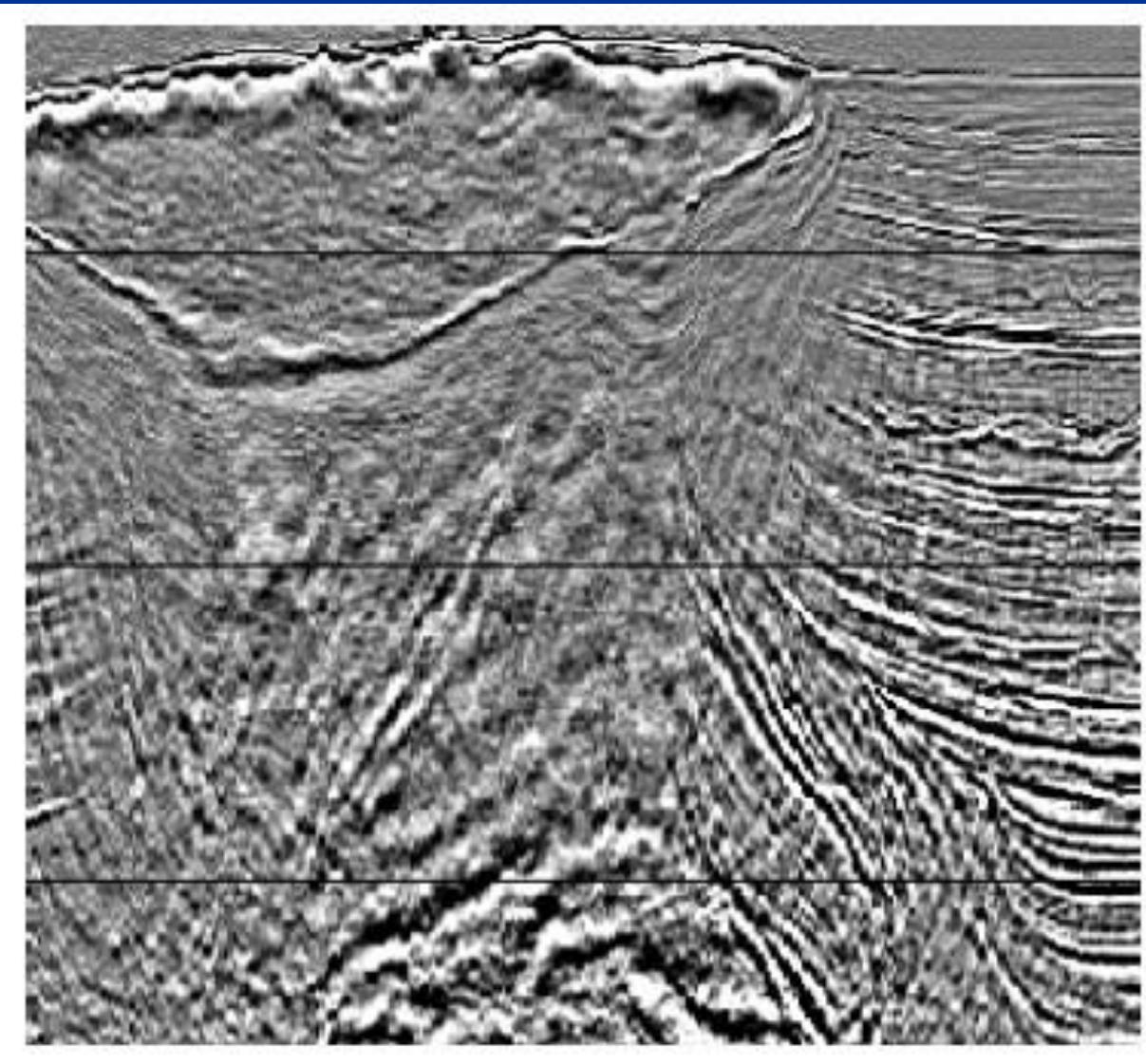


# tektonika

3D Prestack Time Migration - MOVES (Fault Imaging)



# sol'né štruktúry



# Morské seizmické merania



# Morské seizmické merania

Satellite navigation antenna

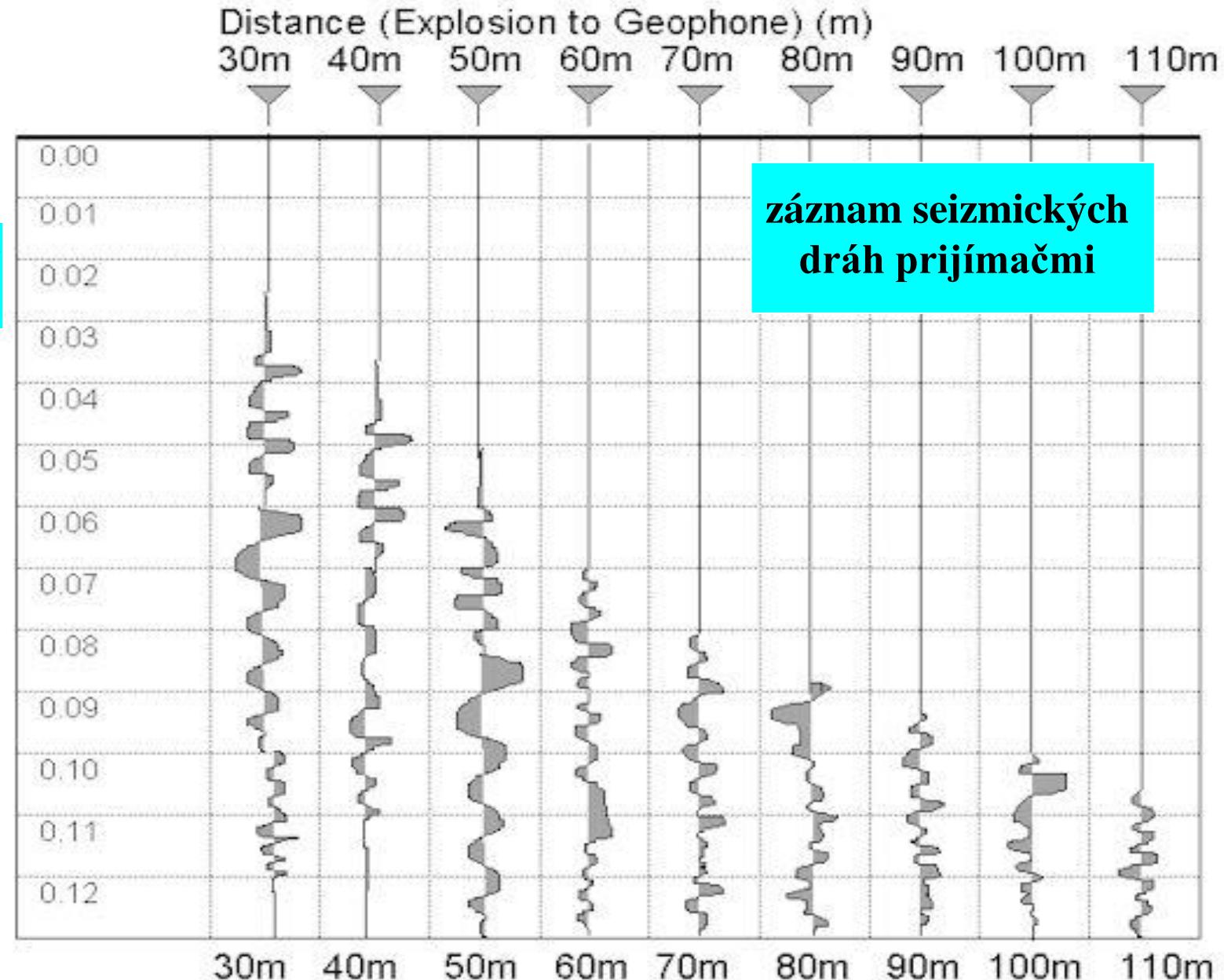


Hydrofóny detekujú seizmické ozveny od horninových vrstiev

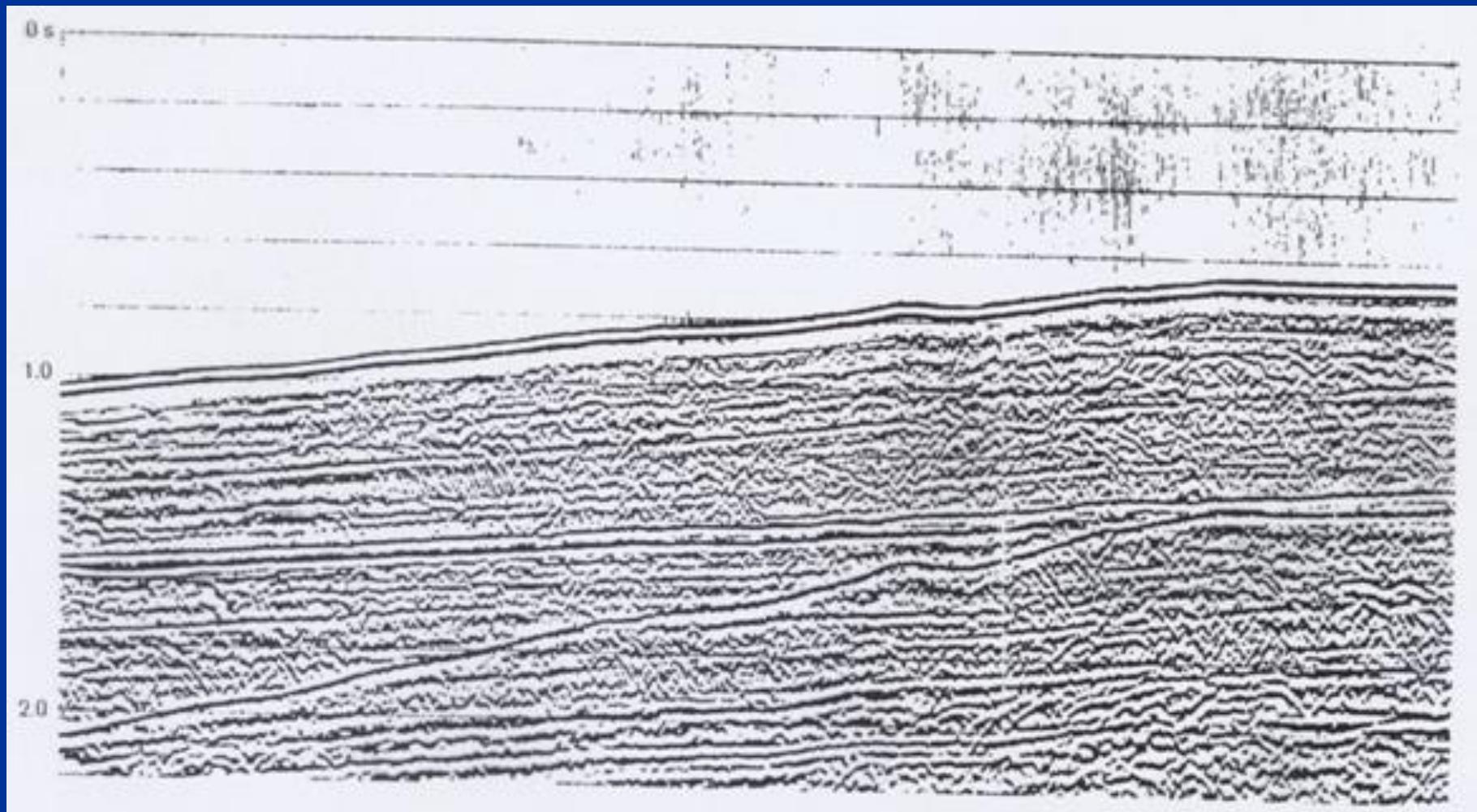
Bottom mud

Rock layers

# Rez seismickým záznamom



# Výsledný seizmický (časový) rez



# Seismické profily CELEBRATION 2000

## (hlbinná refrakčná seizmika)

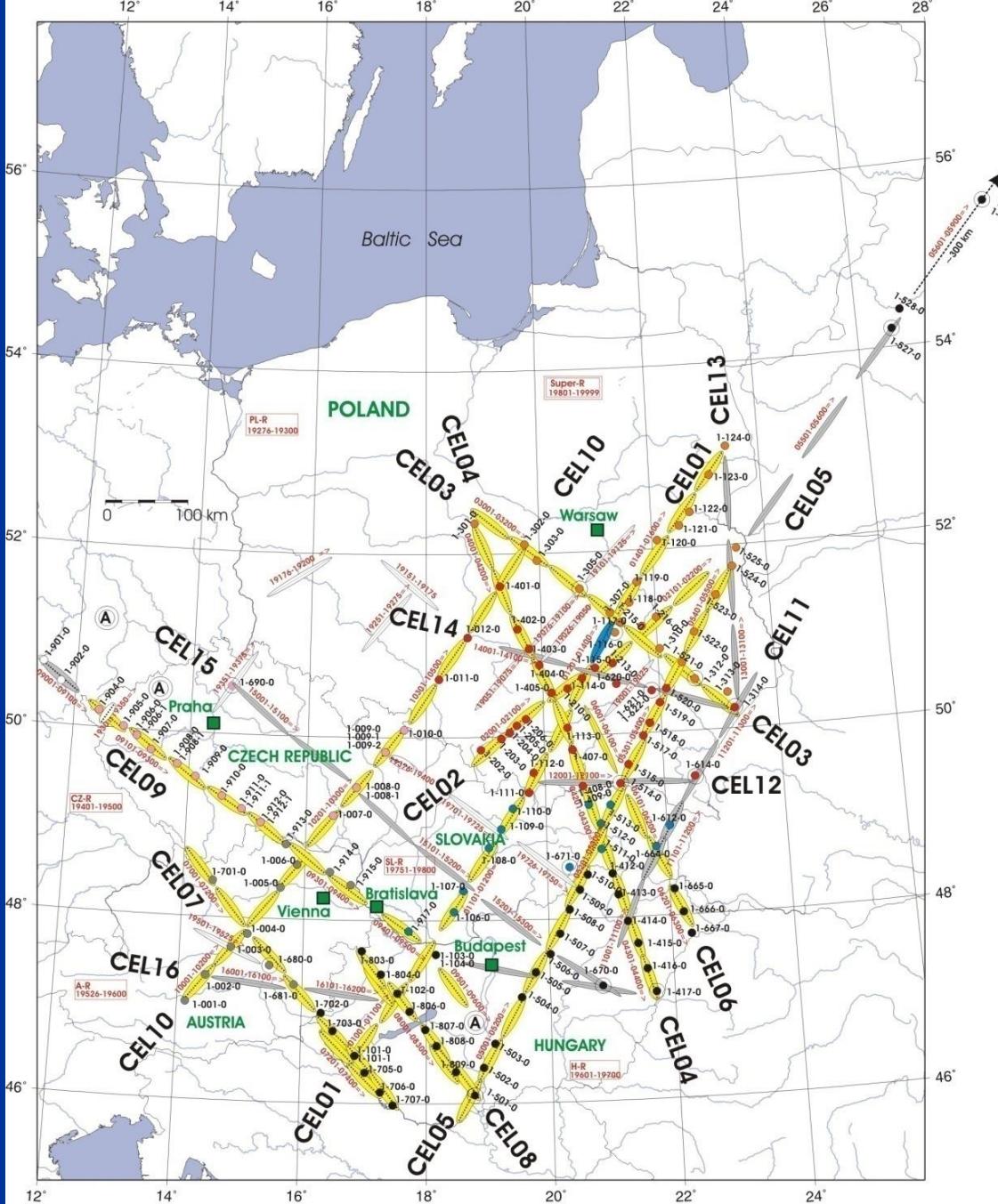
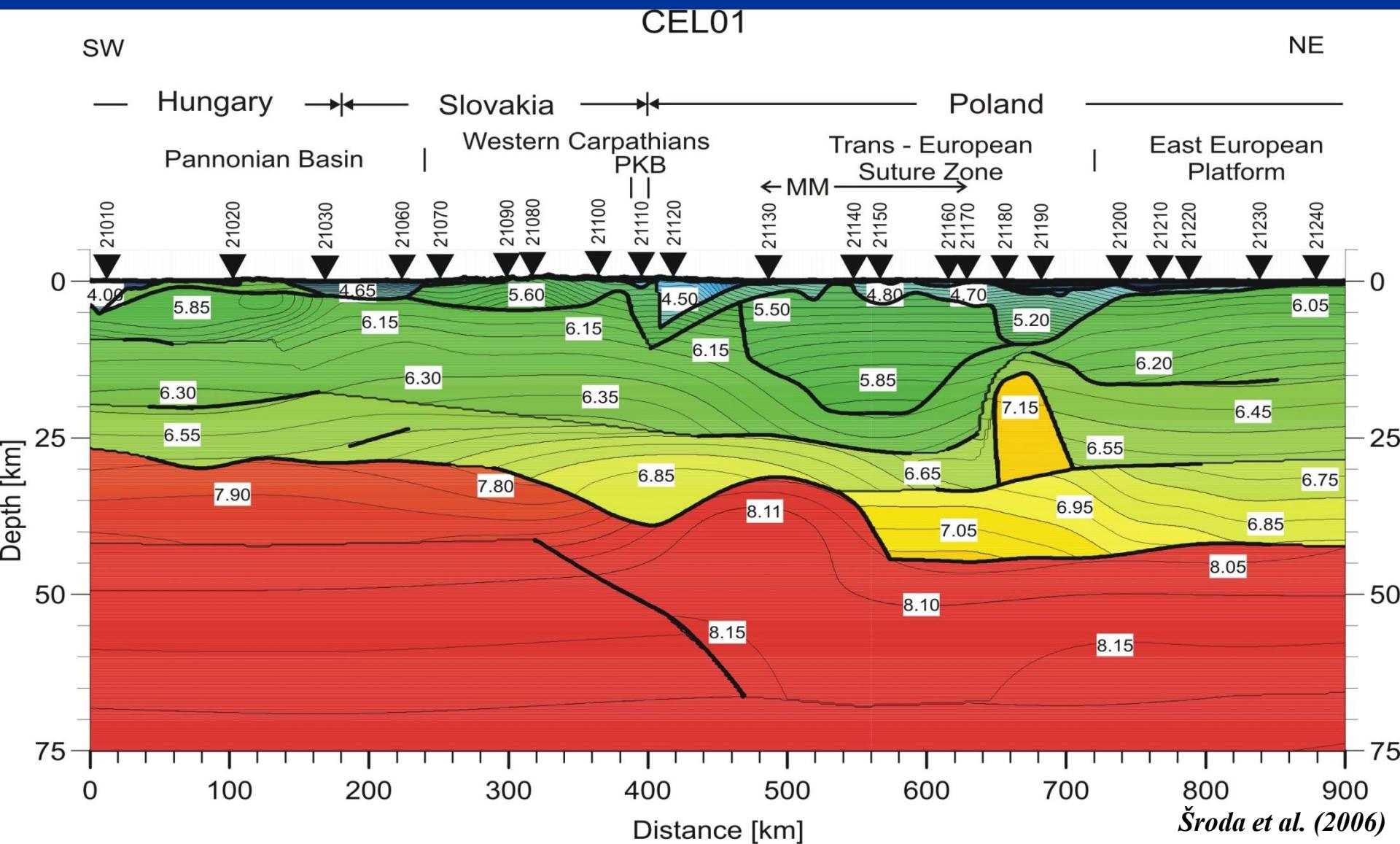


Fig. 2 CELEBRATION 2000 recording scheme

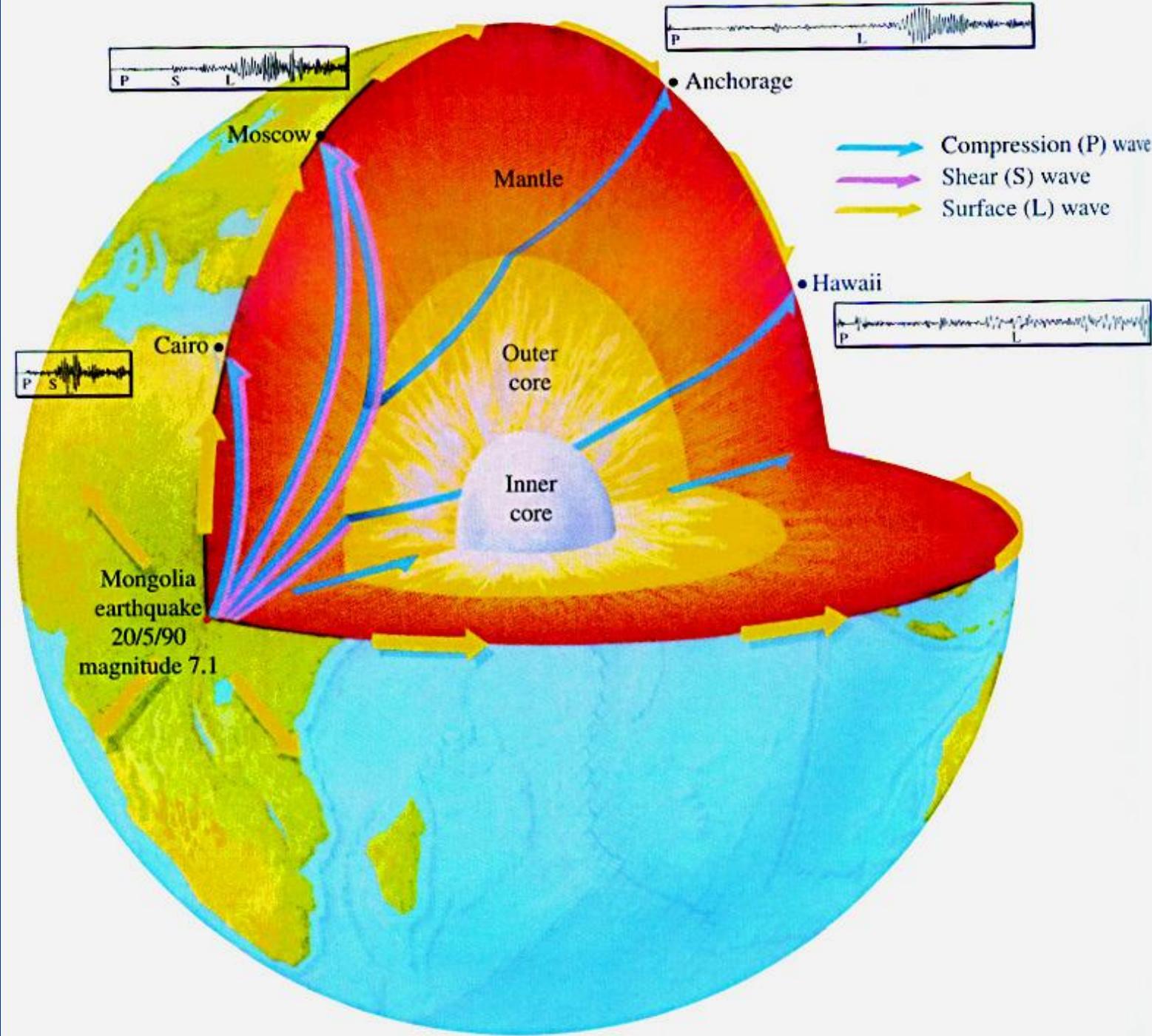
# Seismický refrakčný profil CEL-01



# **SEIZMOLÓGIA**

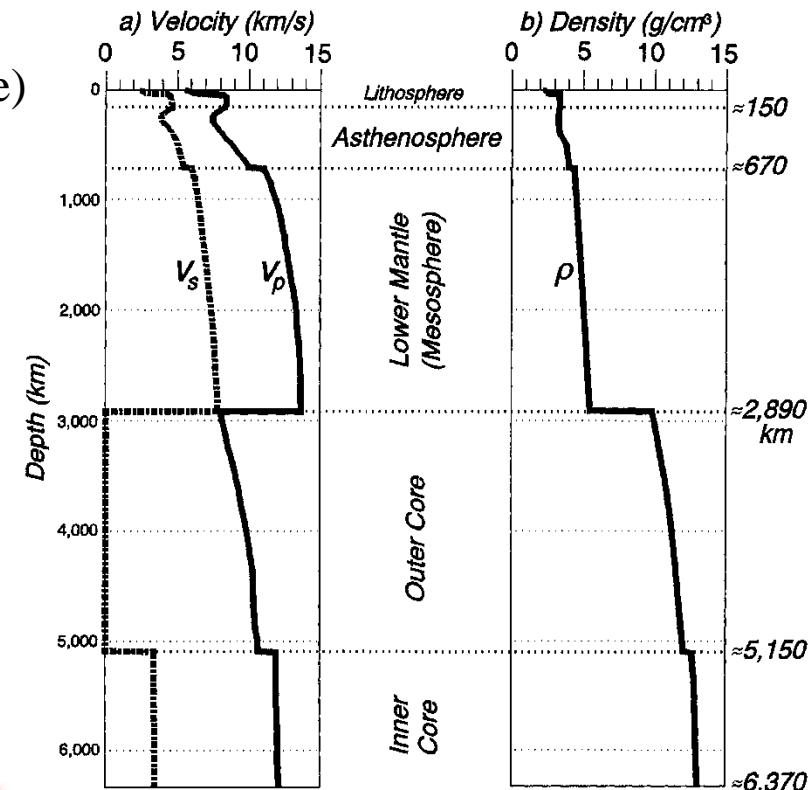
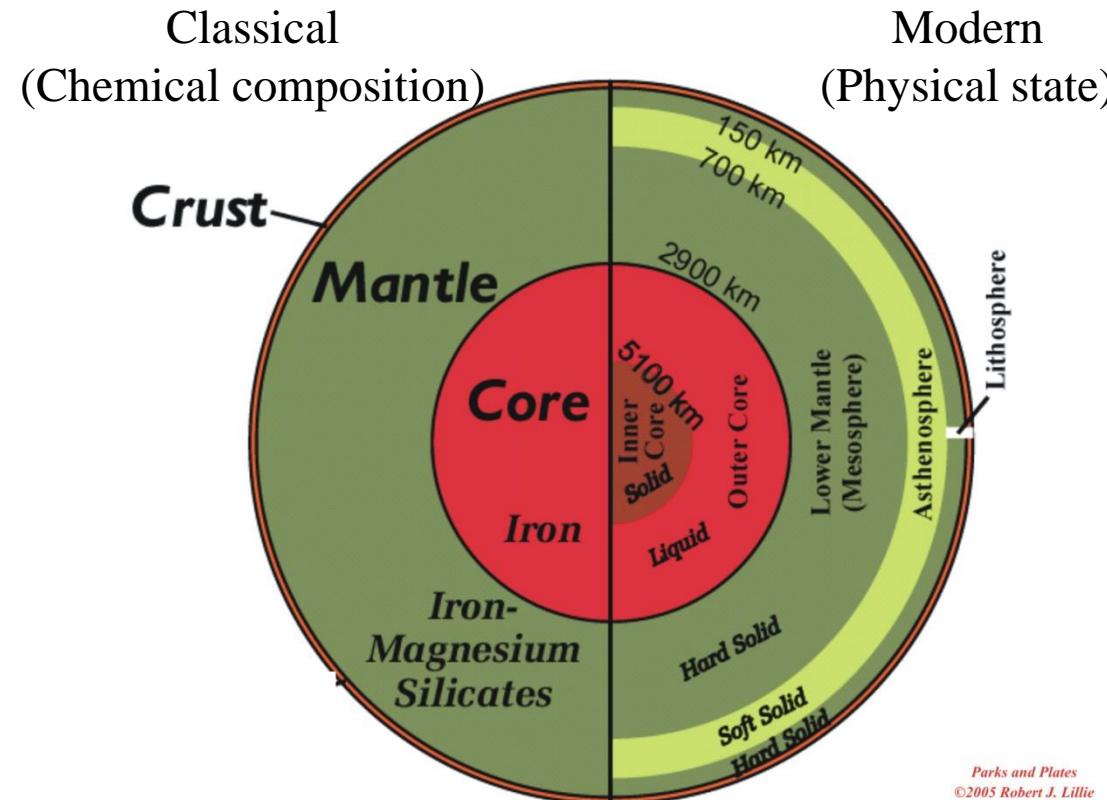
**štúdium zemetrasení**

**(štúdium seizmických vĺn prechádzajúcich vnútrom Zeme)**





# MODEL OF EARTH



# Earth's Surface



# Earth's Surface

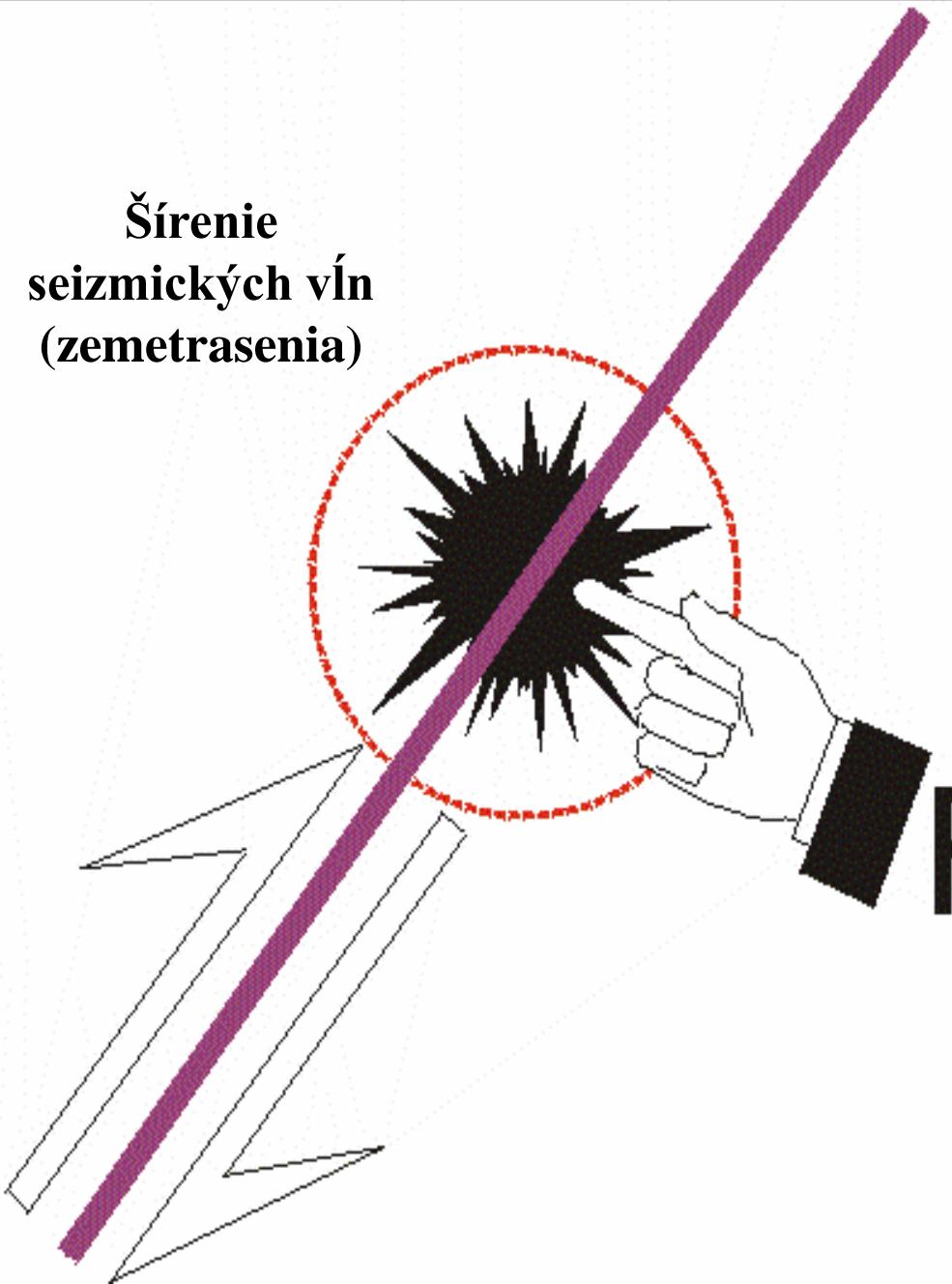
Zemetrasenie je vibrácia v Zemi  
spôsobená náhlym uvoľnením  
elastických vĺn, ktoré vznikli  
pretrhnutím a prudkým pohybom  
hornín



Ohnisko  
**Focus**

# Earth's Surface

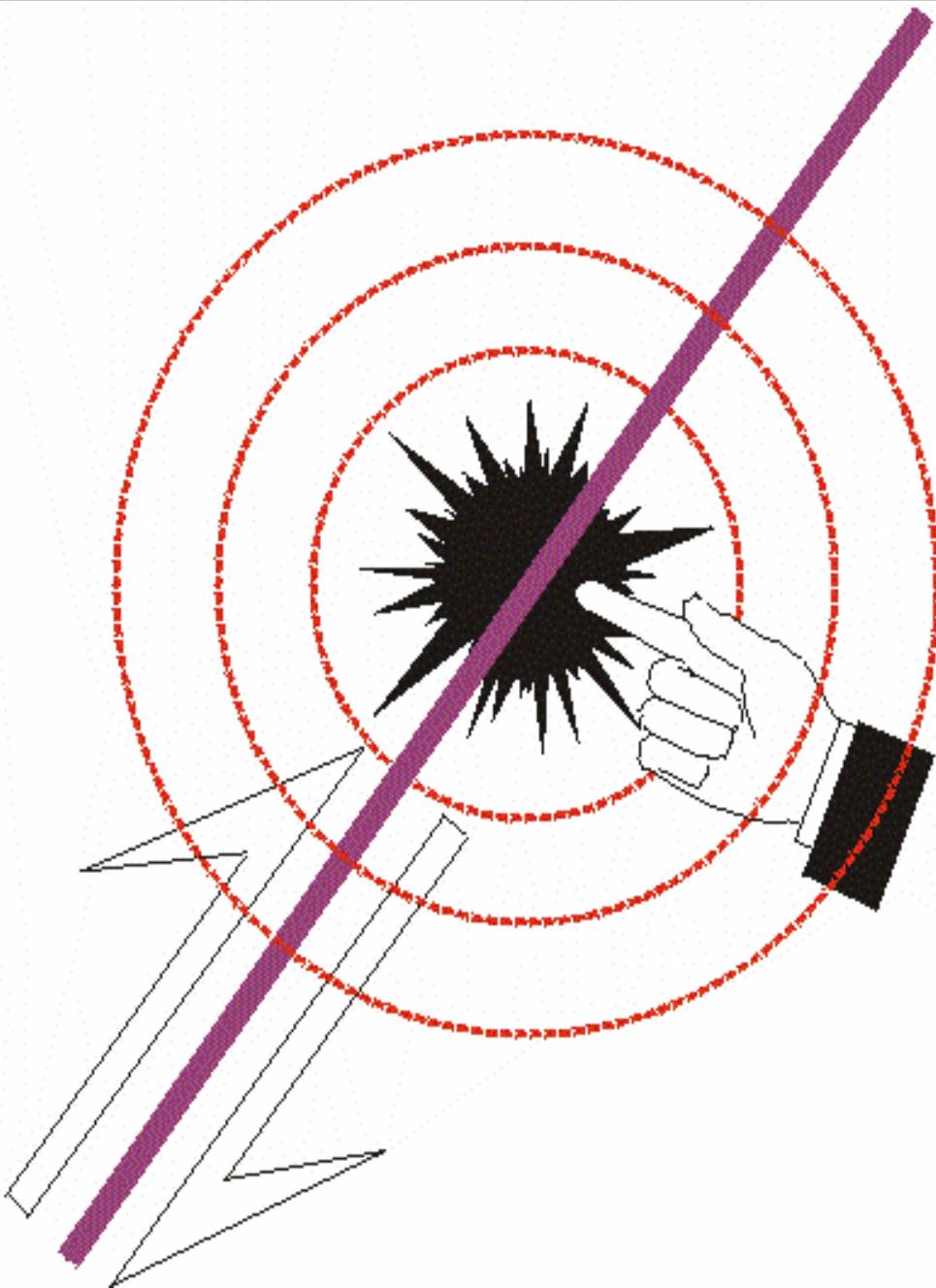
Šírenie  
seizmických vĺn  
(zemetrasenia)



Ohnisko  
**Focus**

# Earth's Surface

## Ohnisko Focus



Epicentrum

Epicenter

Earth's  
Surface

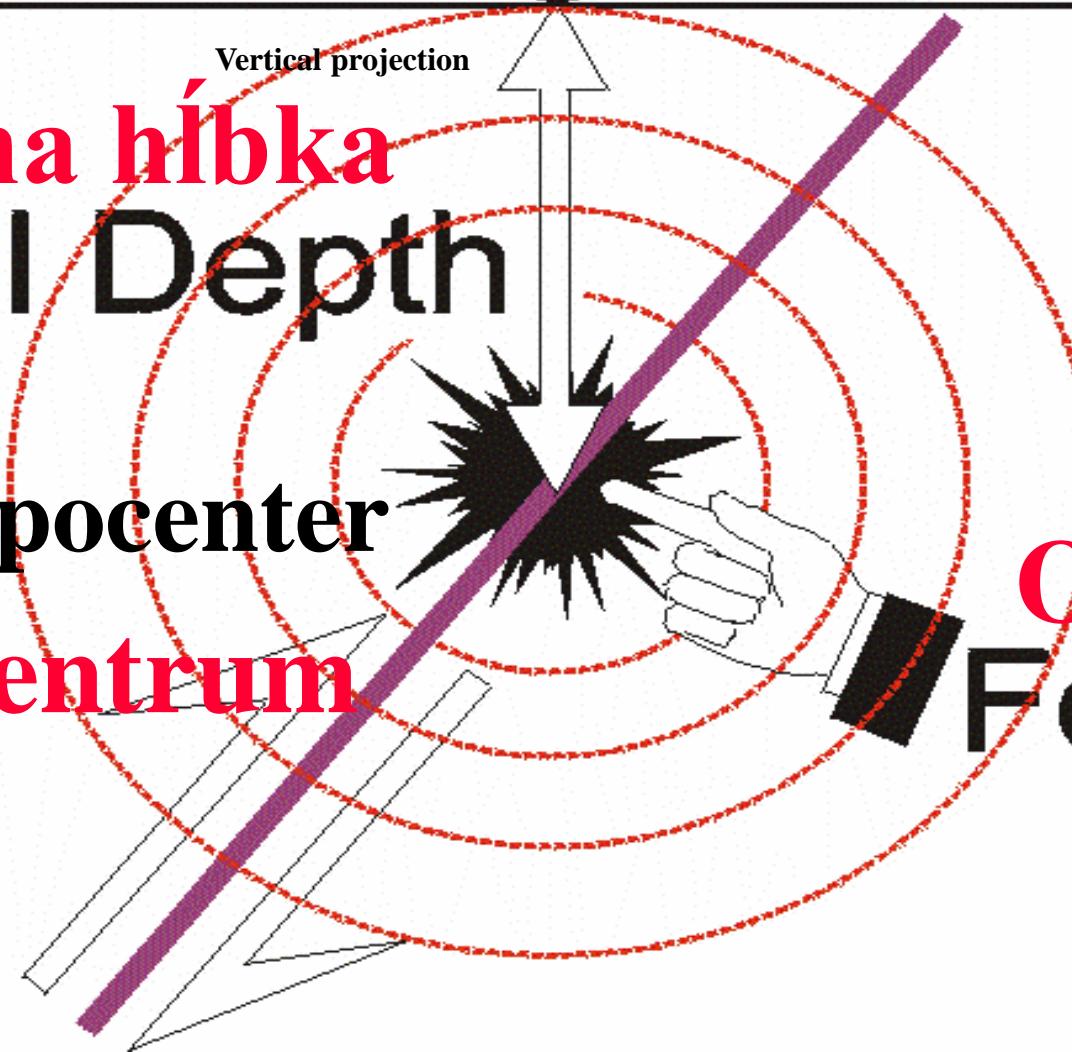
Fokálna hĺbka  
Focal Depth

Hypocenter

Hypocentrum

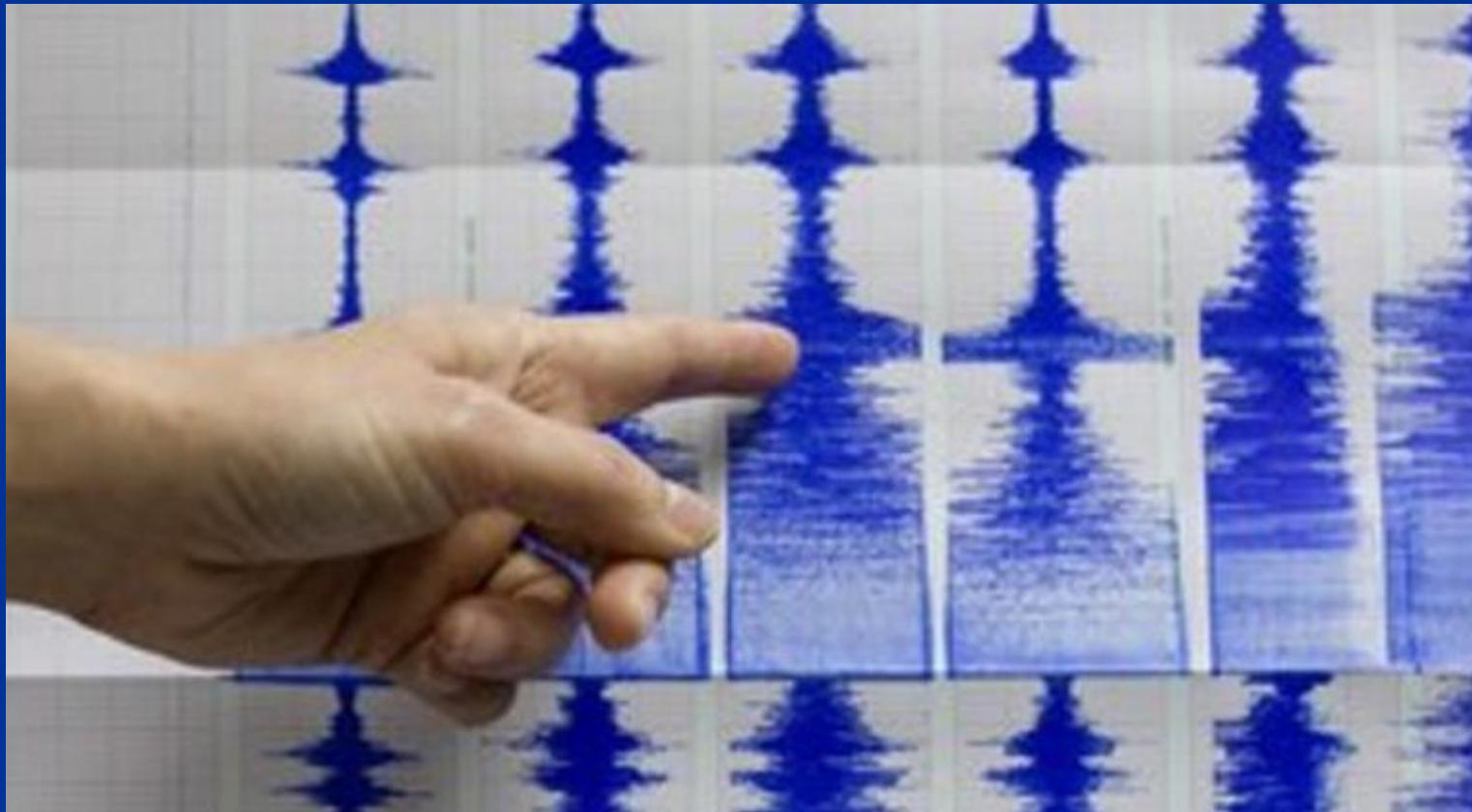
Ohnisko  
Focus

Vertical projection

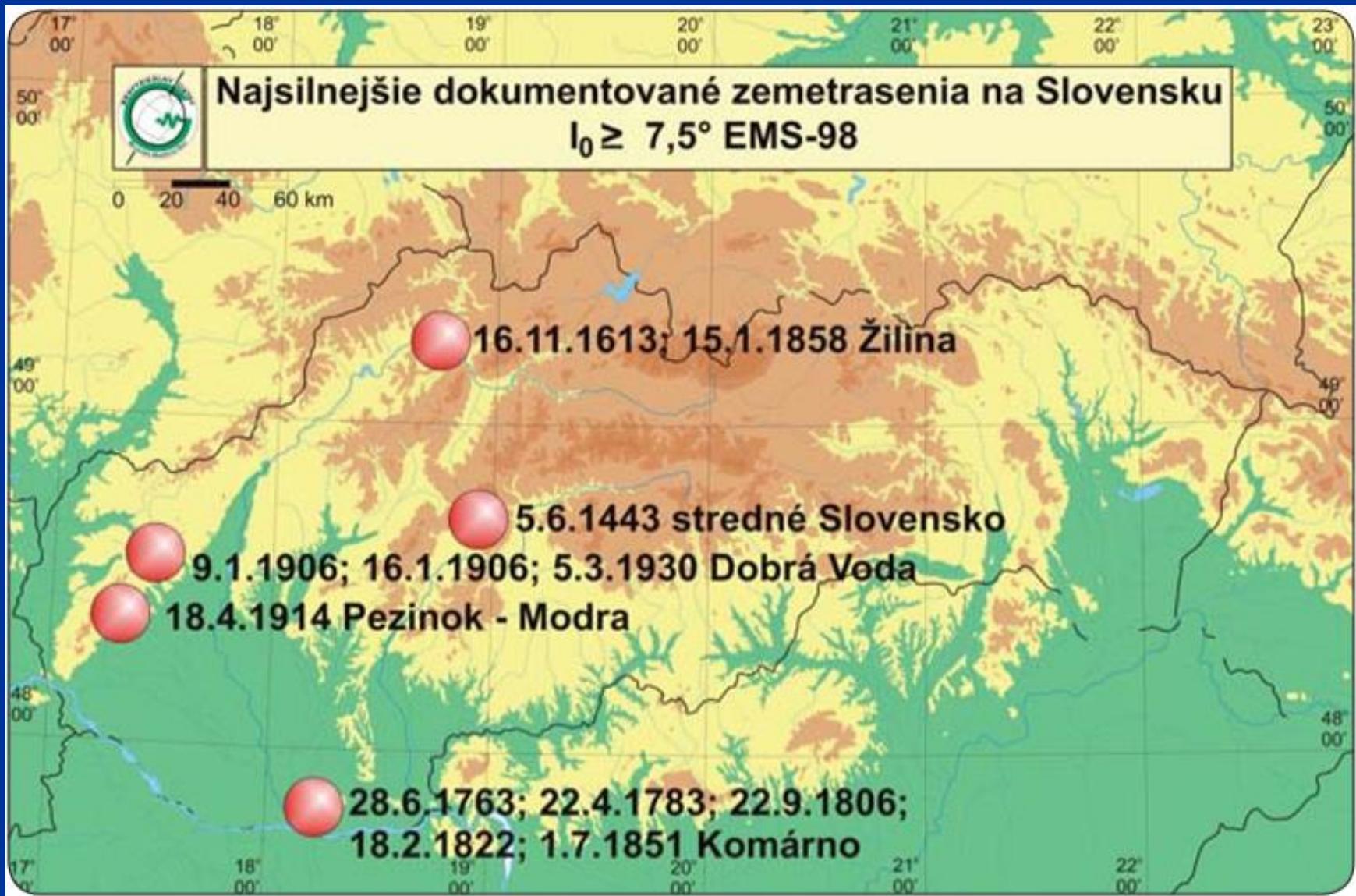


# Určovanie “sily” zemetrasení:

- intenzita (podľa škôd), rôzne stupnice, väčšinou s max. 12. stupňom,
- magnitúdo (podľa seizmologických meraní), nie stupnica, ale škála (doteraz max. cez 9),



# Najsilnejšie historické zemetrasenia na území Slovenska:



Najsilnejšie dokumentované zemetrasenia na Slovensku

**Najsilnejšími zemetraseniami za posledných 15 rokov s epicentrom na území Slovenska boli:**

**30. 12. 2002 okolie Šamorína, lokálne magnitúdo 3,0**

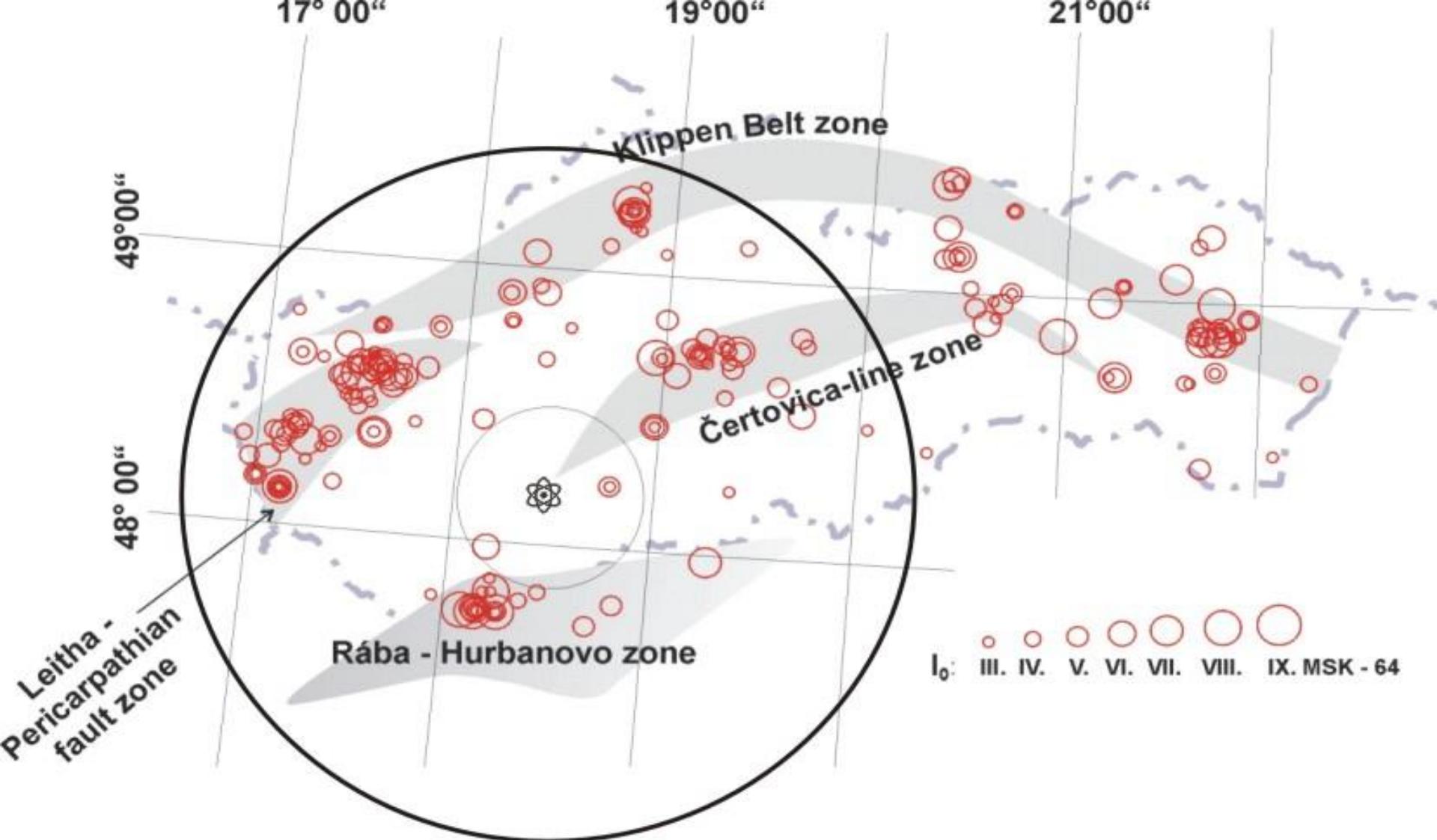
**20. 05. 2003 okolie Jasenova (Vihorlat), lokálne magnitúdo 3,7**

**23. 09. 2004 okolie Krupiny, lokálne magnitúdo 3,6**

**13. 03. 2006 okolie Dobrej Vody (okr. Trnava), lokálne magnit. 3,2**

**17. 01. 2013 okolie Kolárova, lokálne magnitúdo 2,9**

**03. 11. 2015 okolie Brezna, lokálne magnitúdo 3,2**



Seismické aktívne zóny Západných Karpát s indikovaním epicentier zemtrásení za obdobie rokov 1034–1990 (Labák and Brouček, 1996 z GFU SAV) a pozícia seismotektonických zón

# príklad zlyhania interpretácie seismických meraní

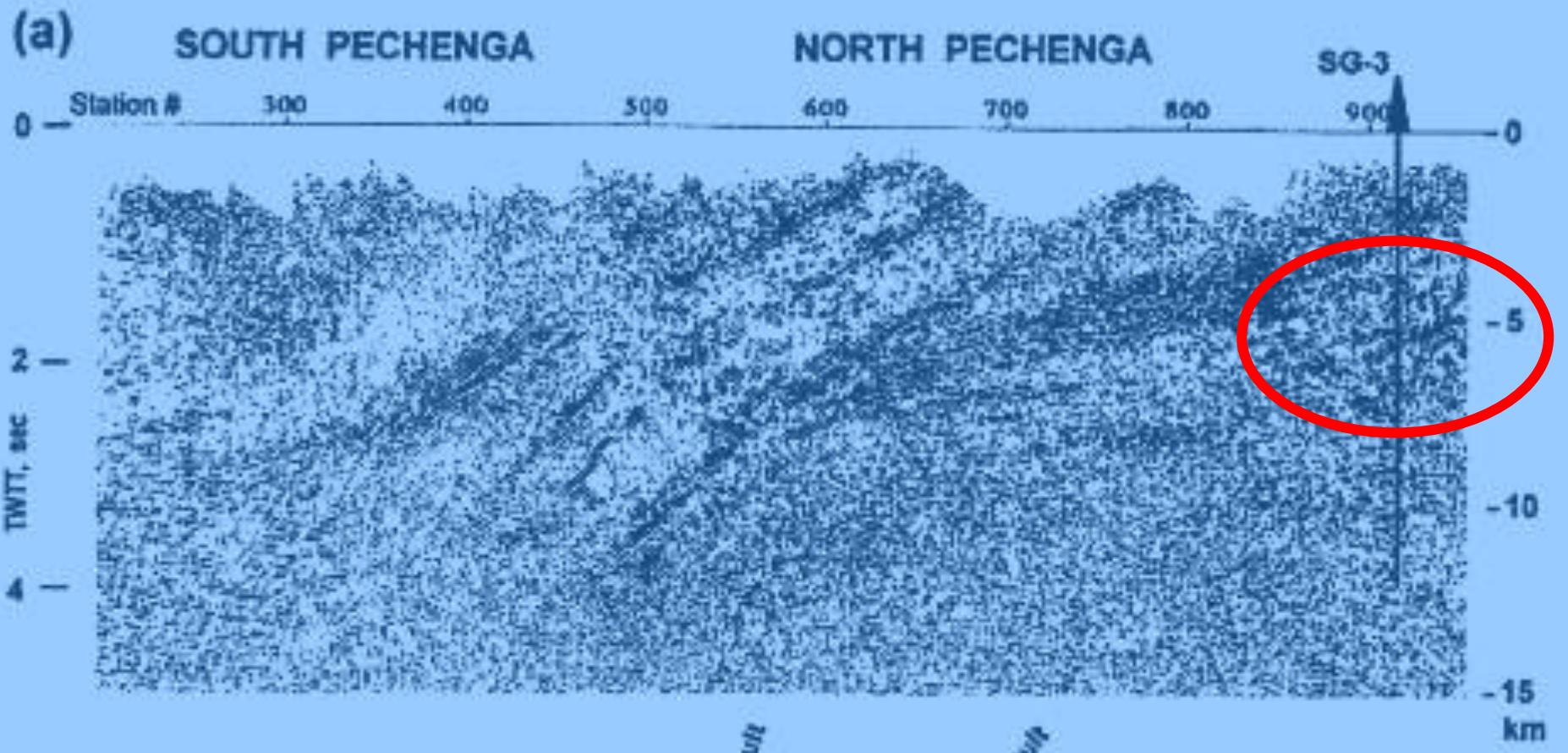


The 64-metre drill-rig enclosure over the 12-km-deep Kola borehole

**vrt SG-3 Kola  
(blízko Murmansku)  
(1970 – 1994)  
12,262 km**

- podľa seismických meraní sa očakávala v hĺbke 4.7 km tzv. Conradova diskontinuita (prechod granitu do bazaltu)
- dôležitá hranica sa však objavila až v hĺbke 6.8 km (prechod z ľahšie metamorfovaných sedimentov do rúl a amfibolitov - tieto pokračovali až do hĺbky viac ako 12 km)

# vrt SG-3 Kola



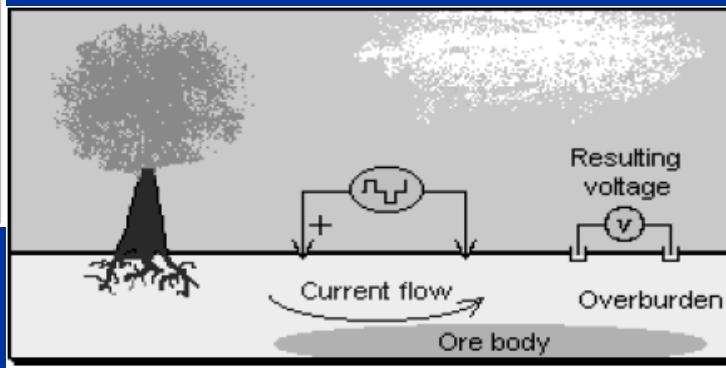
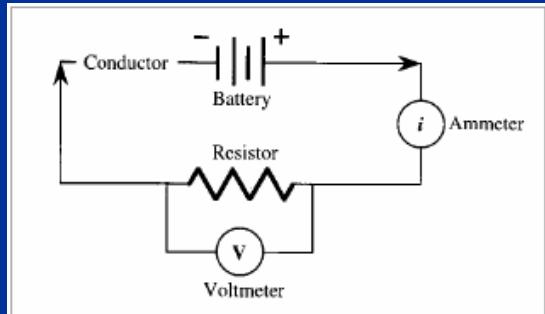
- podľa seismických meraní sa očakávala v hĺbke 4.7 km tzv. Conradova diskontinuita (prechod granitu do bazaltu)
- dôležitá hranica sa však objavila až v hĺbke 6.8 km (prechod z ľahšie metamorfovaných sedimentov do rúl a amfibolitov - tieto pokračovali až do hĺbky viac ako 12 km)

# **GEOELEKTRIKA & ELEKTROMAGNETIKA**

**štúdium geoelektrických a elektromagnetických  
polí Zeme, ktoré sú charakterizované merným  
odporom a vodivostou**

# geoelektrika

- založená na meraní efektu jednosmerného elektrického prúdu zavedeného do horninového prostredia (ERT = Electrical Resistivity Tomography)
- princíp merania: meraný elektrický prúd a napätie

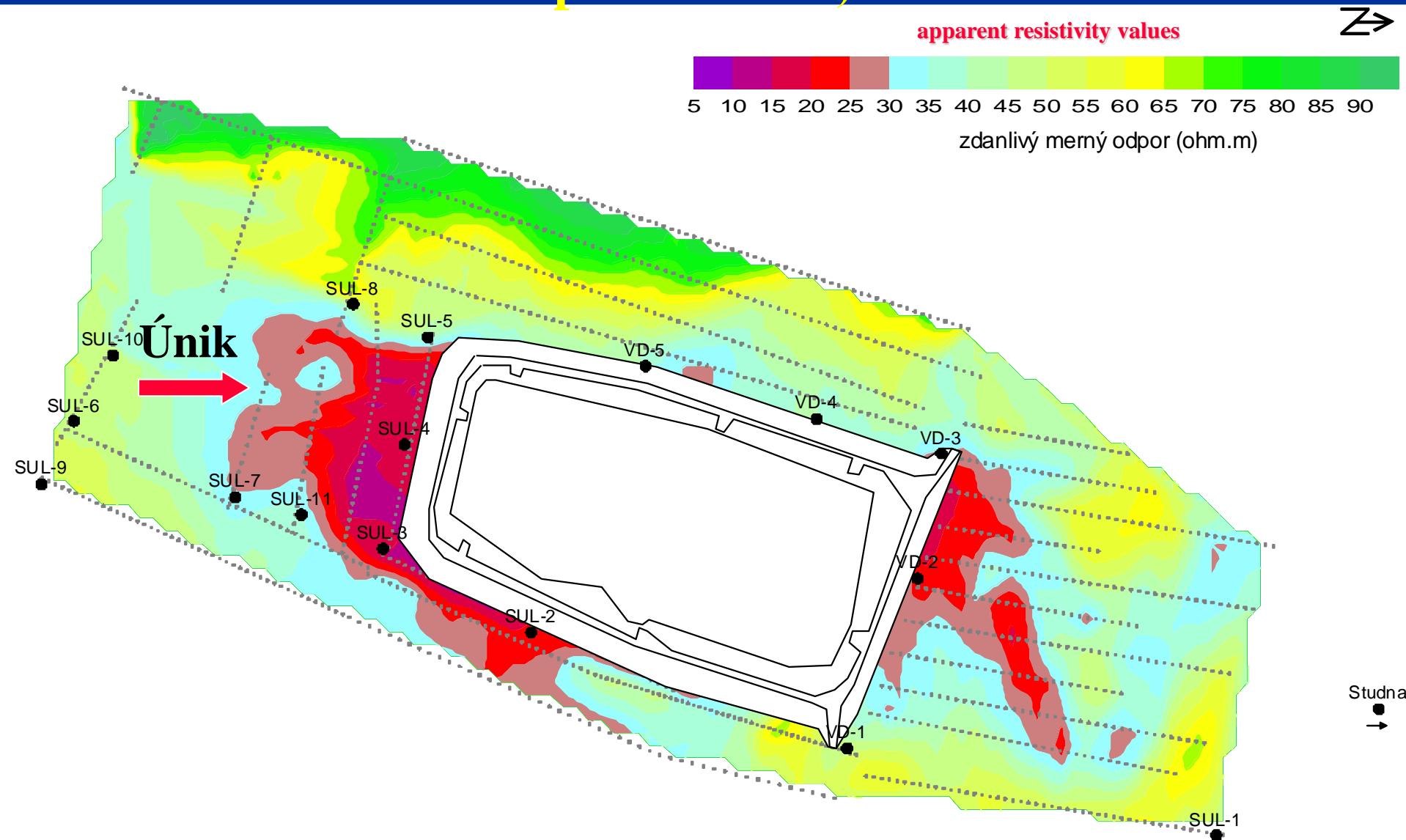


- hodnoty sú prepočítané na tzv. zdanlivý merný elektrický odpor (jednotka:  $\Omega \cdot m$ )
- anomálie sú detekované nad objektami s rôznou elektrickou vodivostou/odporom

# Geoelektrické merania počas výstavby kanalizácie



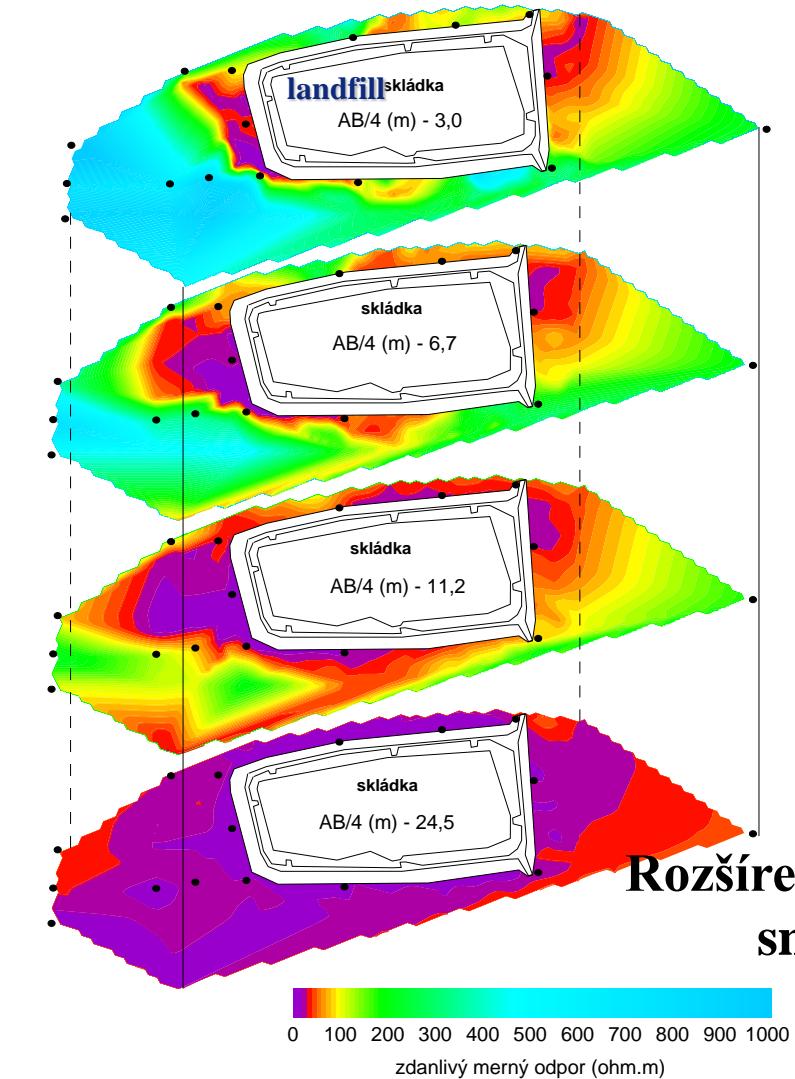
# Mapovanie úniku znečistenia cez technickú skládku odpadov – Odporová mapa (Dipólové elektromagnetické profilovanie)



# Metóda VES – Mapa izolínií zdanlivého odporu (ohm·m) nad skládkou odpadu

↔

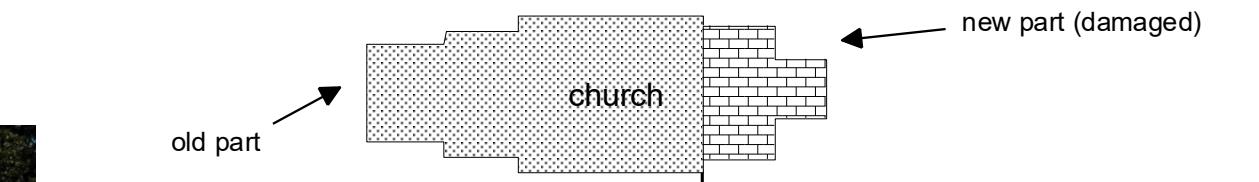
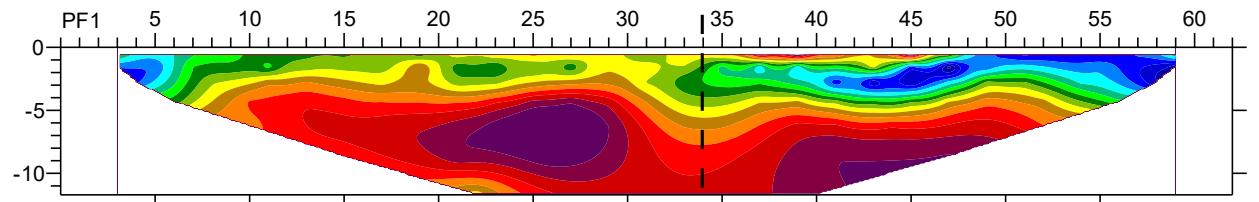
Velkosť  
znečistenia



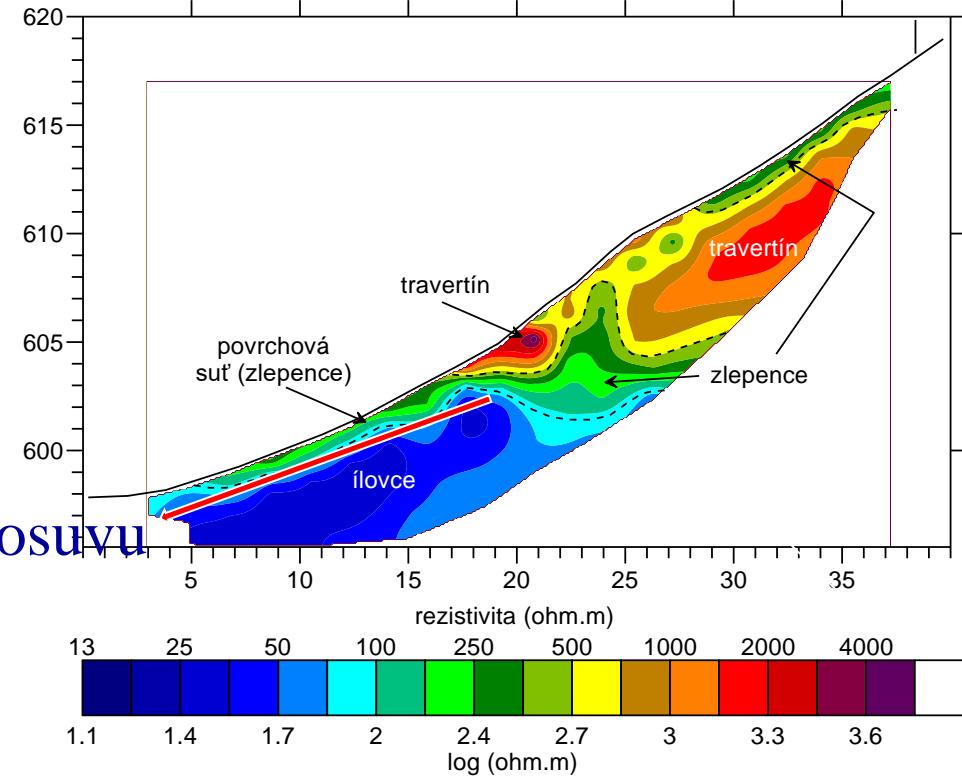
# Meranie porušenia statiky budov



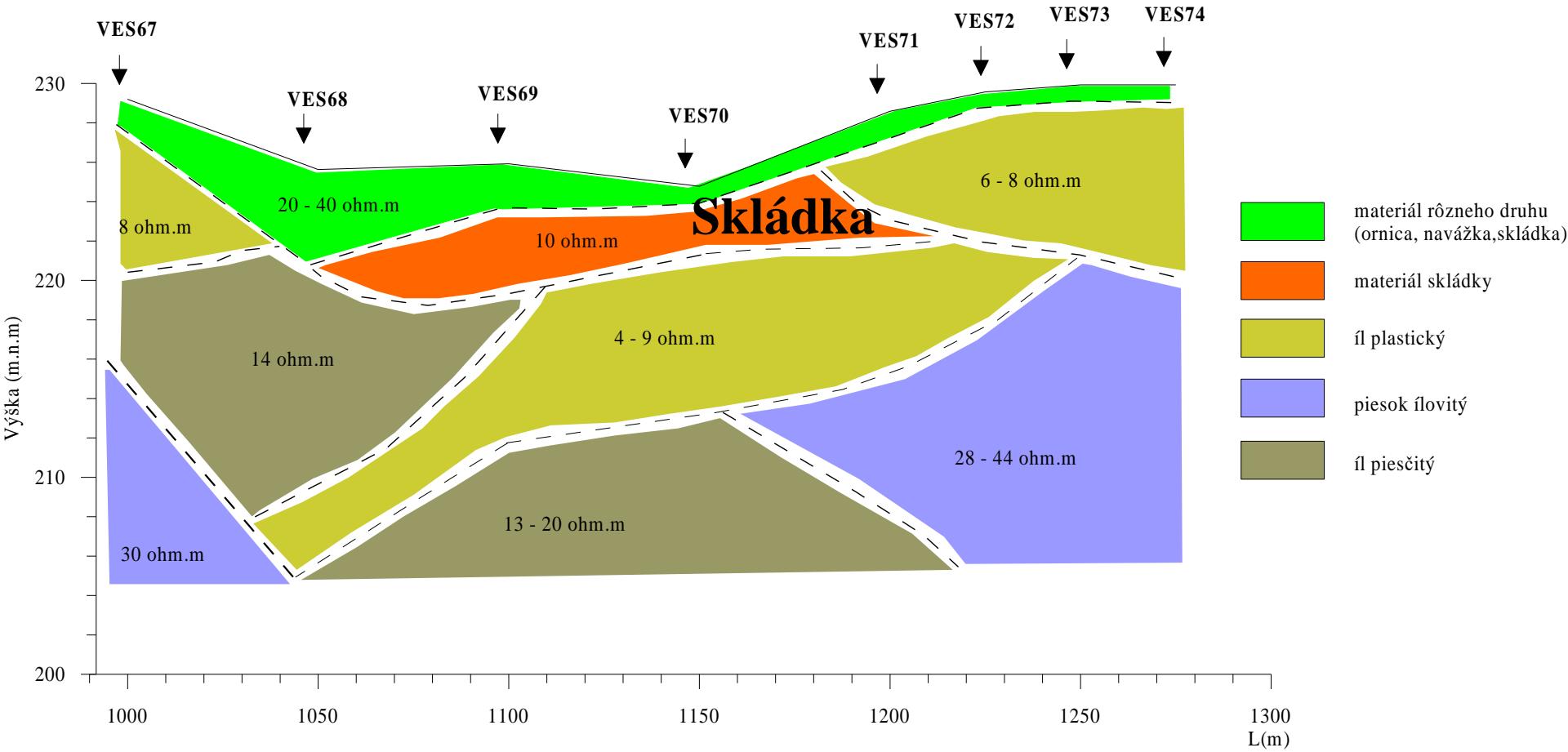
Kostolany pod Tribečom - true resistivity structure near church



# Riešenie problému zosuvu pôdy pre záchrannu kultúrnych pamiatok



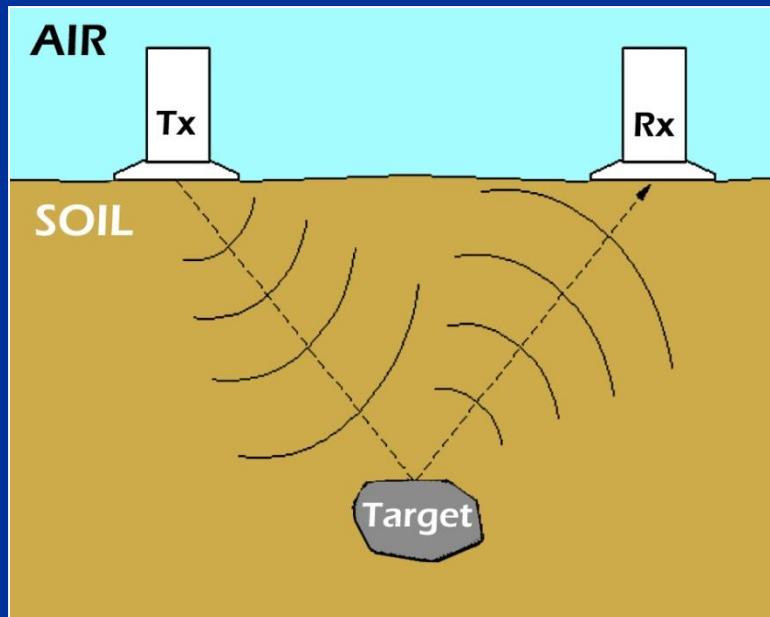
# Vymapovanie skládky odpadov pomocou odporového rezu metódou VES



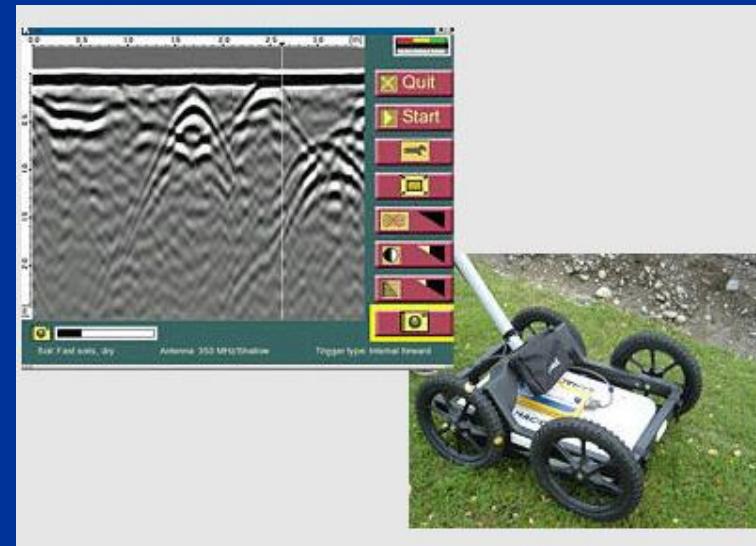
# **georadar (GPR)**

- založená na registrovaní odrazených el-mag. vĺn od pod povrchových objektov (frekvencia: rádovo stovky MHz)
- hĺbkový dosah: 5-6 m

Vysielač  
Tx



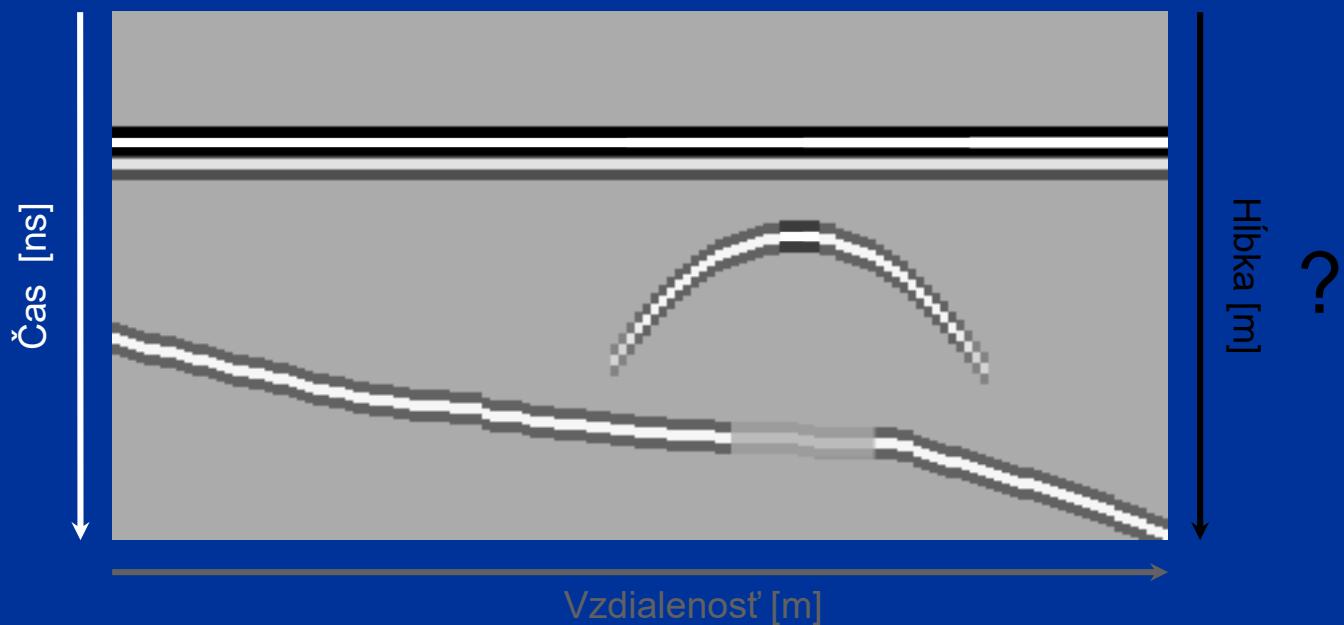
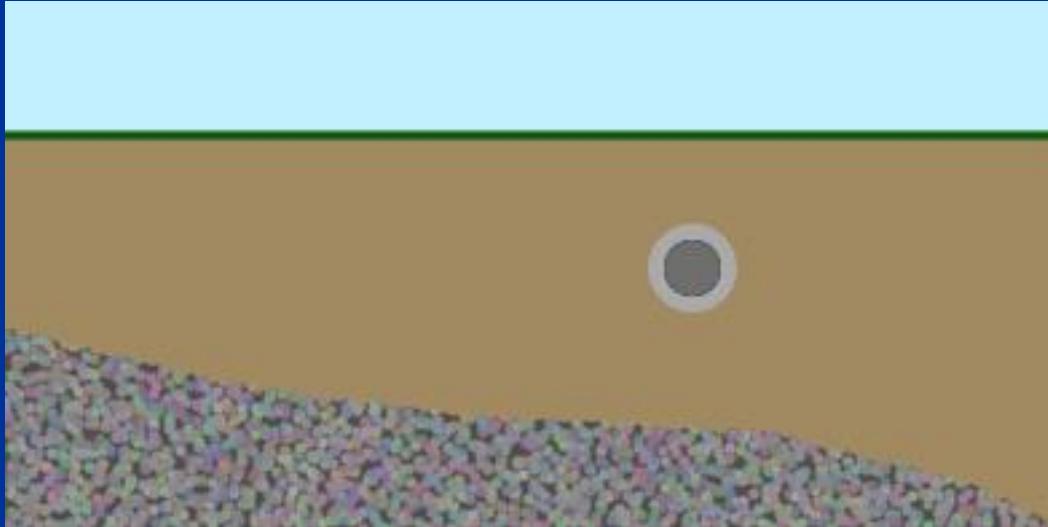
Prijímač  
Rx



- výsledkom sú tzv. radarogramy (vert. a horizontálne)
- anomálie sú detekované nad objektami s rôznou elektrickou vodivostou/odporom

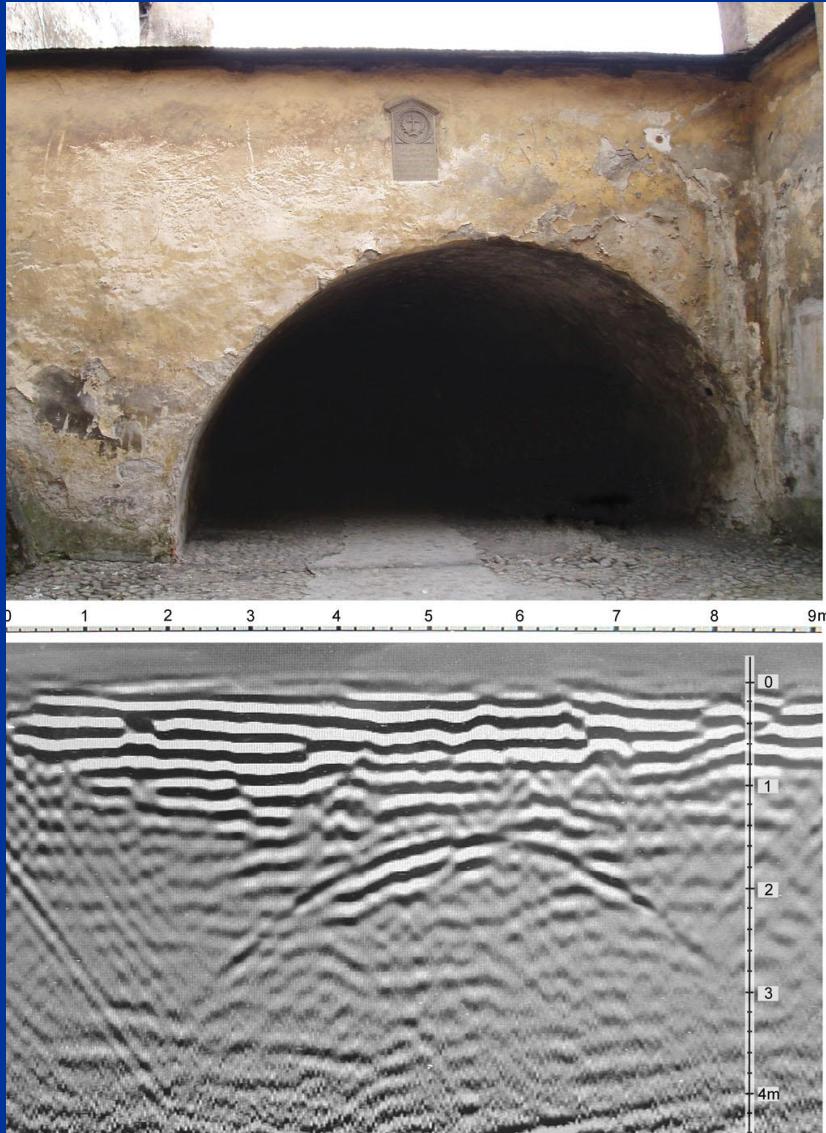
# *georadar (GPR)*

Vytváranie  
radargramu



*GPR= Ground Penetrating Radar*

**d'alšou veľmi dôležitou metódou je tzv. radar  
(georadar, GPR)**



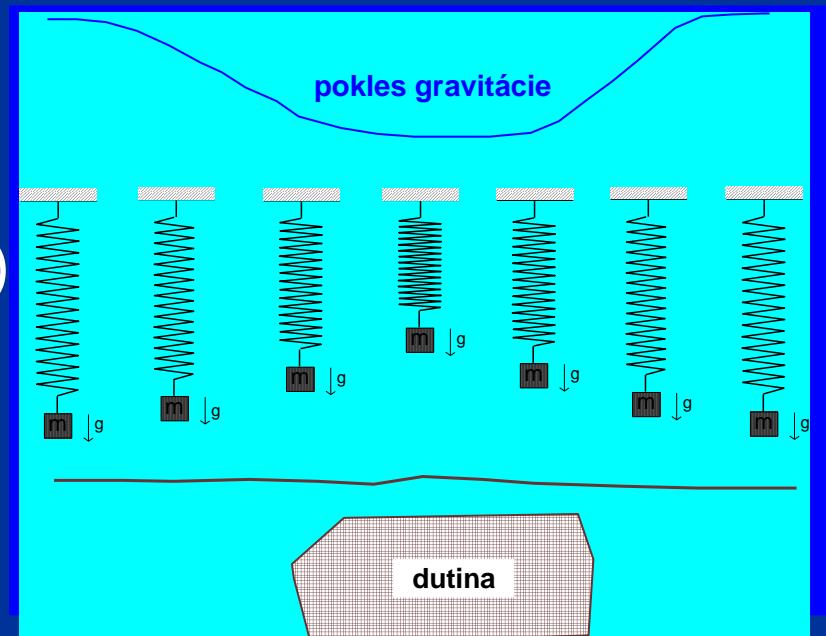
**prejav tunelu  
na Oravskom  
hrade v  
zázname  
georadaru  
(radargrame)**

# **GRAVIMETRIA**

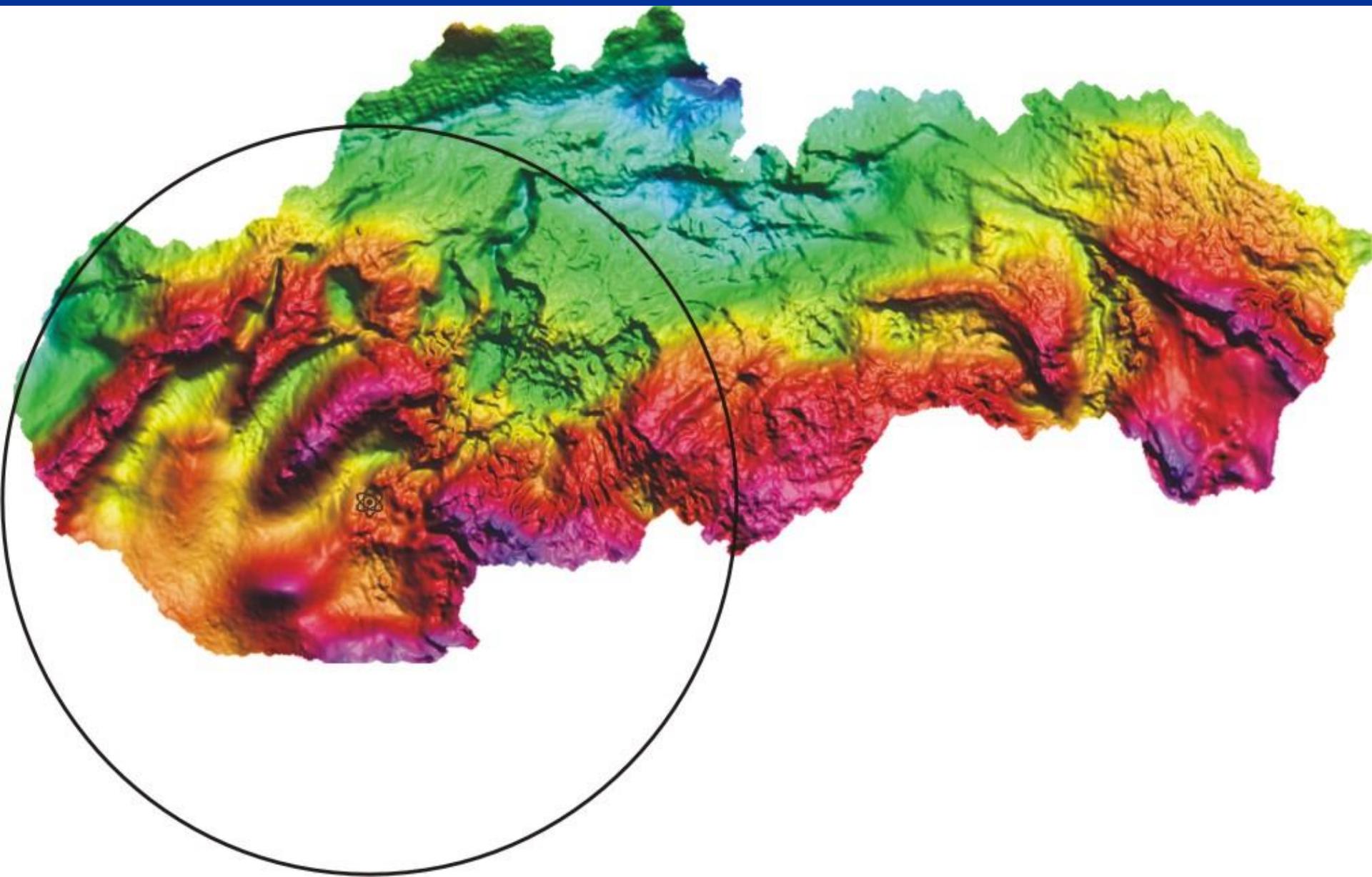
**štúdium tiažového pola Zeme**

# *gravimetria*

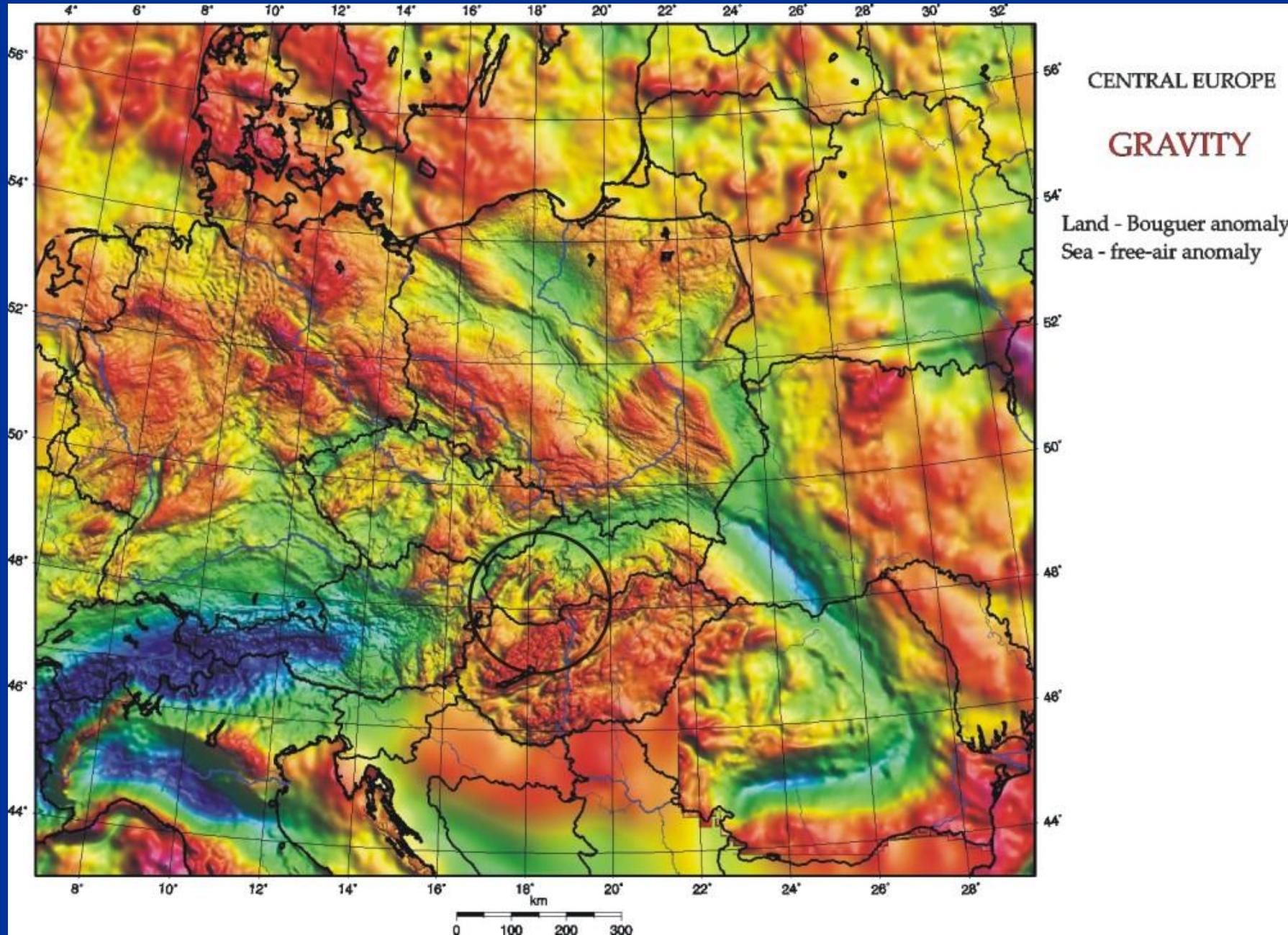
- založená na presnom meraní tiažového zrýchlenia Zeme
- prístroje (gravimetre) sú založené na princípe veľmi presných váh (kremenná pružinka sa natiahne úmerne tiaž. zrýchleniu)
- nad hustotne deficitnými objektami (napr. dutinami) je registrované nižšie tiažové zrýchlenie (spôsobené úbytkom hmoty)
- treba odstrániť všetky „neužitočné“ vplyvy
- jednotky: mGal,  $\mu$ Gal



# tiažová mapa Slovenska – tzv. mapa úplných Bouguerových anomalií

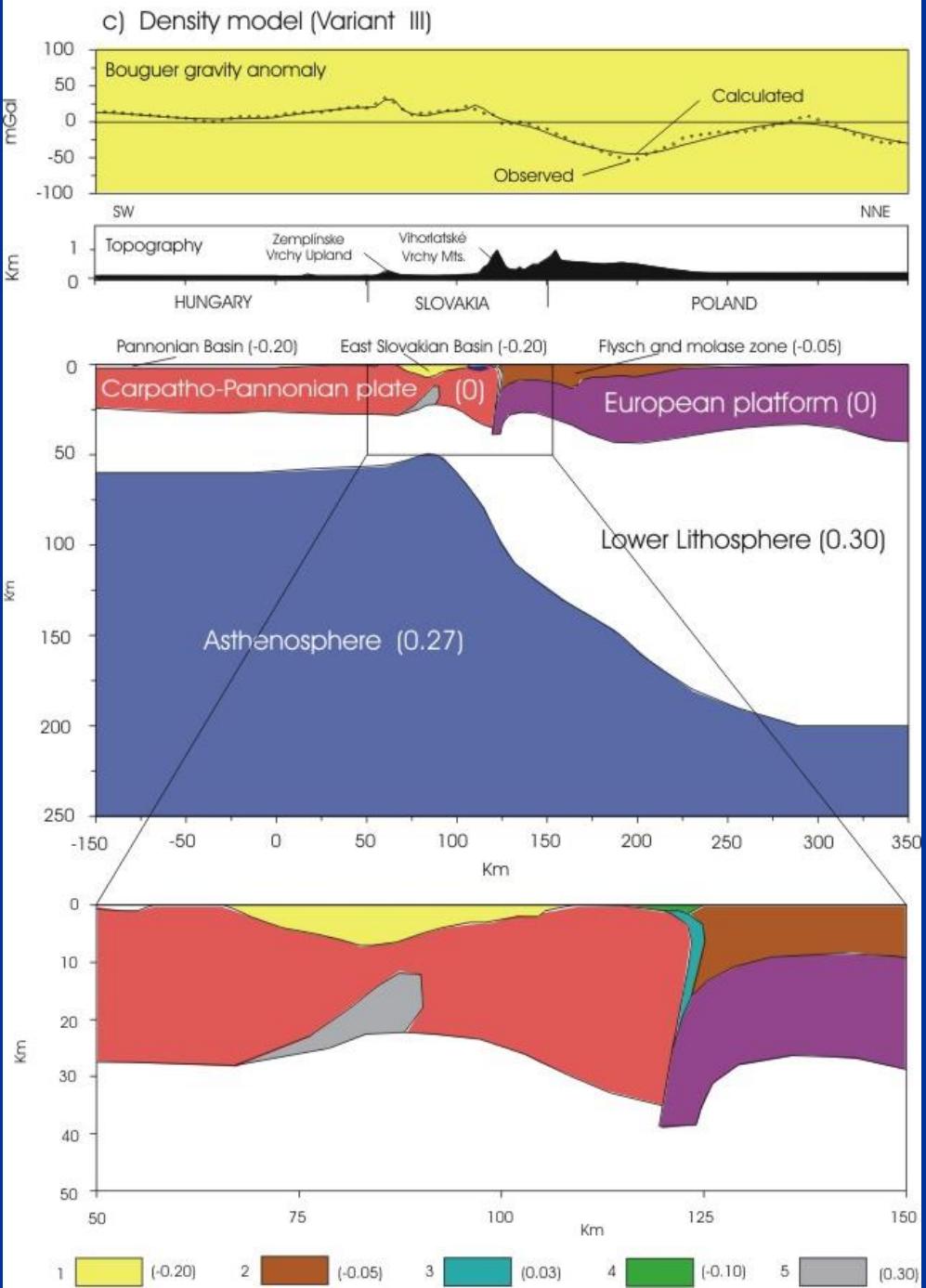


# tiažové pole Strednej Európy



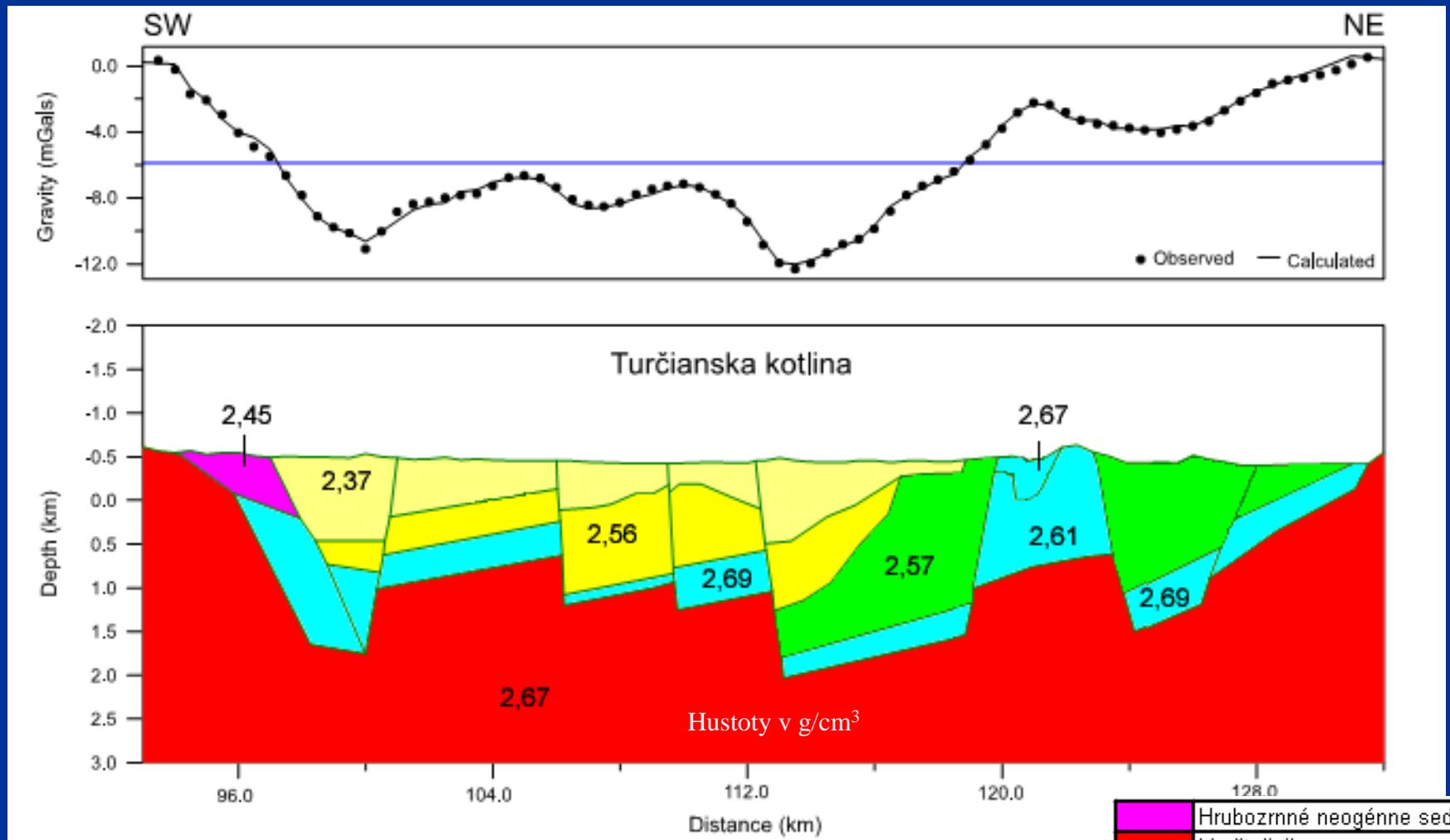
# Hustotný model

PROFILE KP - X



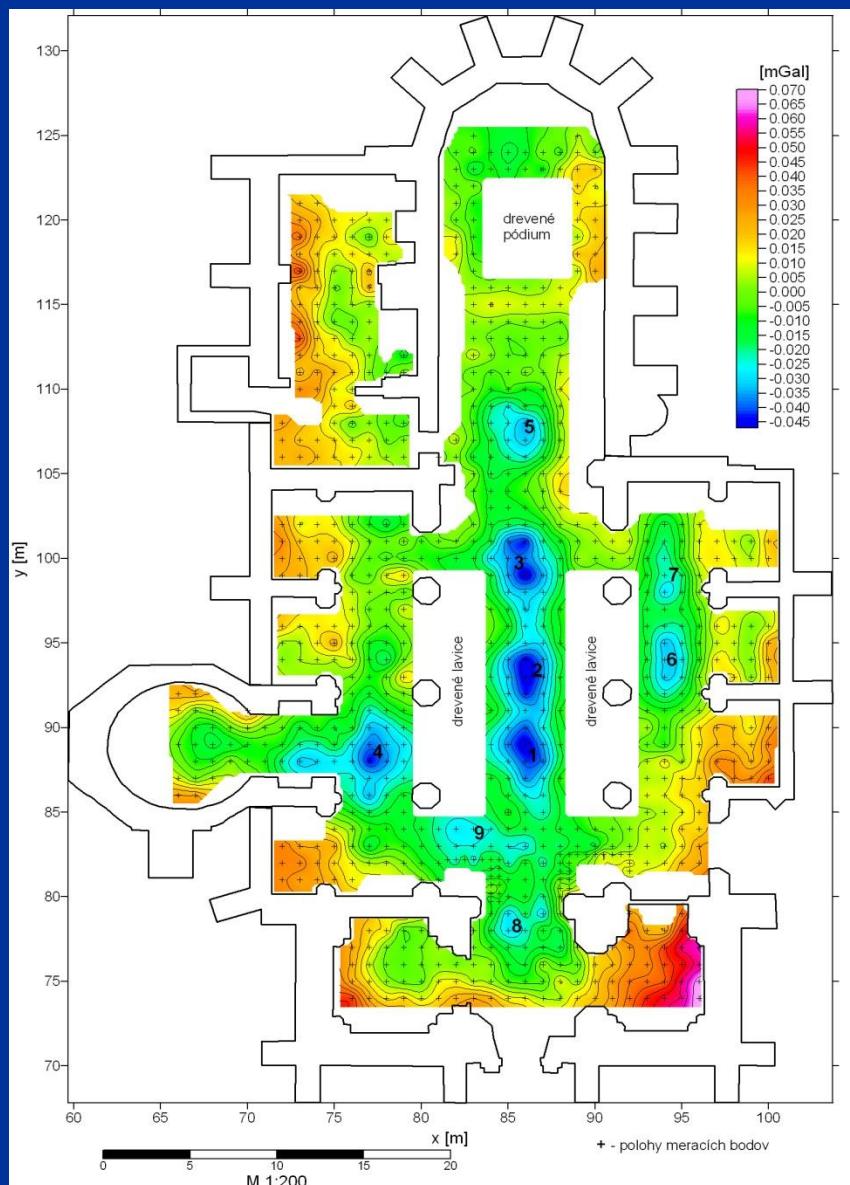
# Hustotný model TURČIANSKEJ KOTLINY

## Profil TK-AS3

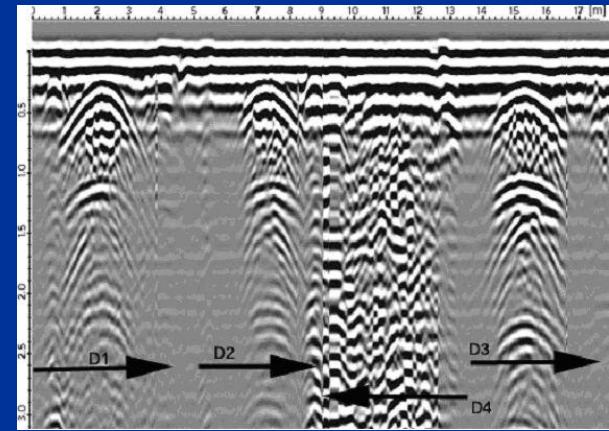


|                               |
|-------------------------------|
| Hrubozrnné neogénne sedimenty |
| Kryštalínikum                 |
| Metamorfy                     |
| Mezozoikum                    |
| Neogén                        |
| Neogén                        |
| Paleogén                      |

# výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola  
(so zavedením opráv o gravitačný účinok murov a odstráneným trendom), kor. hustota =  $1.80 \text{ g.cm}^{-3}$



Mikrogravimetria a radar objavili  
7 doteraz neznámych  
stredovekých krýpt

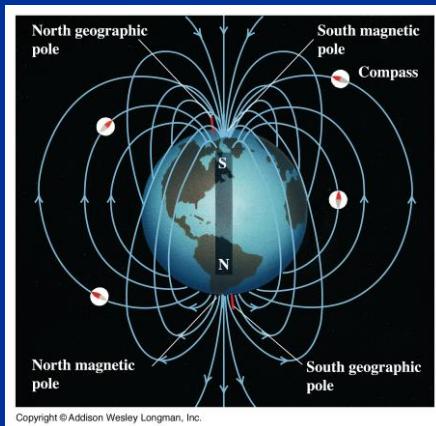


# MAGNETOMETRIA

zaoberá sa magnetickým polom Zeme

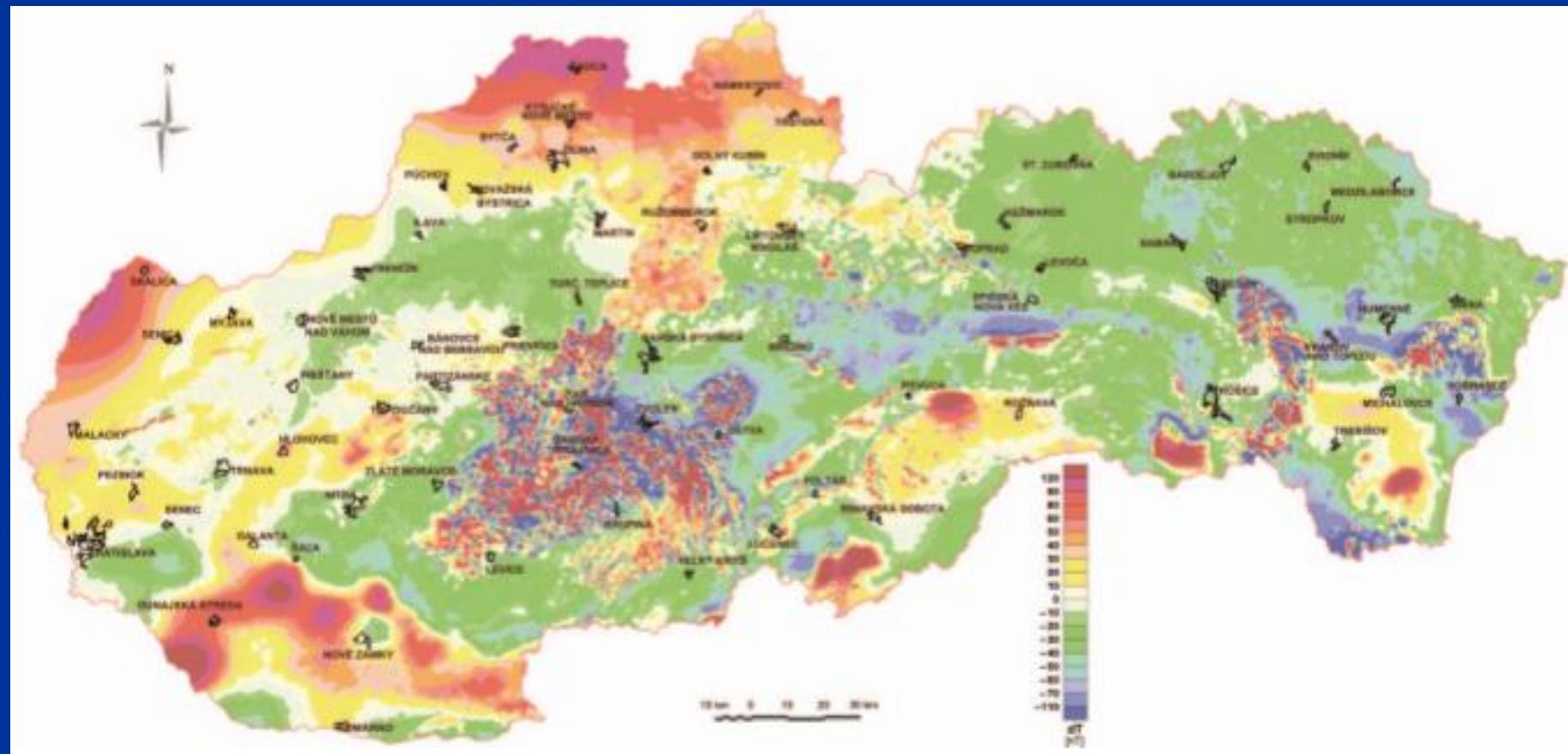
# ***magnetometria***

- založená na presnom meraní magnetického poľa Zeme
- princípy prístrojov (magnetometre) sú založené na rôznych efektoch pôsobenia vonkajšieho magnetického poľa na správanie sa atómov



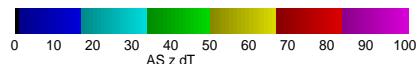
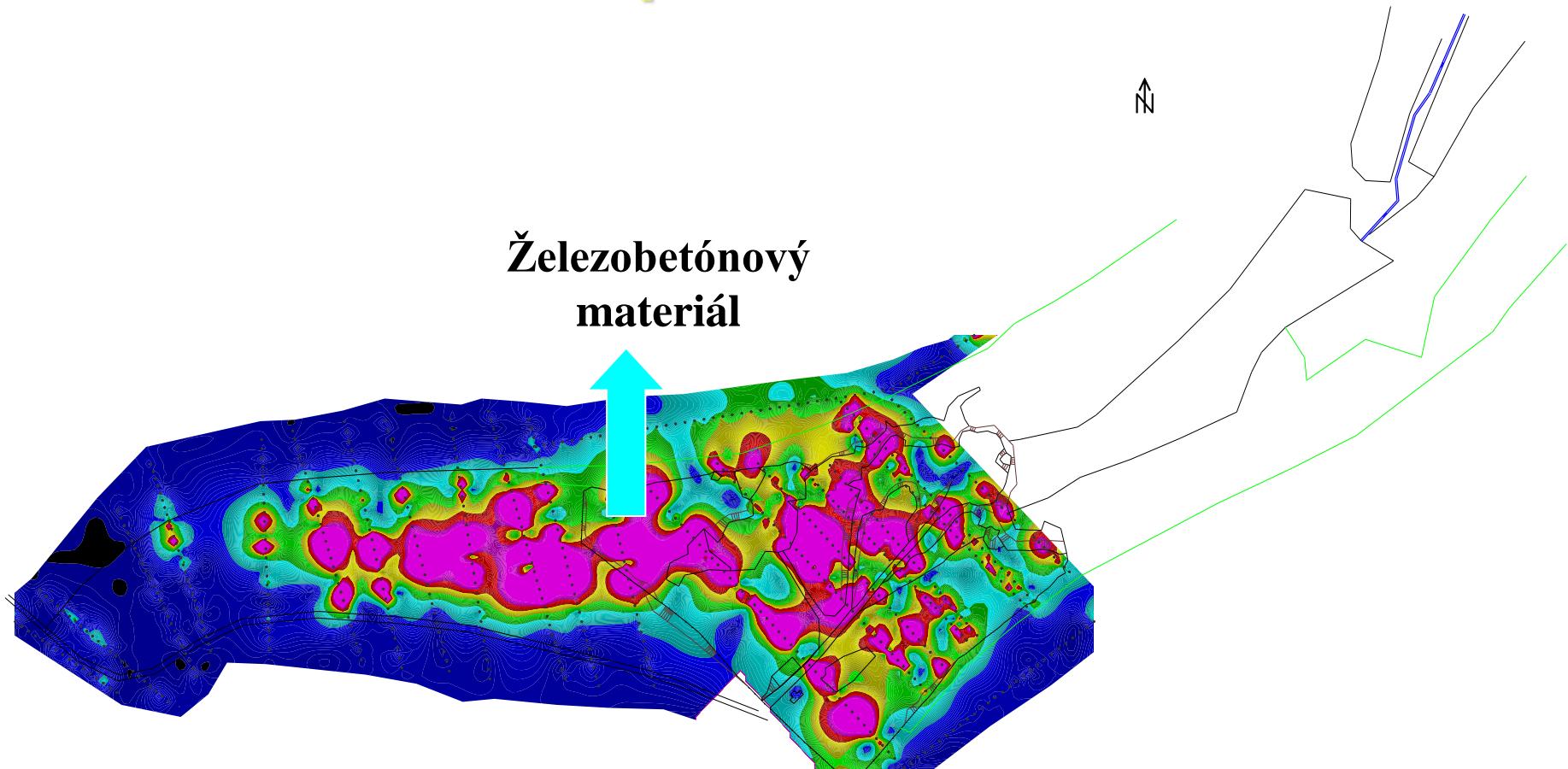
- meraná veličina:  
magn. indukcia (jednotka: Tesla, resp. nT) alebo  
jej vertik. gradient (jednotka: Tesla/m resp. nT/m)
- anomálie sú detekované nad objektami s vyššou  
magnetizáciou (susceptibilitou) a majú dipólový char.

# MAPA TOTÁLNEHO MAGNETICKÉHO POLA SLOVENSKA



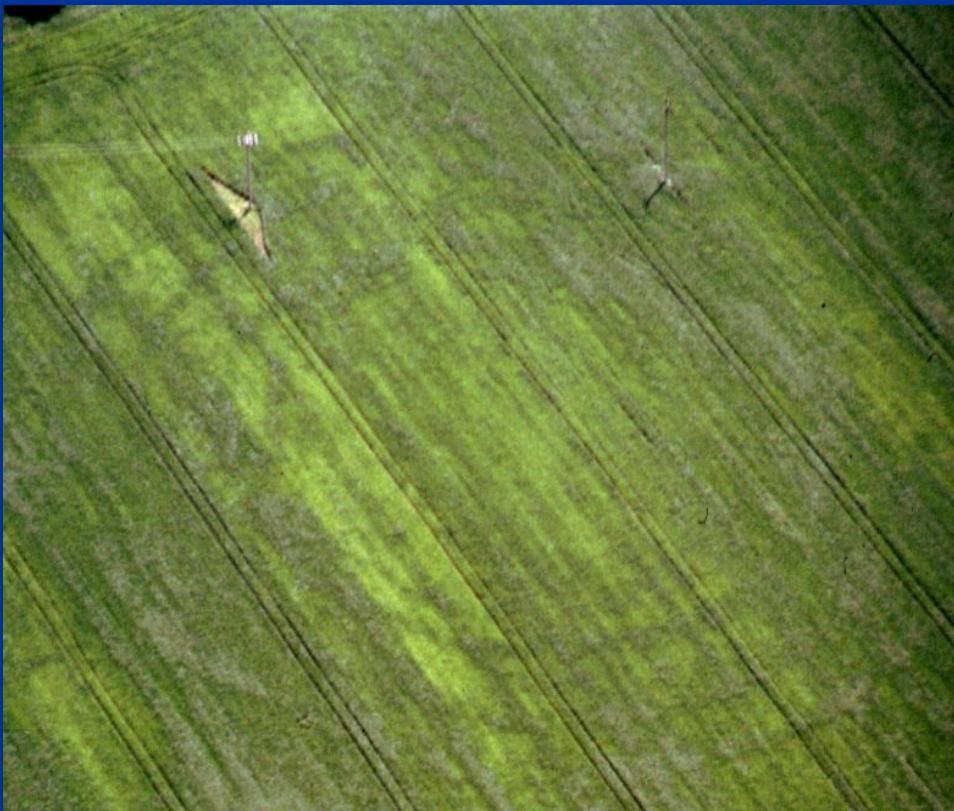
# Mapovanie skládky odpadov anorganického pôvodu

Železobetónový materiál



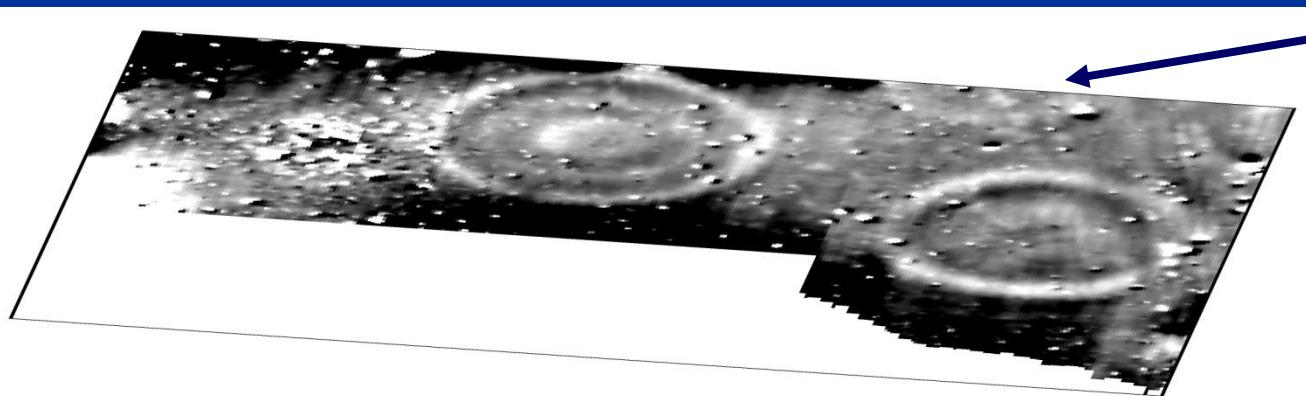
# Archeológia

lokalita: Cífer, Trnava, Neolit – 35. stor. pred Kristom



# použitie metód aplikovanej geofyziky v archeologickom prieskume

## využitie magnetometrie



zmerané anomálne magnetické pole



letecká fotografia

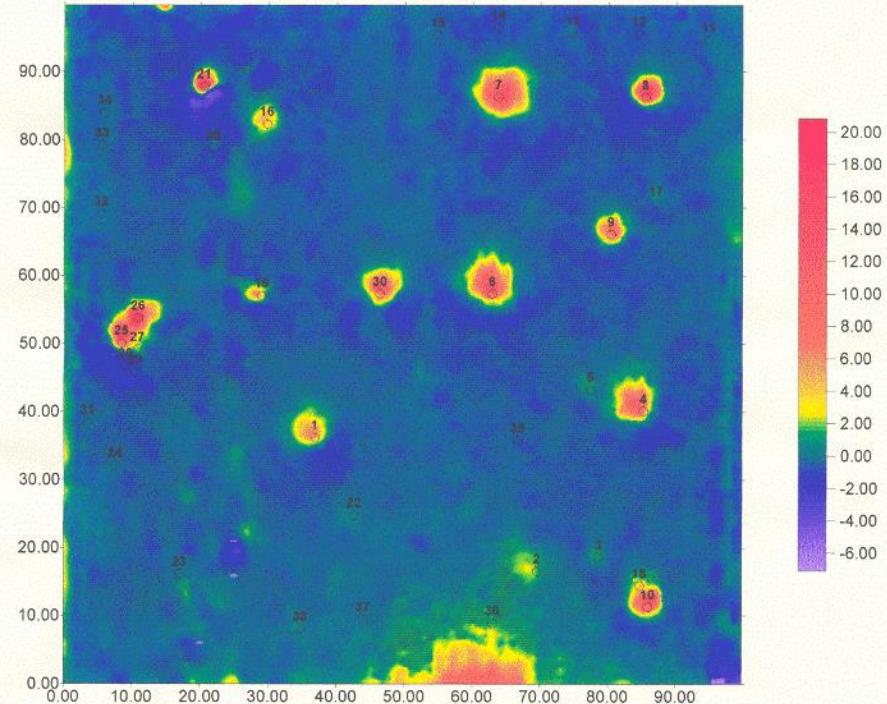
lokalita: Biely Kostol (pri Trnave), halštatské mohyly

# vyhl'adávanie nevybuchnutej munície (UXO)



## Application of SAM\* to UXO Detection

Total Field EM Data - Newholme Test Site



| Target No. | Source | Depth |
|------------|--------|-------|
| 1          | Mk82   | 2.7   |
| 2          | Mk82   | 4.0   |
| 3          | Fin    | 0.7   |
| 4          | Mk82   | 2.6   |
| 5          | Fin    | 0.7   |
| 6          | Mk84   | 3.2   |
| 7          | Mk84   | 3.7   |
| 8          | Mk82   | 1.6   |
| 9          | Mk82   | 1.7   |

| Target No. | Source    | Depth |
|------------|-----------|-------|
| 10         | Mk82      | 1.5   |
| 16         | Mk82      | 2.7   |
| 18         | Fin       | 0.6   |
| 19         | 5" Rocket | 0.3   |
| 21         | Mk82      | 0.5   |
| 22         | 105 mm    | 0.8   |
| 25         | Mk82      | 1.5   |
| 26         | Mk82      | 1.5   |
| 30         | Mk82      | 1.6   |

\* Sub-Audio Magnetics GTL Patent WO 91/19210

Geophysical Technology Limited  
Serving the EOD Industry

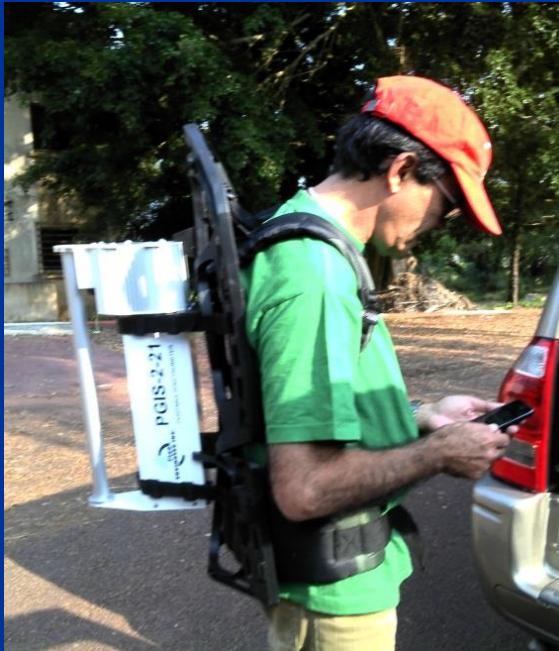
PO Box U9 ARMIDALE 2351 Australia Tel: +61 (0)2 6773 2617 Fax: +61 (0)2 6773 3307 E-mail: gtlinfo@geotec.com.au

# RÁDIOMETRIA

zaoberá sa štúdiom rádioaktivity Zeme

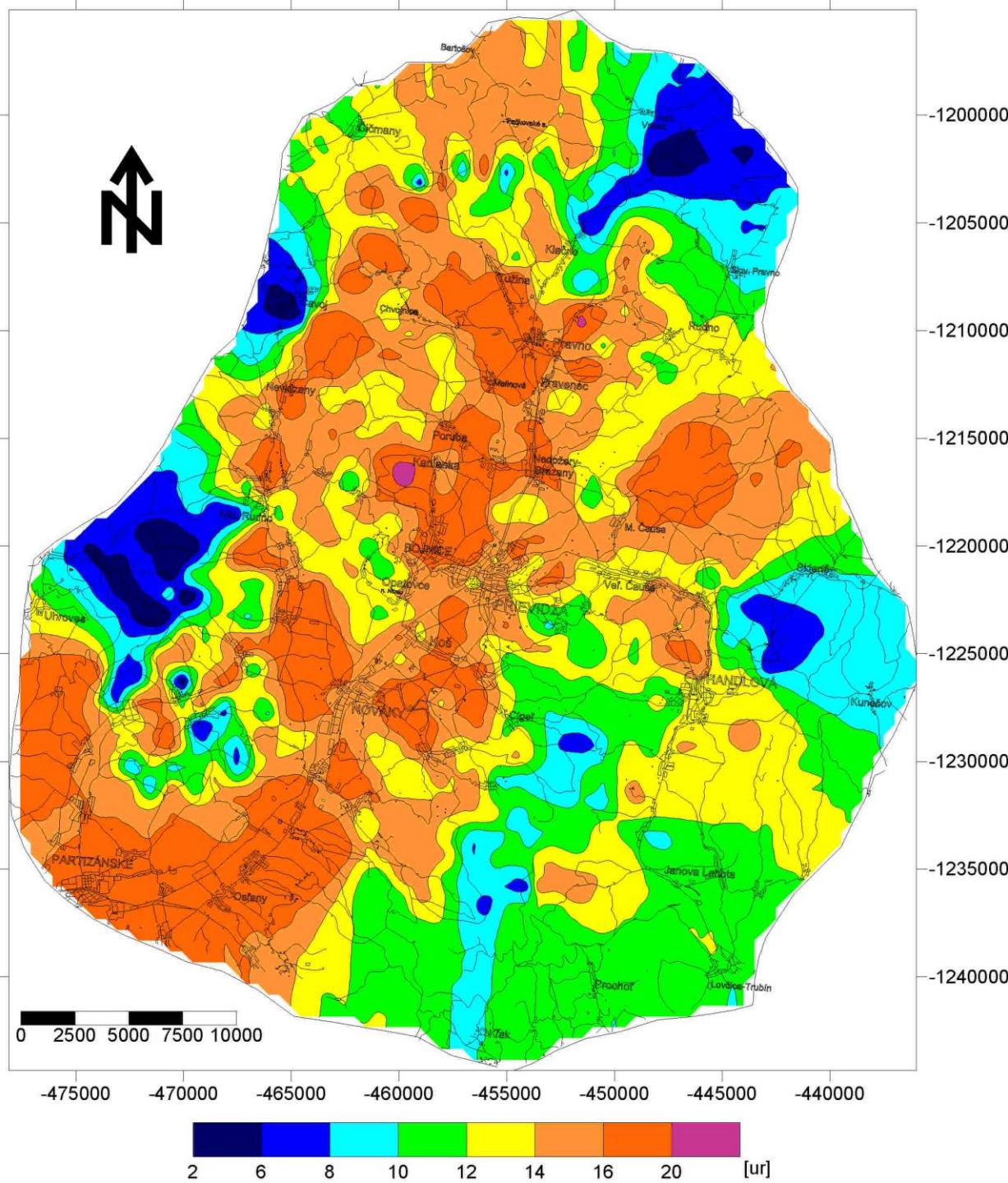
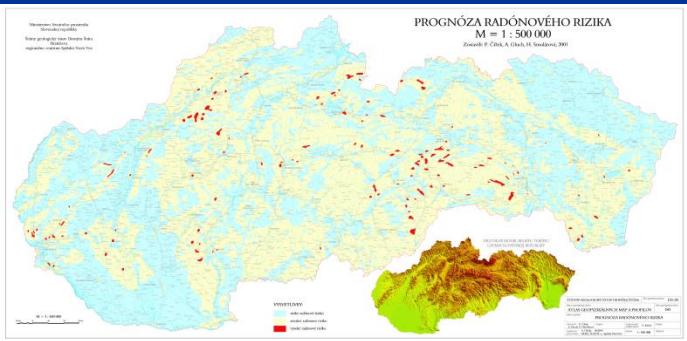
# *rádiometria*

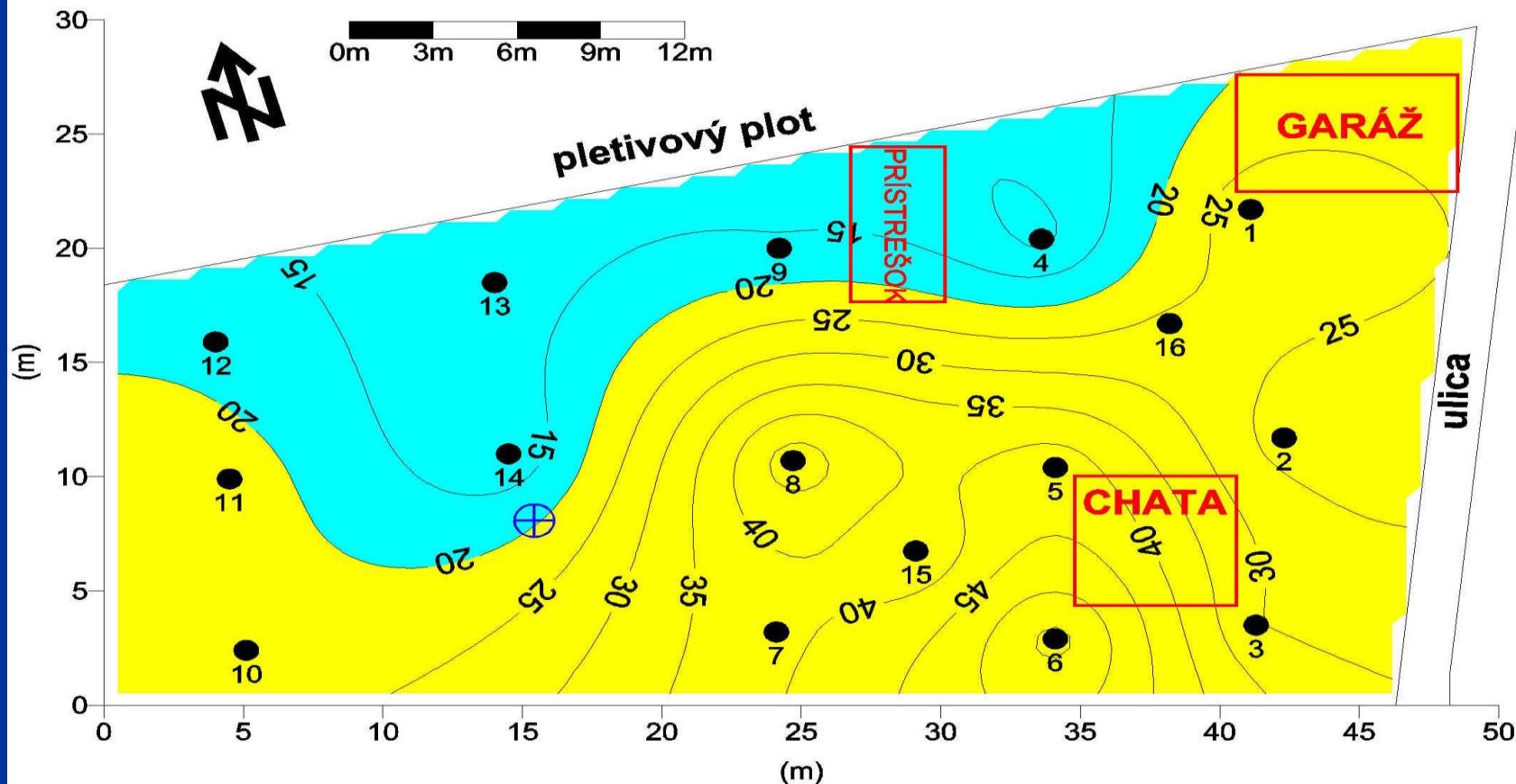
- meria umelú a prirodzenú rádioaktivitu
- merajú sa rôzne druhy žiarenia
- tieto môžu byť viazané na rôzne gologické objekty



# Prognóza radónového rizika

Oblast' Hornej Nitry





**meracie body**



**izolínie objemovej aktivity 222-Rn v kBq/m<sup>3</sup>**



**studňa**

## Radónové riziko

**nízke**



**stredné**

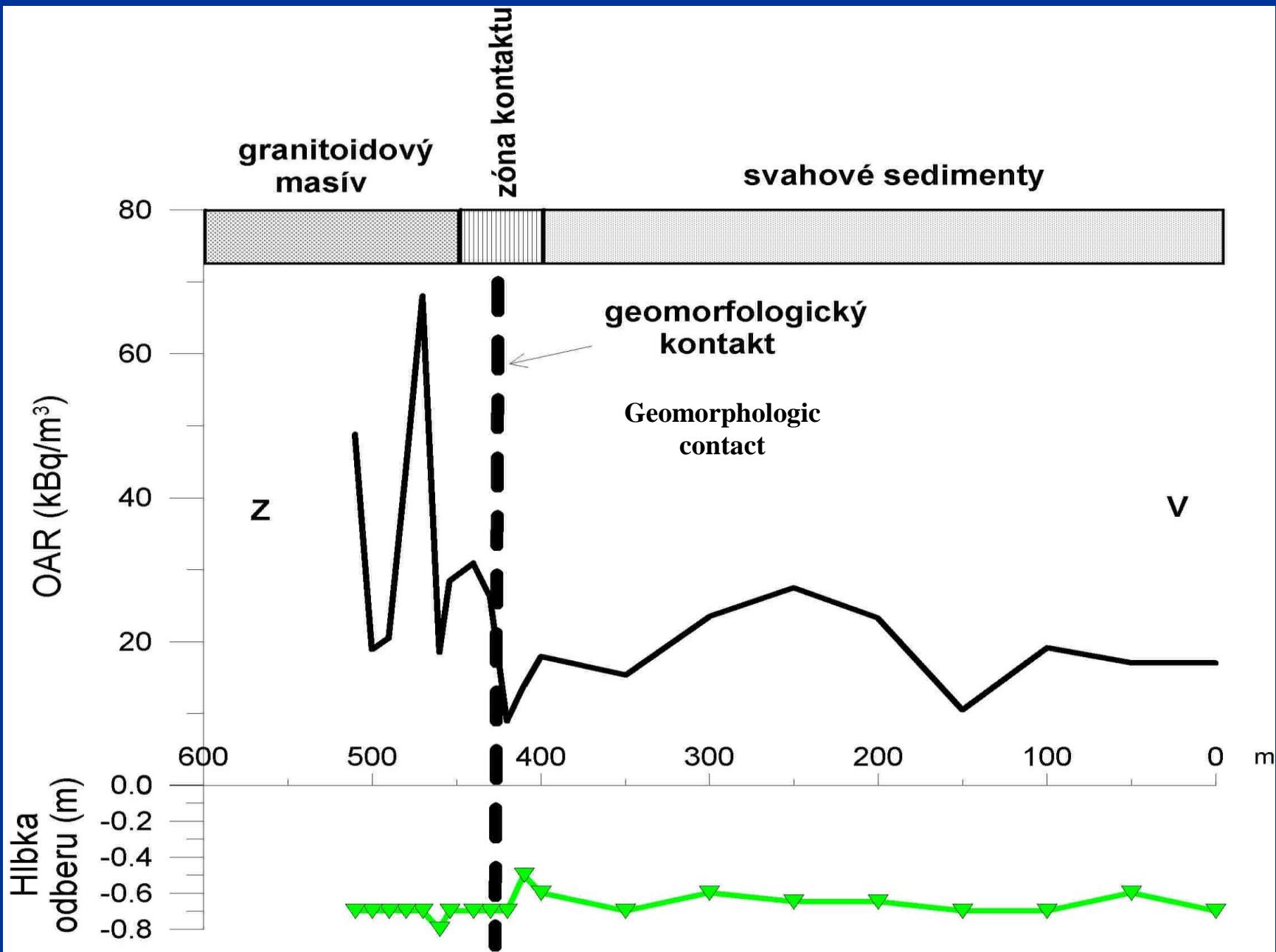


**vysoké**

**Kategória radónového rizika:**

**vysoké**

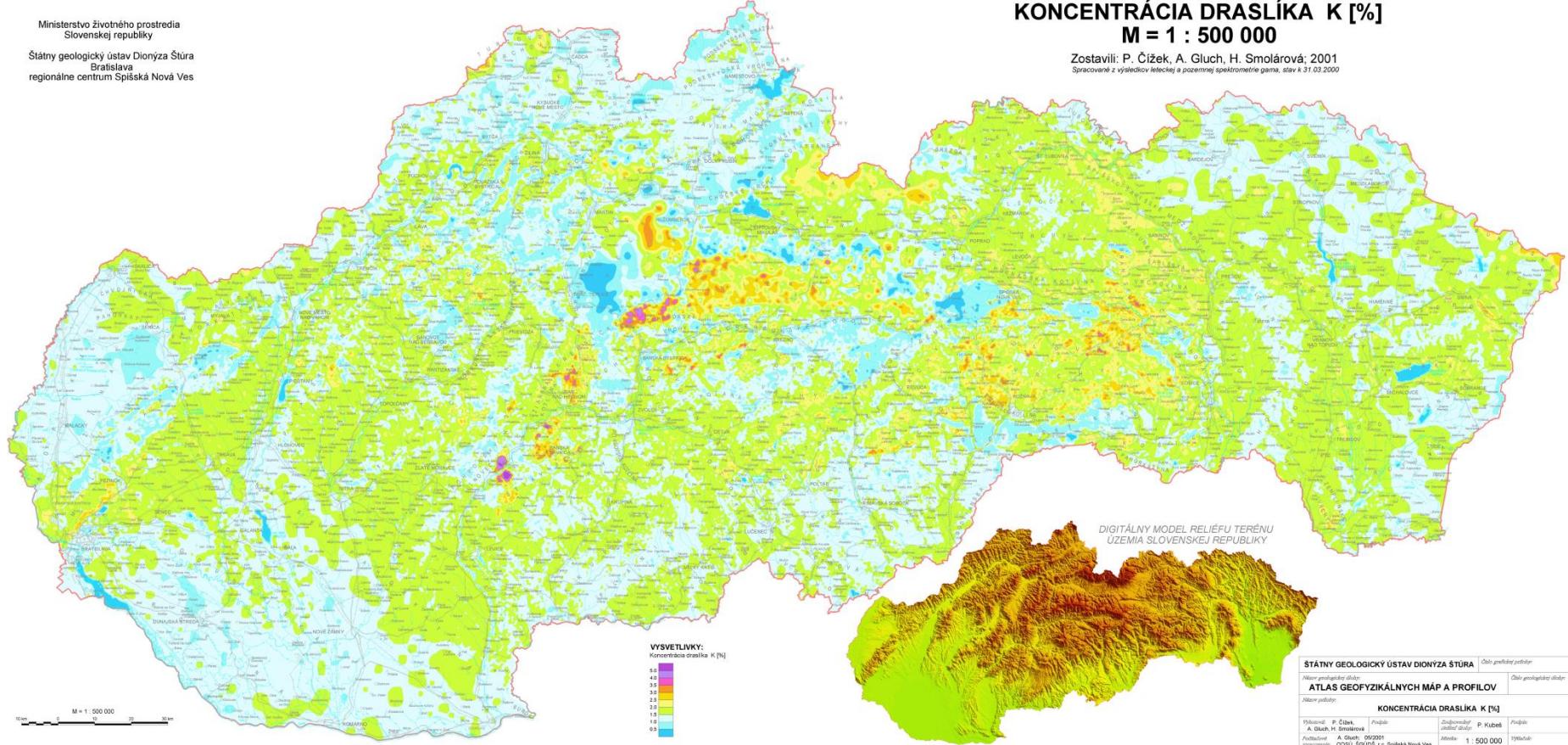
# mapovanie aktívnej tektoniky



Ministerstvo životného prostredia  
Slovenskej republiky  
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra  
Bratislava  
regionálne centrum Spišská Nová Ves

## KONCENTRÁCIA DRASLÍKA K [%] M = 1 : 500 000

Zostavili: P. Čížek, A. Gluch, H. Smolárová: 2001  
Spracovanie z výsledkov leteckej a pozemnej spektrometrie gamma, stan. k 31.03.2000

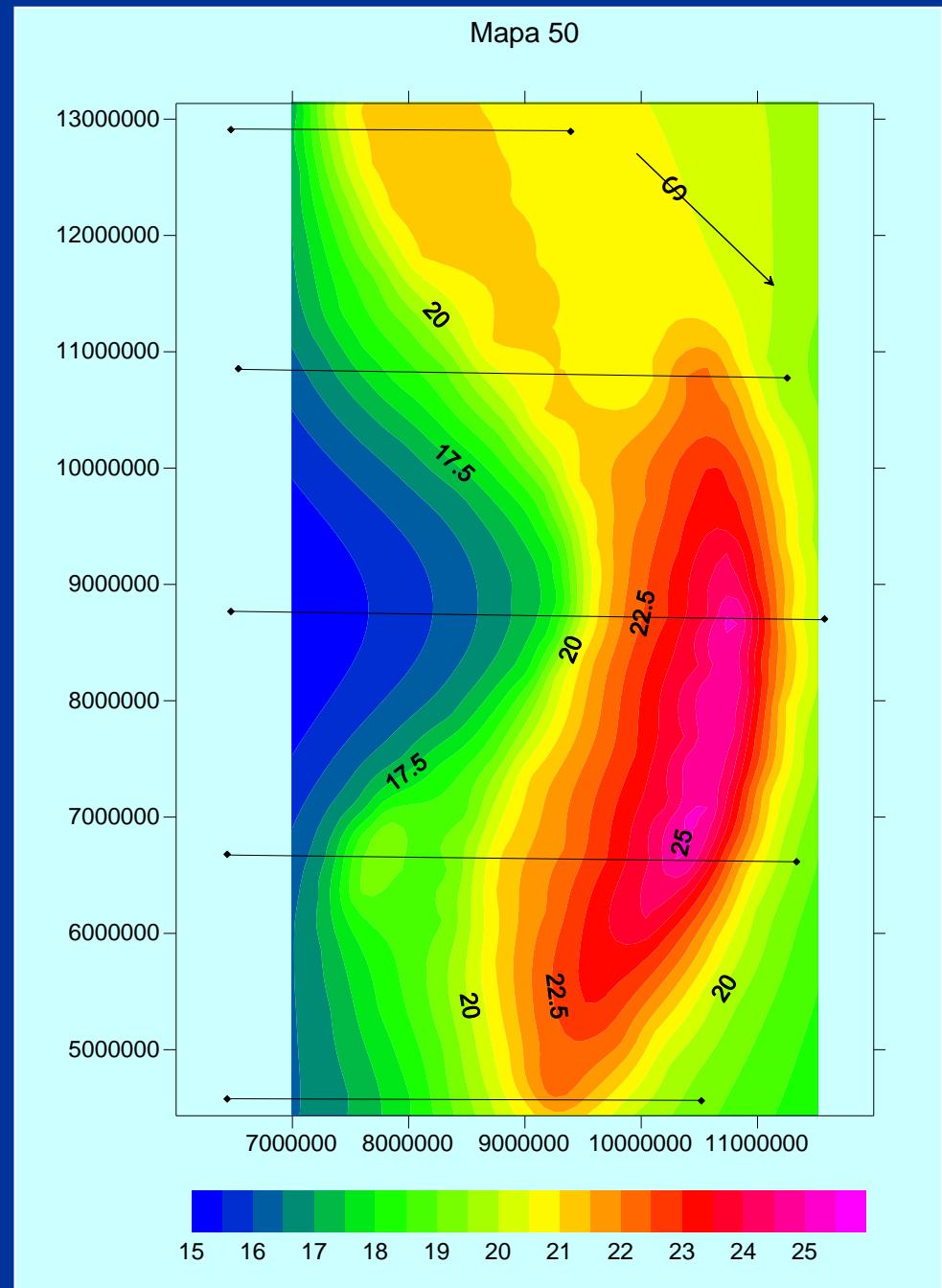


# **GEOTERMIKA**

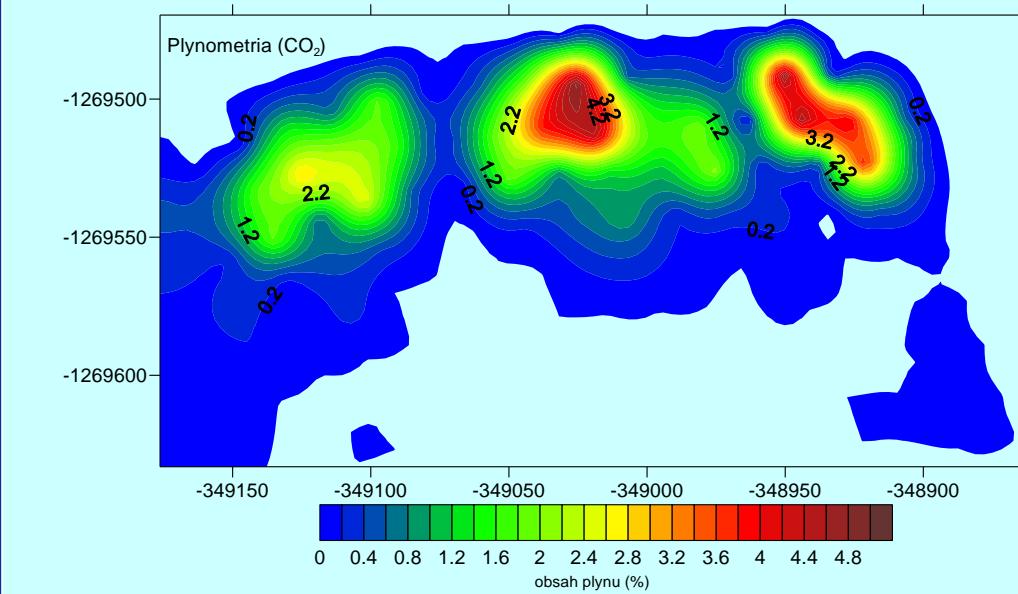
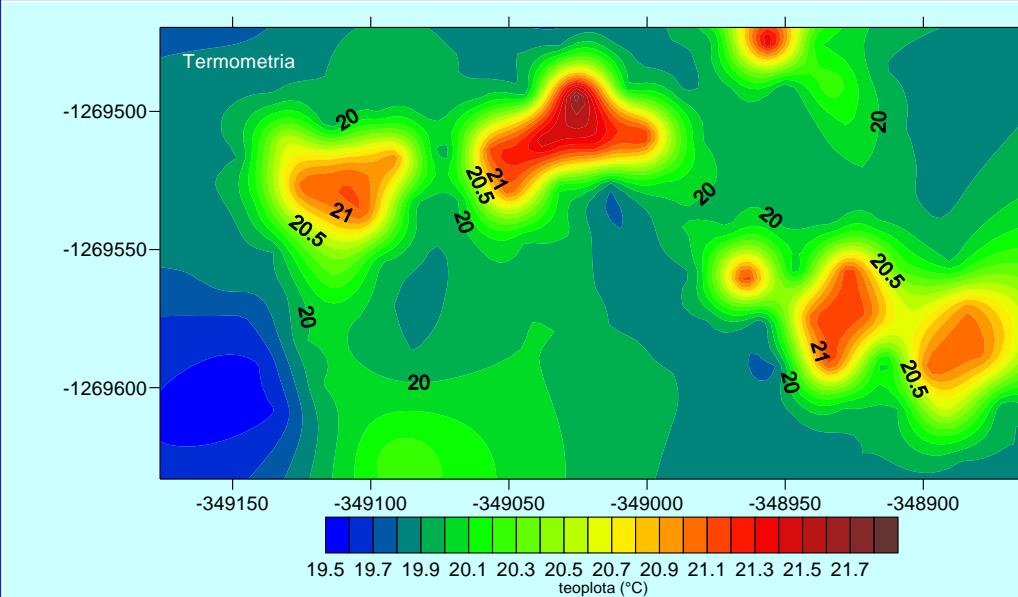
**štúdium teploty a teplotného toku Zeme**

# Povrchová teplotná distribúcia v kúpeľoch Chalmová

Lokalizácia  
geotermálneho  
vrtu



# Termometria nad skládkou organického odpadu

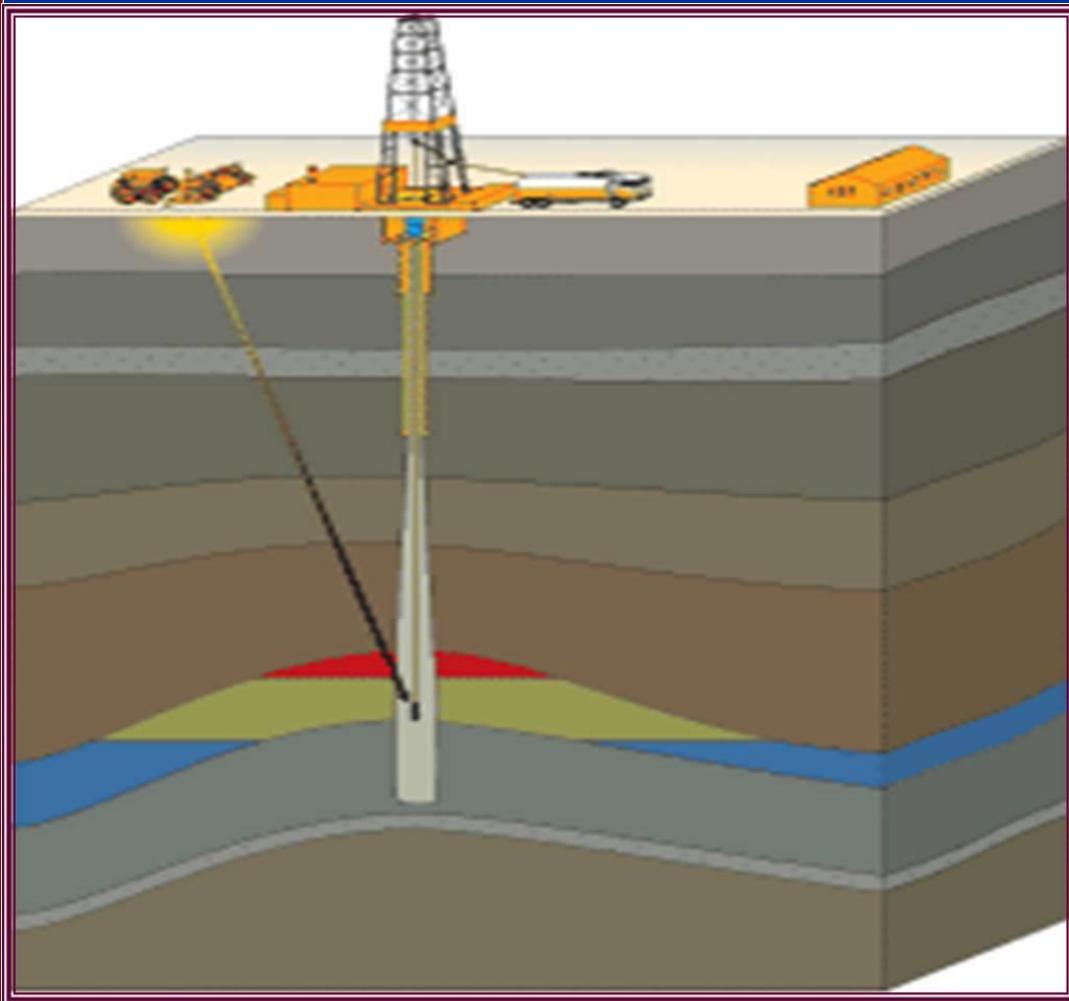
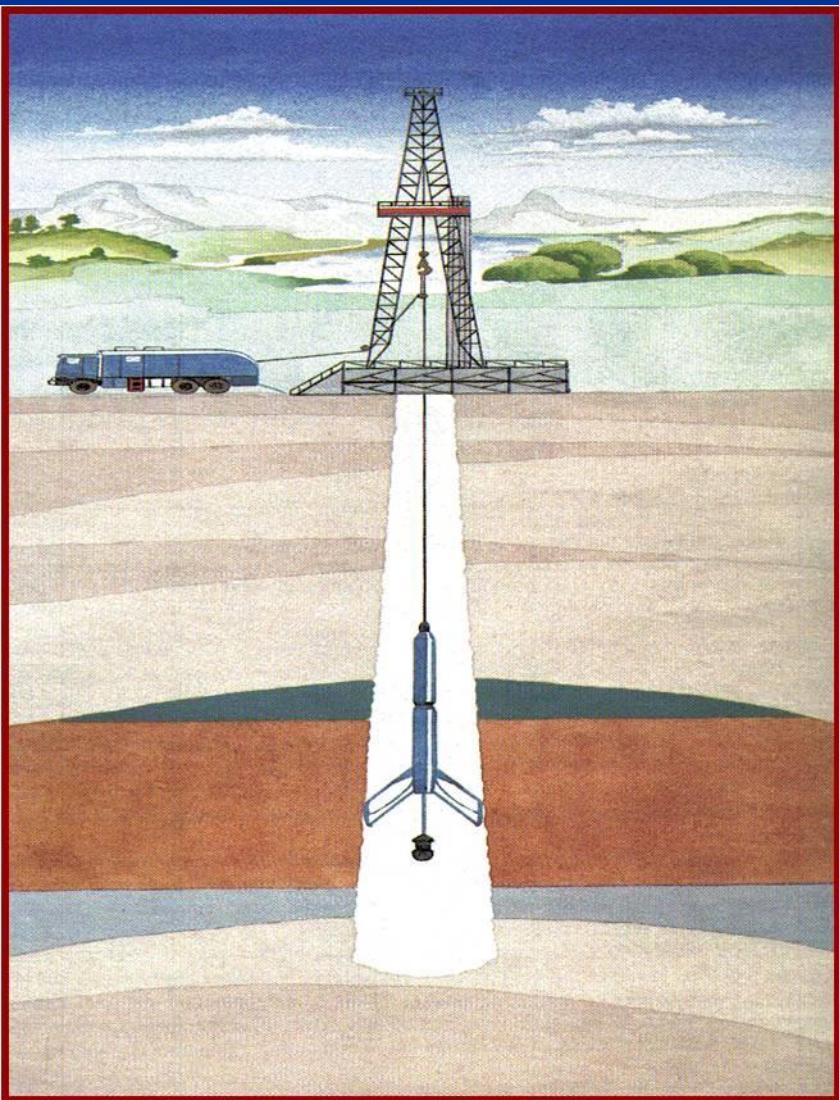


# KAROTÁŽ

**štúdium fyzikálnych vlastností vo vrtoch**

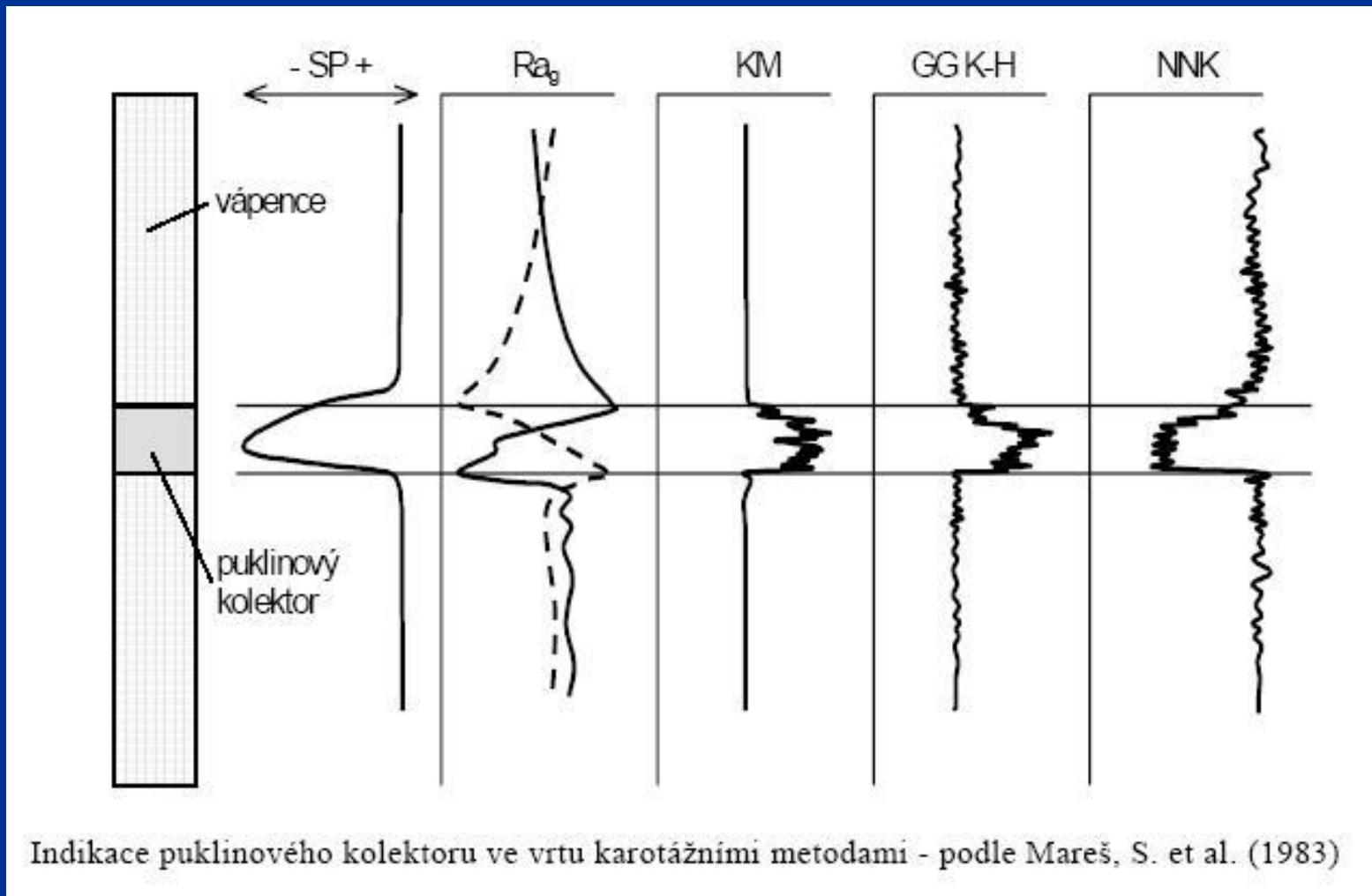
# Vo vrtoch môžeme merat':

- elektrický potenciál (prirodzený)
- elektrický odpor
- tiažové zrýchlenie
- magnetickú susceptibilitu
- porozitu
- nasýtenosť
- rýchlosť seizmických vln
- rádioaktivitu
- teplotu
- atď. ...



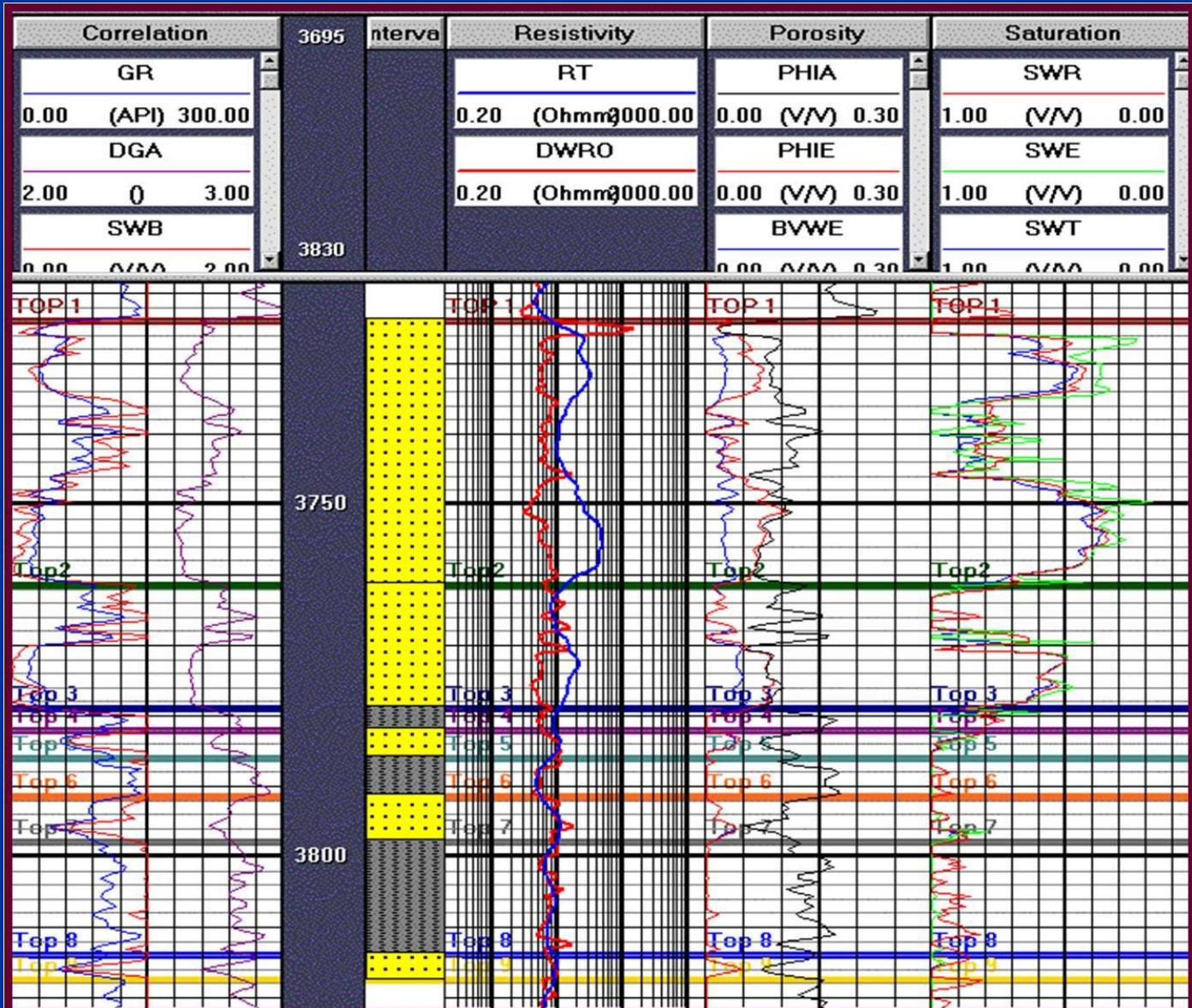
# karotáž

karotáž – geofyzikálne merania vo vrtoch (elektrická, rádioaktívna, magnetická, ...)

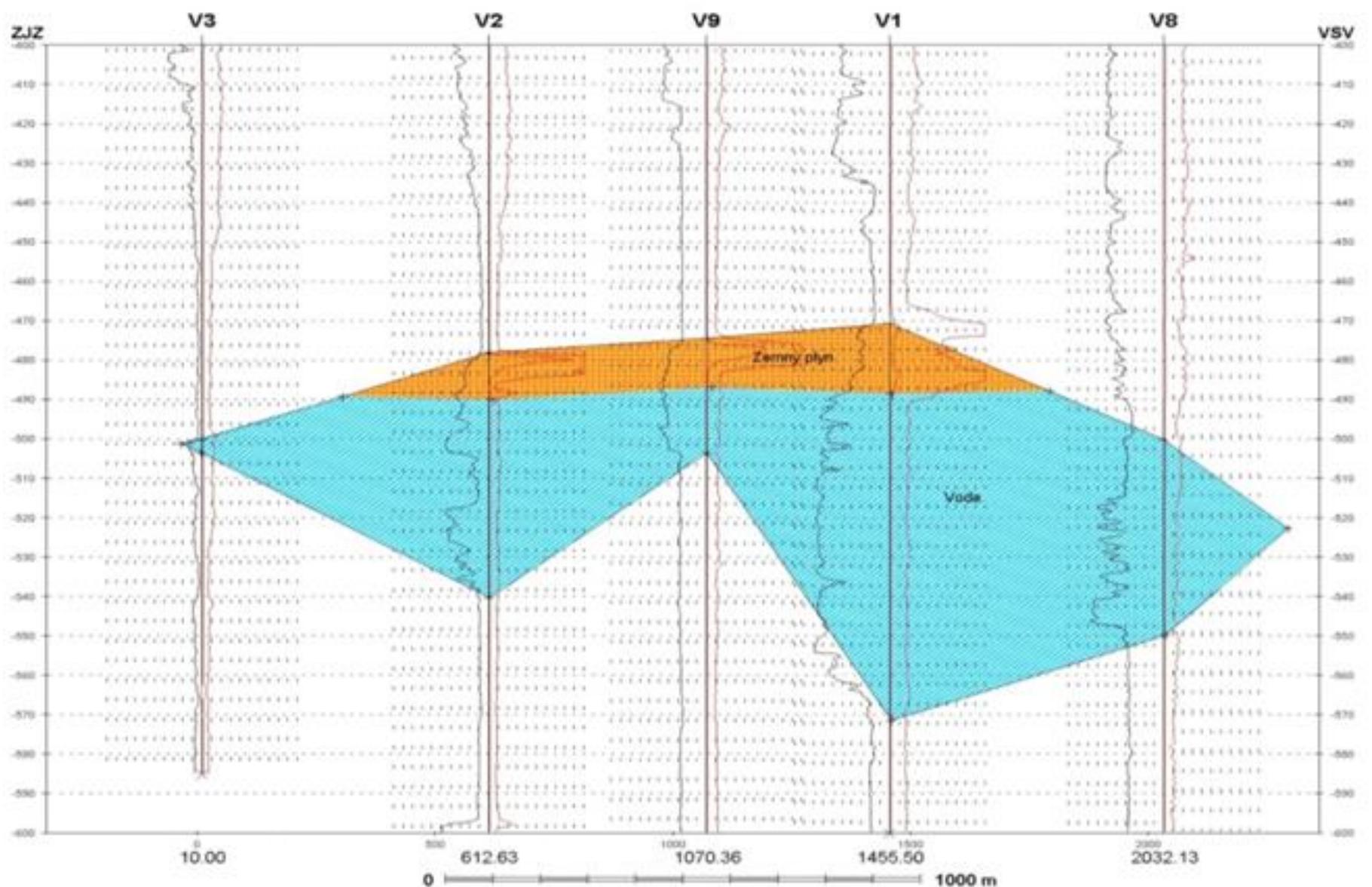


SP – spontánna polarizácia, Ra<sub>g</sub> – odporová karotáž (gradientové usporiadanie),  
KM – magnetická kar., GG – gama-gama kar., NN – neutrón-neutrón karotáž

# typické karotázne záznamy



# Ložisko zemného plynu





# Zhrnutie:

- existuje množstvo úspešných aplikácií geofyziky v geovedných disciplínach
- potrebné je použiť správnu metódu na správnom mieste
- k tomu je potrebný dostatočný kontrast vo fyzikálnych vlastnostiach medzi študovanou štruktúrou a okolitými jednotkami
- existujú ale aj prípady zlyhania (tzv. pitfalls) geofyzikálnych metód – z týchto sa treba poučiť