

Základy aplikovanéj geofyziky

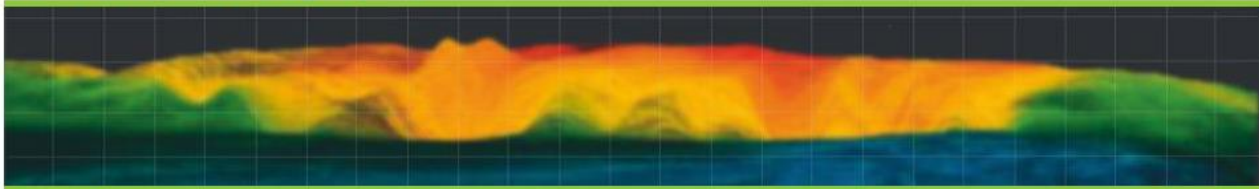
Úvod

skriptá: webstránka našej katedry: www.kaeg.sk

→ vpravo v strede (učebné texty)

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Katedra inžinierskej geológie, hydrogeológie a aplikovanej geofyziky
Oddelenie aplikovanej geofyziky



O nás Novinky Zaujímavosti Výskum Zamestnanci Súborny Fotogaléria

O nás

Aplikovaná geofyzika je súčasťou vied, ktoré merajú a vyhodnocujú fyzikálne polia Zeme a zameriava sa na ich štúdium s cieľom riešenia stavby litosféry – od prvých centimetrov pod zemským povrchom až do hĺbok rádovo stoviek kilometrov. Jej úlohou je detekcia a popis rôznych podpovrchových objektov – ide najmä o geologické, pedologické, hydrogeologické, ložiskové, archeologické a antropogénne štruktúry.

Strategický význam má aplikovaná geofyzika najmä pri prieskume rudných a nerudných surovín, ďalej pri vyhľadávaní ropy a plynu, nezastupiteľnú úlohu pri štúdiu hlbínnej (globálnej) a regionálnej stavbe, využíva sa aj v hydrogeológii a inžinierskej geológii. Jej významný podiel je tiež v ekológii a environmentálnej geológii, najmä pri určovaní a mapovaní seizmogénnych zón, neotektoniky recentnej dynamiky a pri určovaní antropogénnych vplyvov na životné prostredie, najmä vplyvov znečistenia, tiež skládok odpadu a najmä úložísk rádioaktívneho odpadu.

Študijný program *Aplikovaná a environmentálna geofyzika* ako nedeliteľná súčasť geologických vied je krajiným odborom, s nepriamym určovaním širokého spektra geologických štruktúr na základe fyzikálnych vlastností horninového prostredia a ich odrazu v geofyzikálnych poliach.

Podľa skúmaného fyzikálneho parametra využíva metódy:

- seizmiku, geoelektriku a elektromagnetiku,
- gravimetriu, magnetometriu,
- rádiometriu a metódy jadrovej geofyziky,
- karotáž (meranie vo vrtoch),
- geotermiku,
- štúdium petrofyzikálnych vlastností.



Naša katedra/oddelenie je jediným školiacim pracoviskom aplikovanej a environmentálnej geofyziky v Slovenskej Republike v rámci dvoch vyšších stupňoch VŠ vzdelania – v rámci magisterského a doktorandského štúdia. Zabezpečuje výuku metód poznávania fyzikálnych prejavov horninového prostredia: gravimetrie, magnetometrie, geoelektriky, seizmiky, rádiometrie, termometrie a

Slovenčina
Angličtina

Hľadať

Q zadajte výraz...

Rýchla navigácia

Fotogaléria

História

Novinky

O nás

Súborny

- Učebné texty

Výskum

- Projekty APVV
 - Project APVV-0194-10 Bouguer, NG*

skriptá: webstránka našej katedry: 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. Seizmické metódy

6. Rádionuklidové metódy

7. Seizmológia

8. Karotáž

Skriptá:

Gravimetria Magnetometria , Geoelektrika, Seizmika, Radiometria, Seizmologia, 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 skrípt 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:

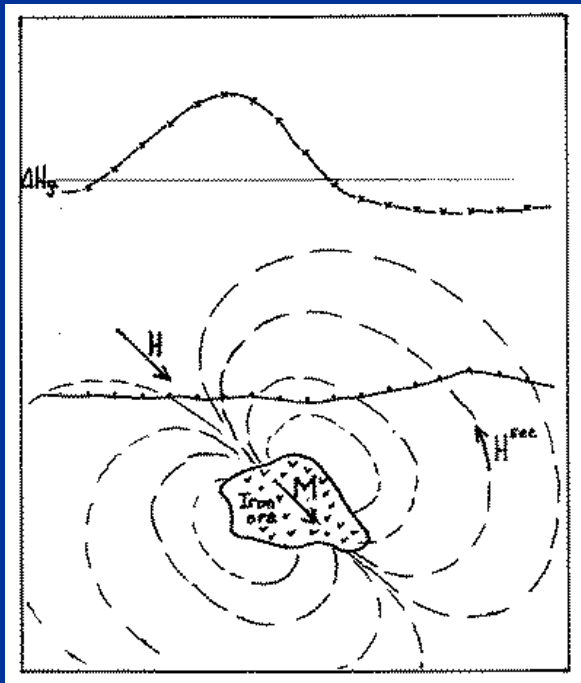
- magnetického poľa,
- tiažového poľa,
- elektrických polí (prirodzených a/alebo umelých),
- mechanického vlnového poľa,
- prirodzenej radioactivity
- teplotného poľa
- atď.

za účelom zisťovania 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

magnetické pole Zeme
ťažové pole Zeme
búrky, zemetrasenia ...

umelé

vysielače el-mag. vln
odpaly, mechanické údery,
rádioaktívne zdroje ...

okrem zdrojov polí sú dôležité tiež **fyzikálne vlastnosti horninového (antropogénneho) prostredia** (hustota, susceptibilita, vodivosť, atď.), ktoré tieto polia deformujú (vytvárajú anomálie geofyzik. polí)

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

Čo je to vlastne geofyzika?

Metódy aplikovanej geofyziky a jej zdroje:

metóda

- seizmika
- 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*



IN VYSVETLUJE GALILEIHO 57

delí nijakú rýchlosť, len
stane pri ňom bez
ento jav si vysvetľuje
vačnosti, podľa ktorého
vonkajšie sily, si
chlosť (tu
meň bez toho,

pu relativity je
naké ako hľadisko
i vysvetľuje, čo
pri A), tvrdiac, že
ní k zemi
ie, prečo kameň
o naopak), si
ho zákon, podľa
hľadu na
n



ty sú

sti som mal

jej relativity a jej
sebe Einstein
muláciu
šak bolo treba
to povedať, že
chápali jej
vodobne



štruktúra semestra:

- seizmika a seizmológia (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 seizmických vln prechádzajúcich vnútrom
Zeme

zdroj seizmických vln

l'udská síla



autovibrátory

vysielače seizmických vln

technická sila



Registračné auto

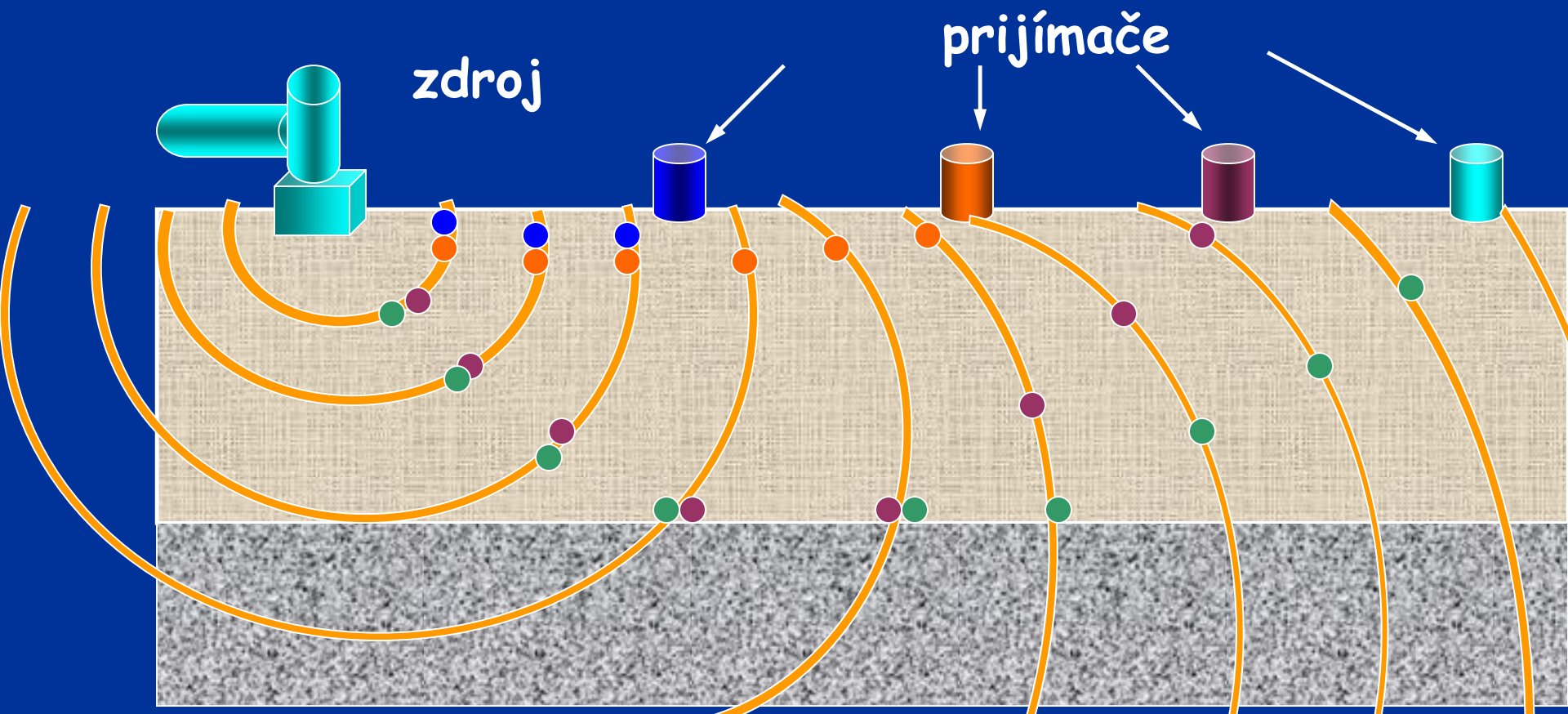
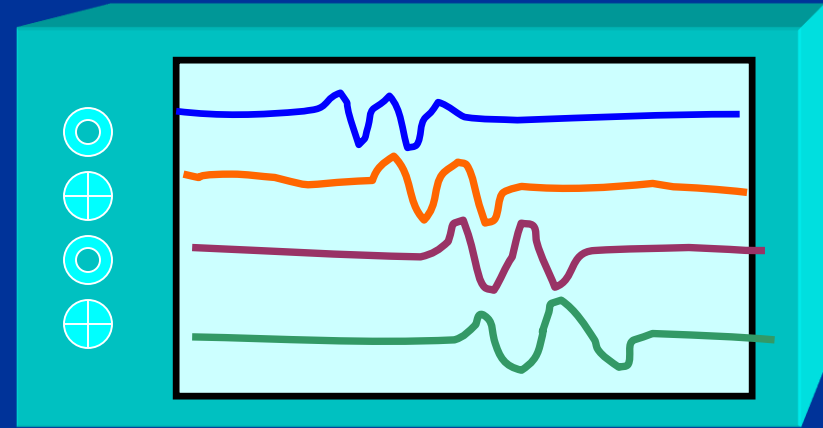


prijímače seizmických vln - geofóny



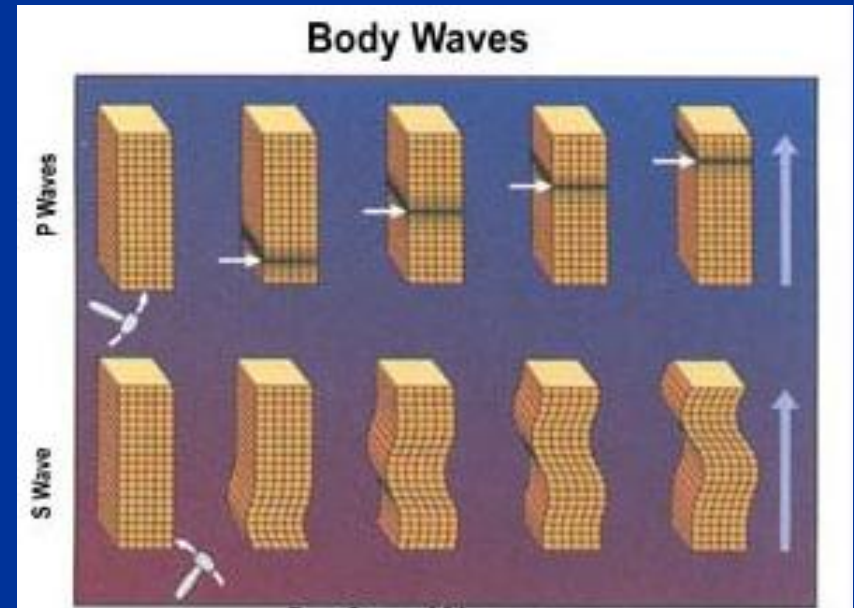
seizmika

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



typy seizmických vln:

1. P vlny – kompresné vlny –
pozdlžne vlny v_p
2. S vlny – strižné vlny –
priečne vlny v_s



d'alšie delenie seizmických vln:

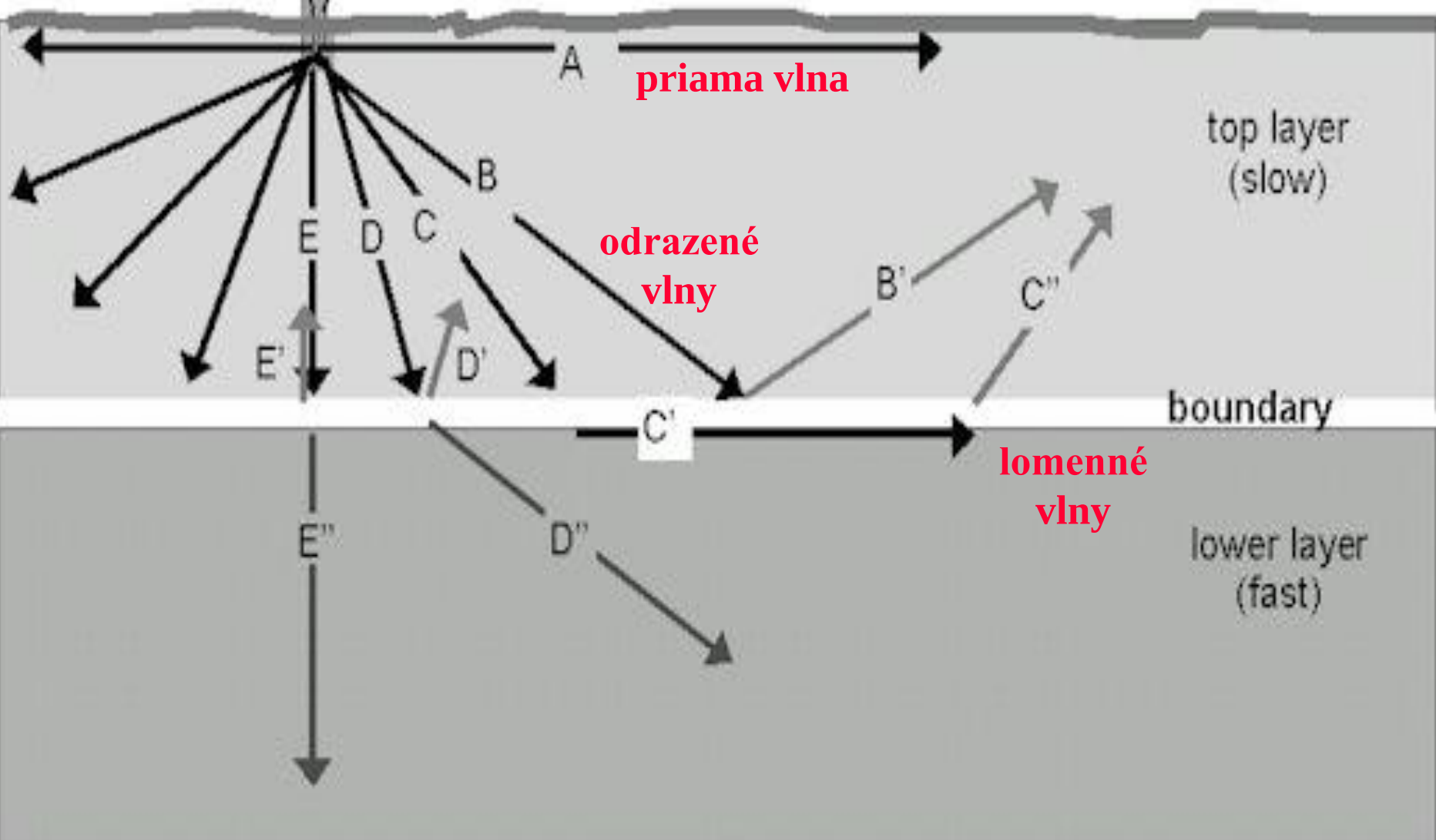
1. odrazené vlny
2. lomenné vlny

Podľa tohto sa seizmika delí na:

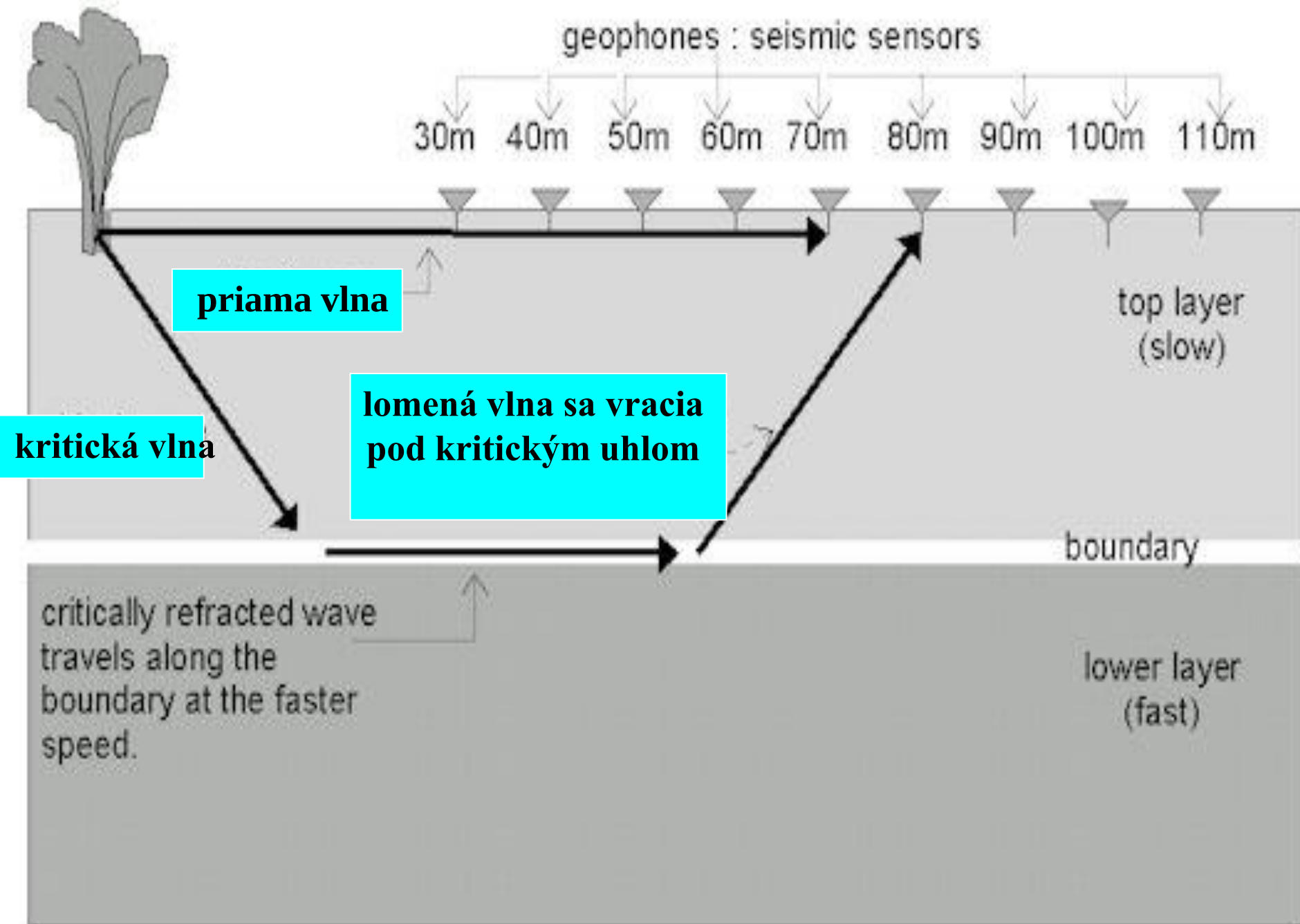
- a) tzv. **reflexnú** (odrazené vlny) a b) **refrakčnú** (lomené vlny)

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.

explosion —



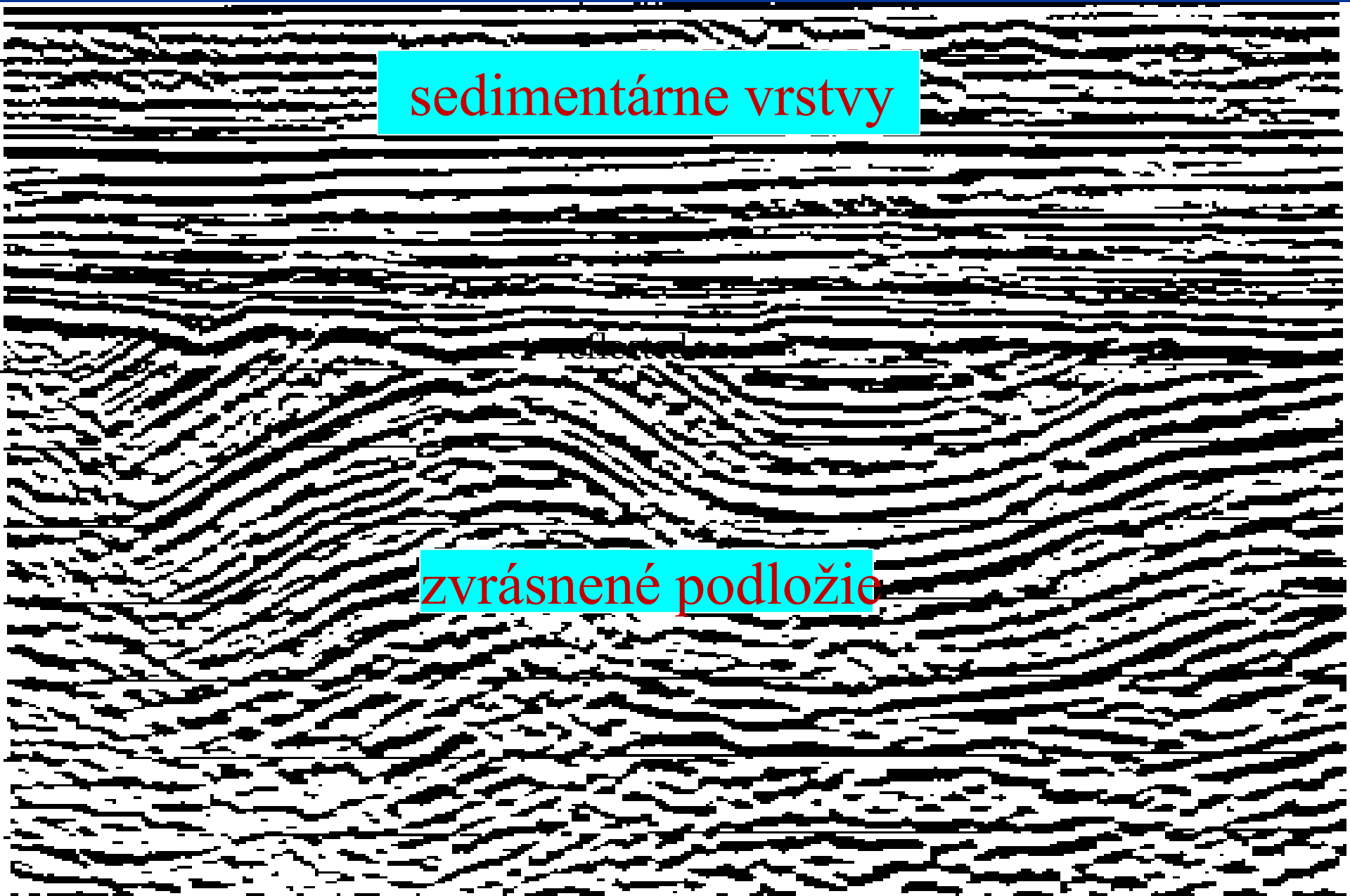
Lomená vlna prichádza ku geofonom pred priamou vlnou



Seizmické reflexné profilovanie

sedimentárne vrstvy

zvrásnené podložie



Seizmické reflexné profilovanie

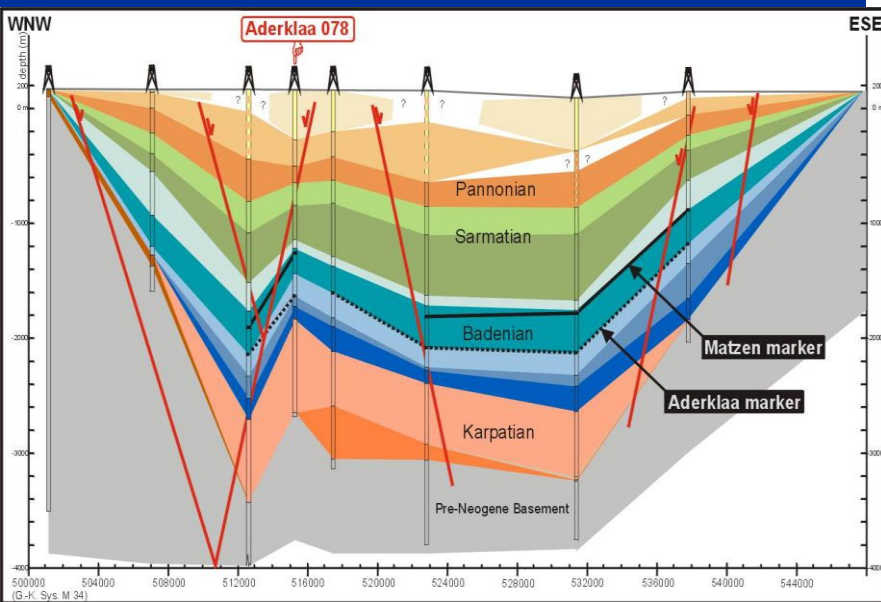
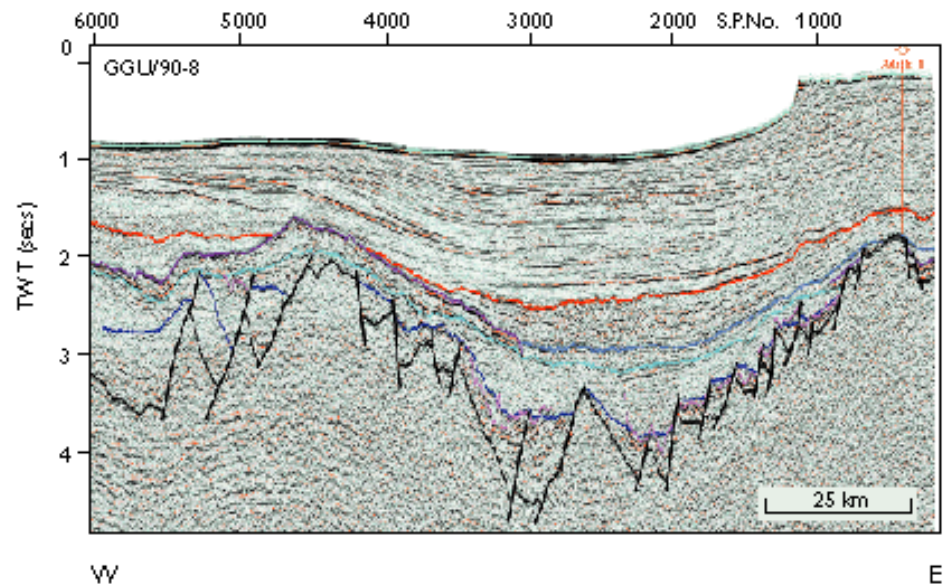
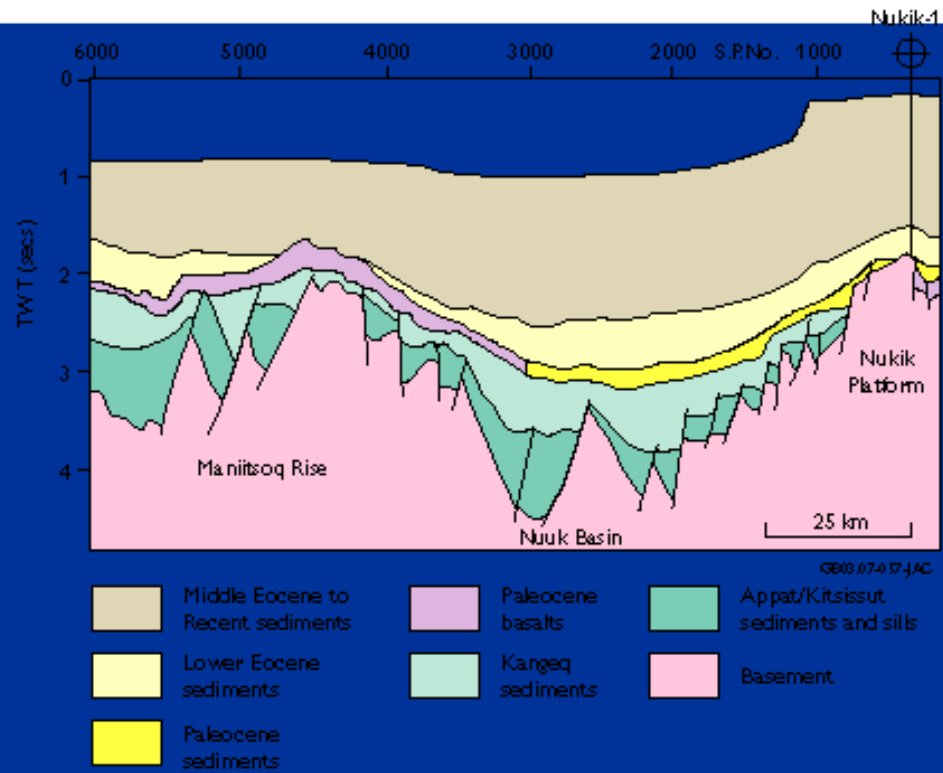
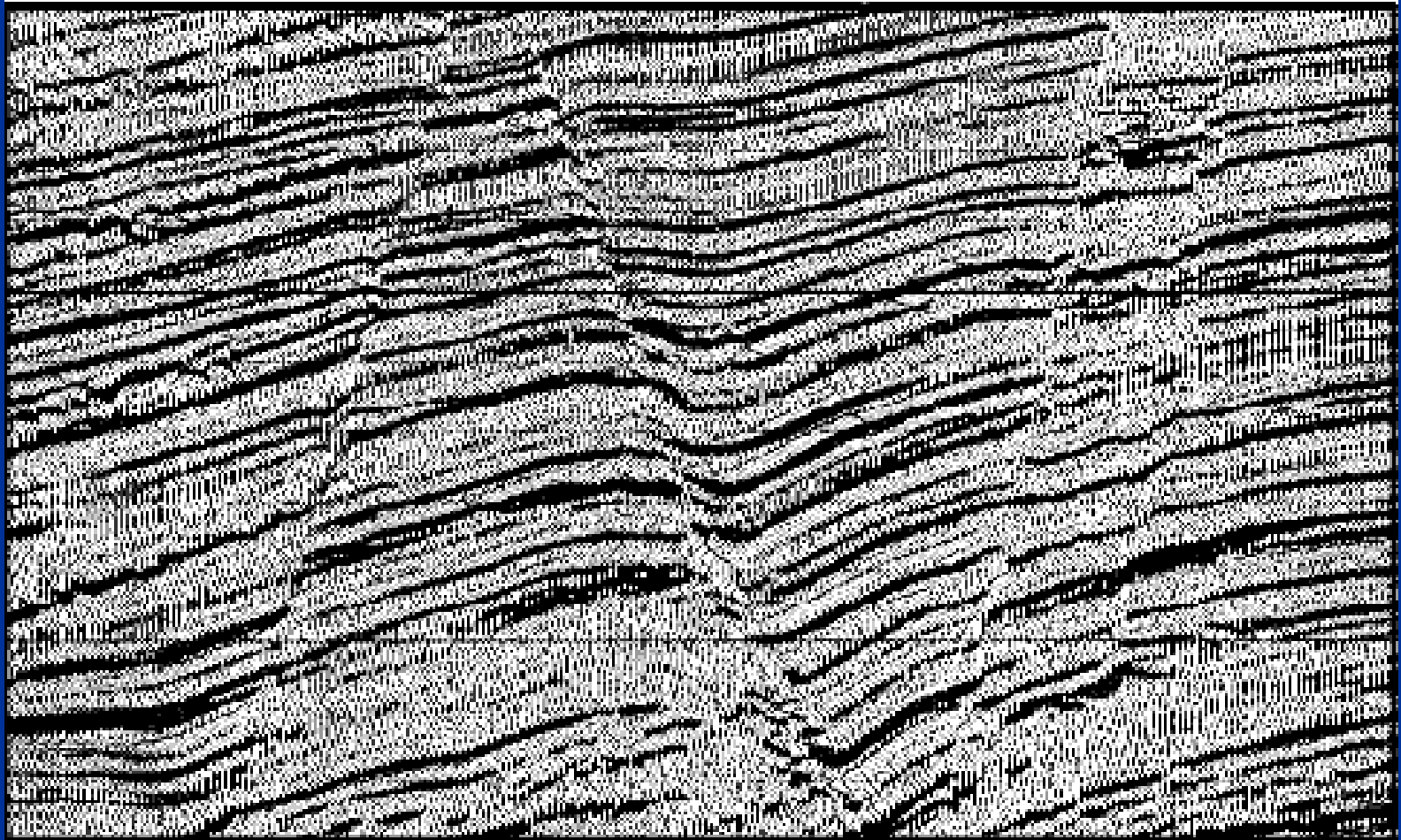


Fig. 5: WNW/ESE cross section in the central Vienna Basin based on OMV well logs.

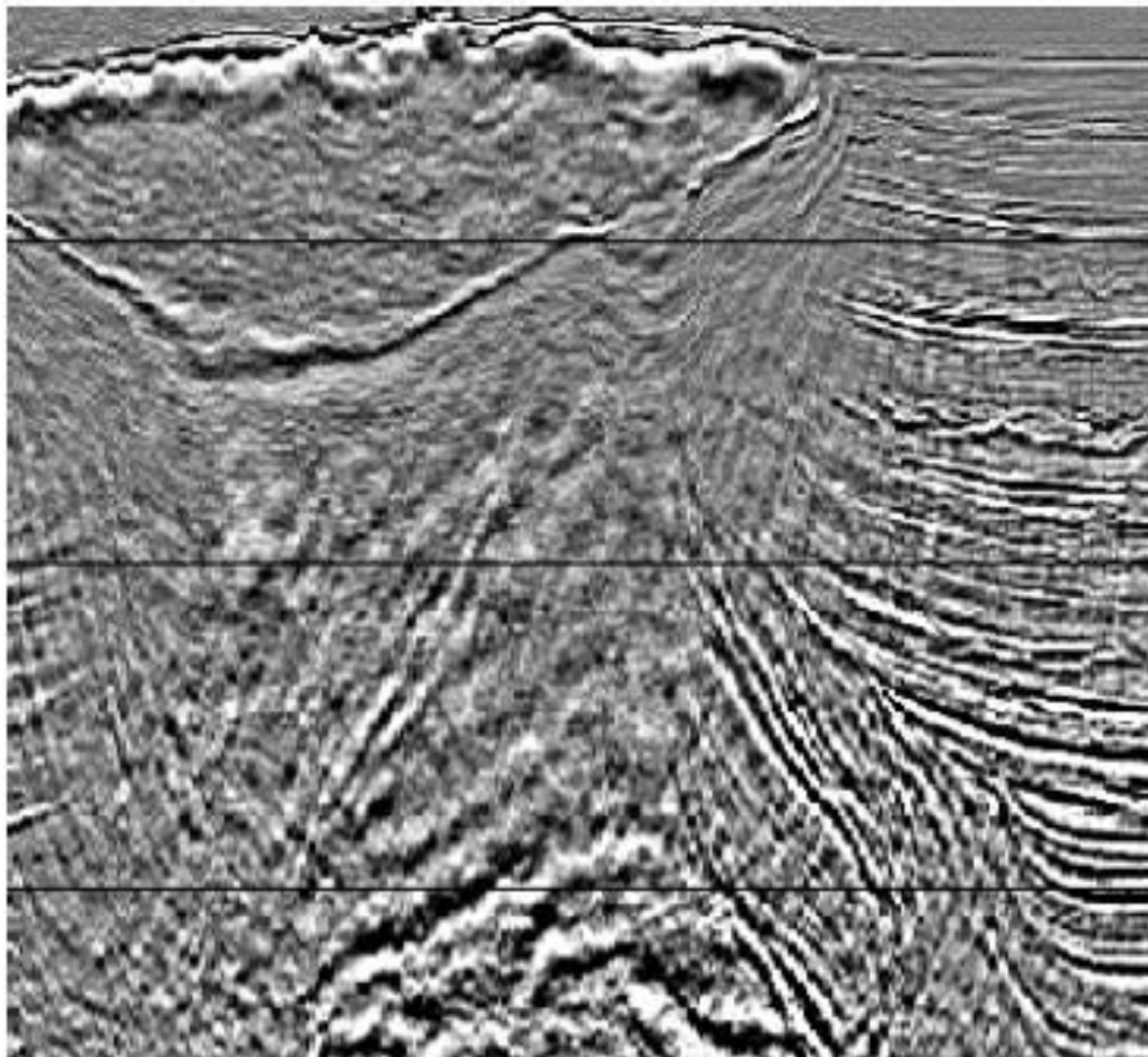


tektonika

3D Prestack Time Migration - MOVES (Fault Imaging)



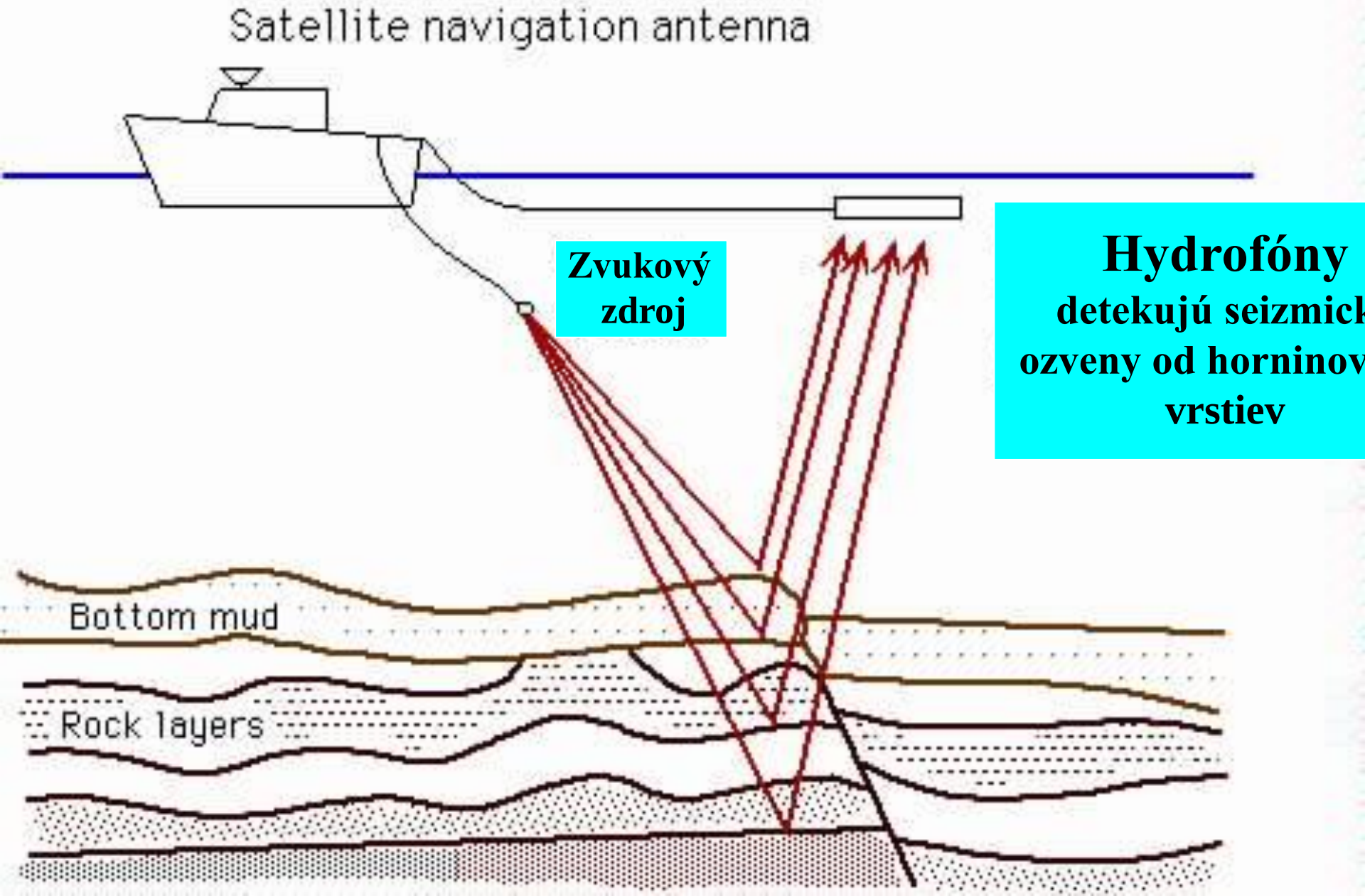
sol'né štruktúry



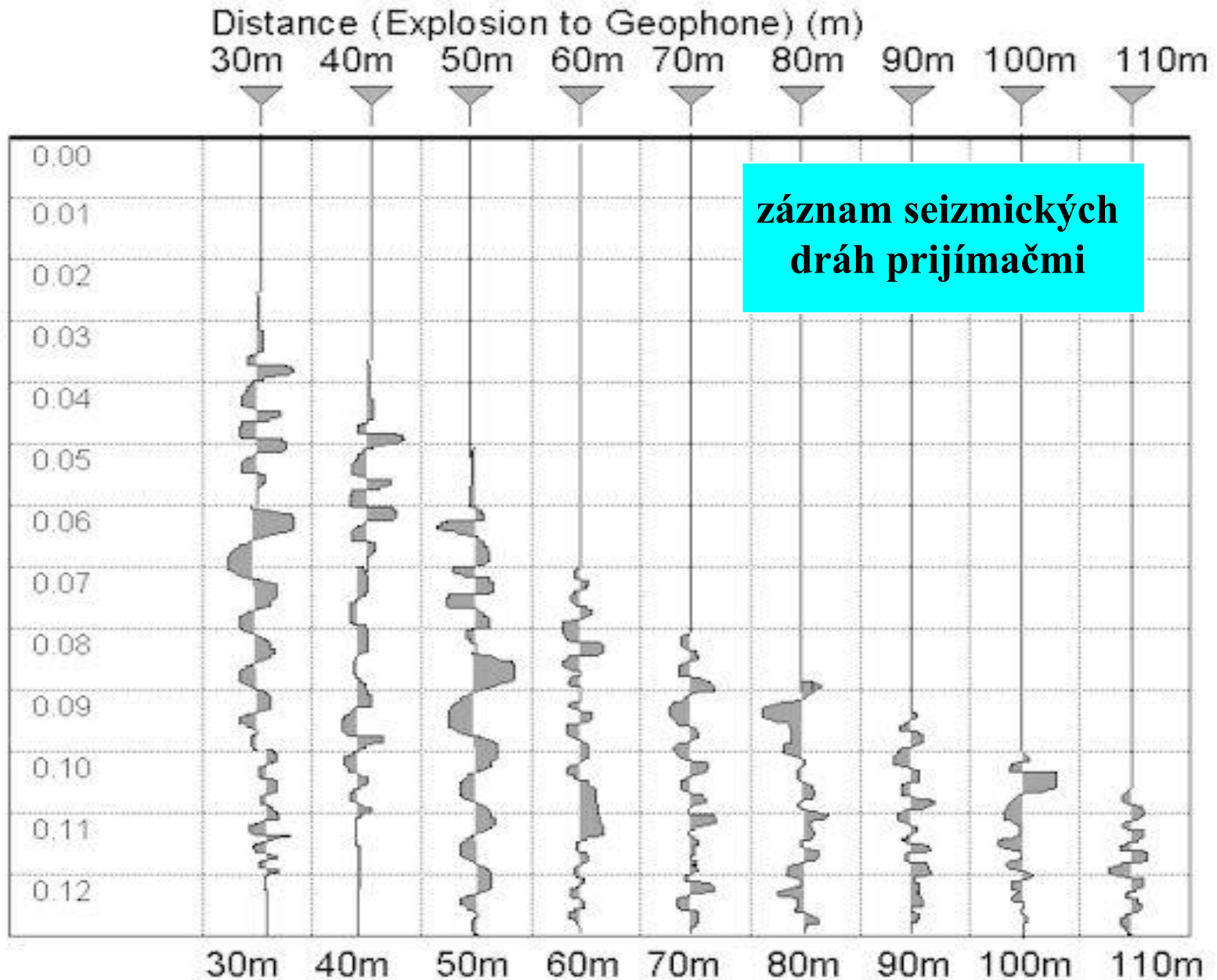
Morské seizmické merania



Morské seizmické merania



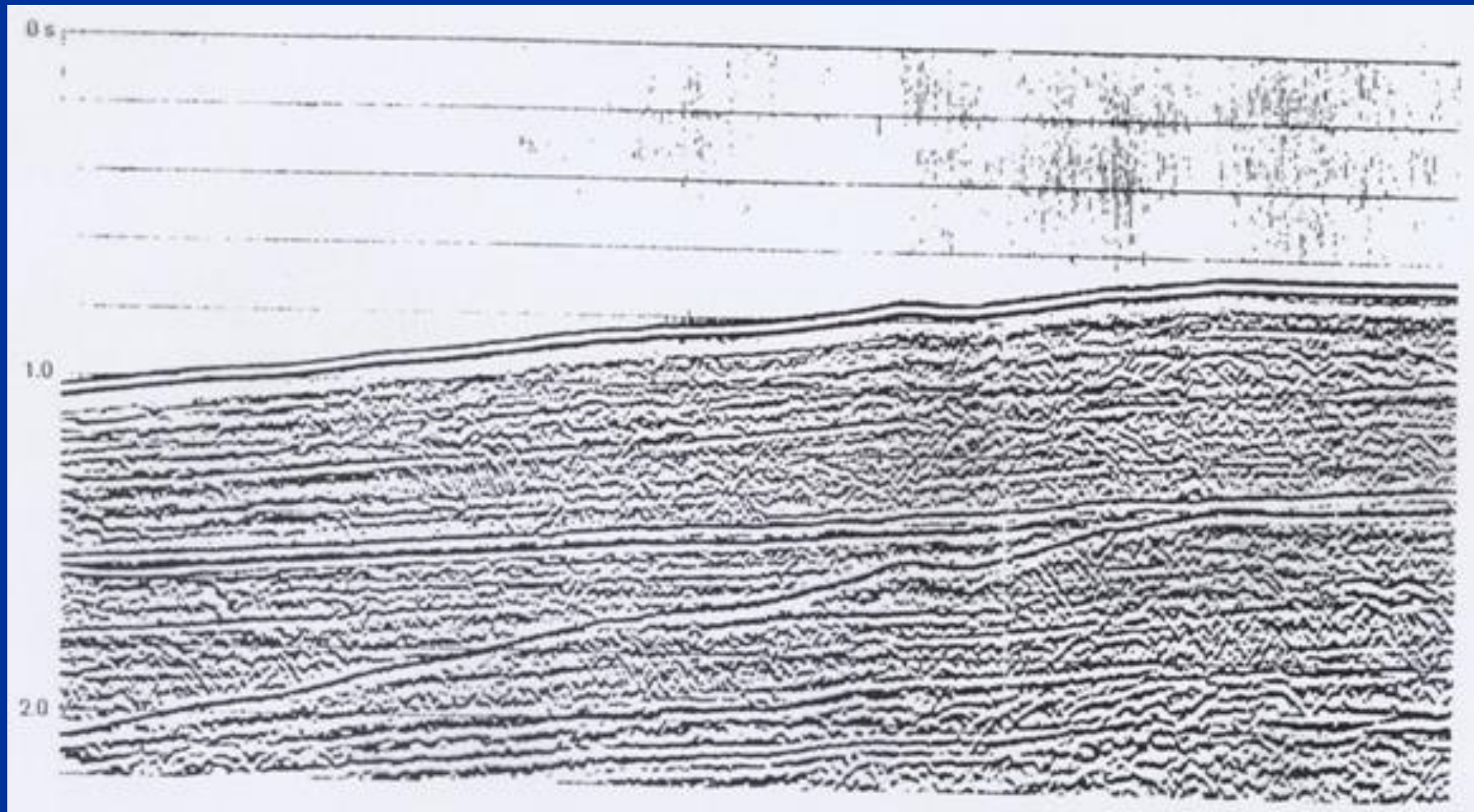
Rez seismickým záznamom



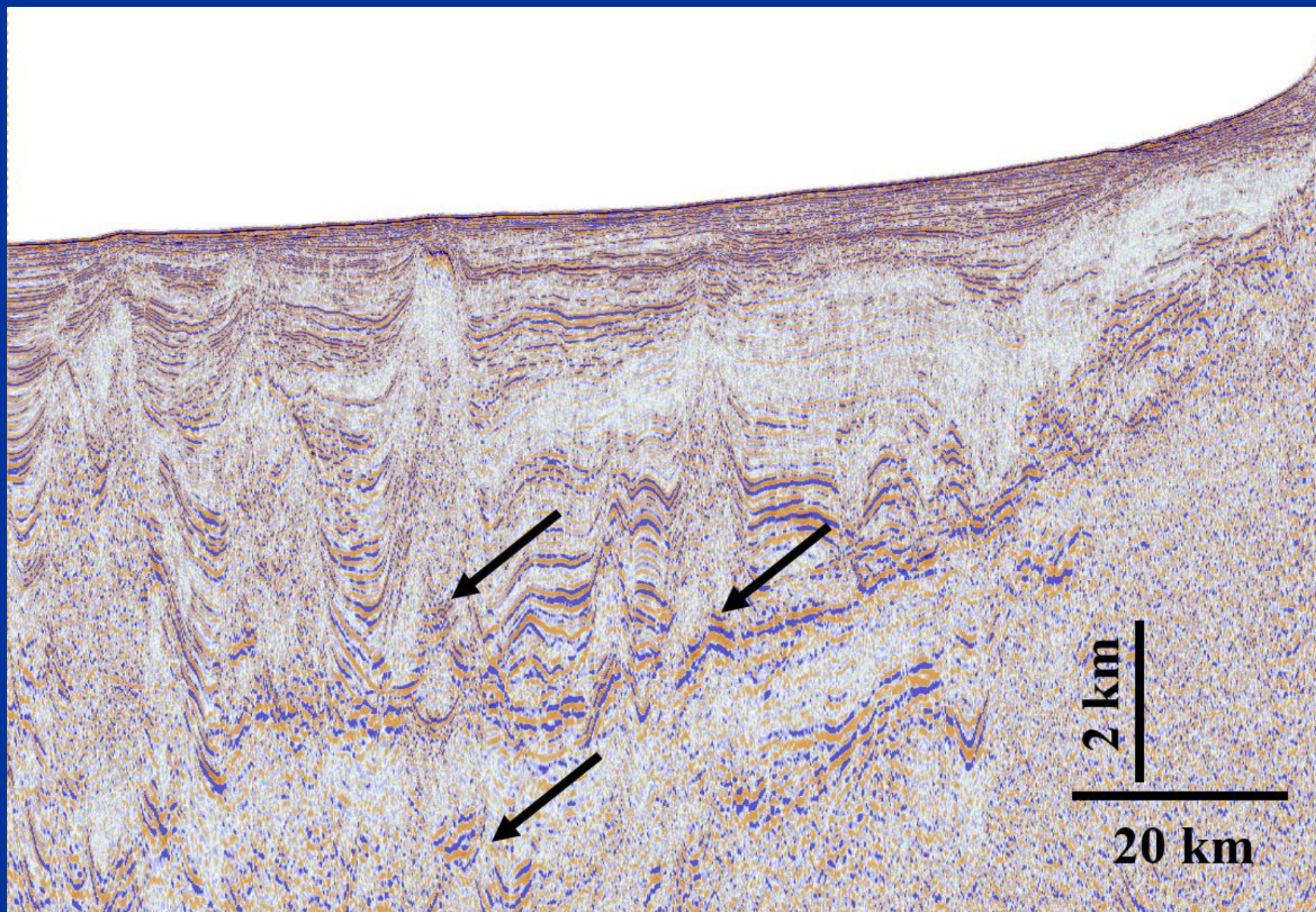
dráhový
čas

(s)

Výsledný seismický (časový) rez



Výsledný seismický (časový) rez



Seizmické profily CELEBRATION 2000 (hlbinná refrakčná seizmika)

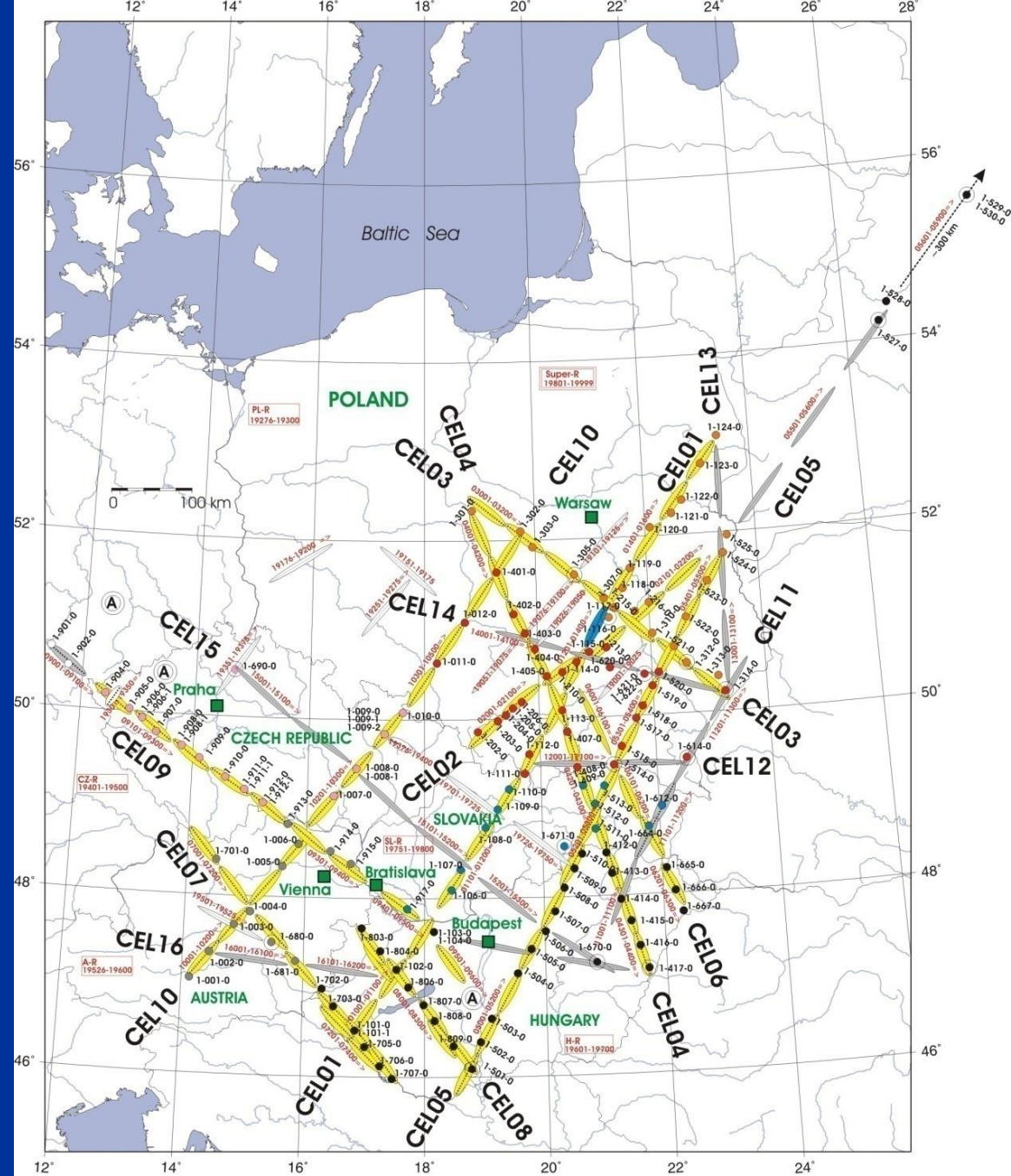
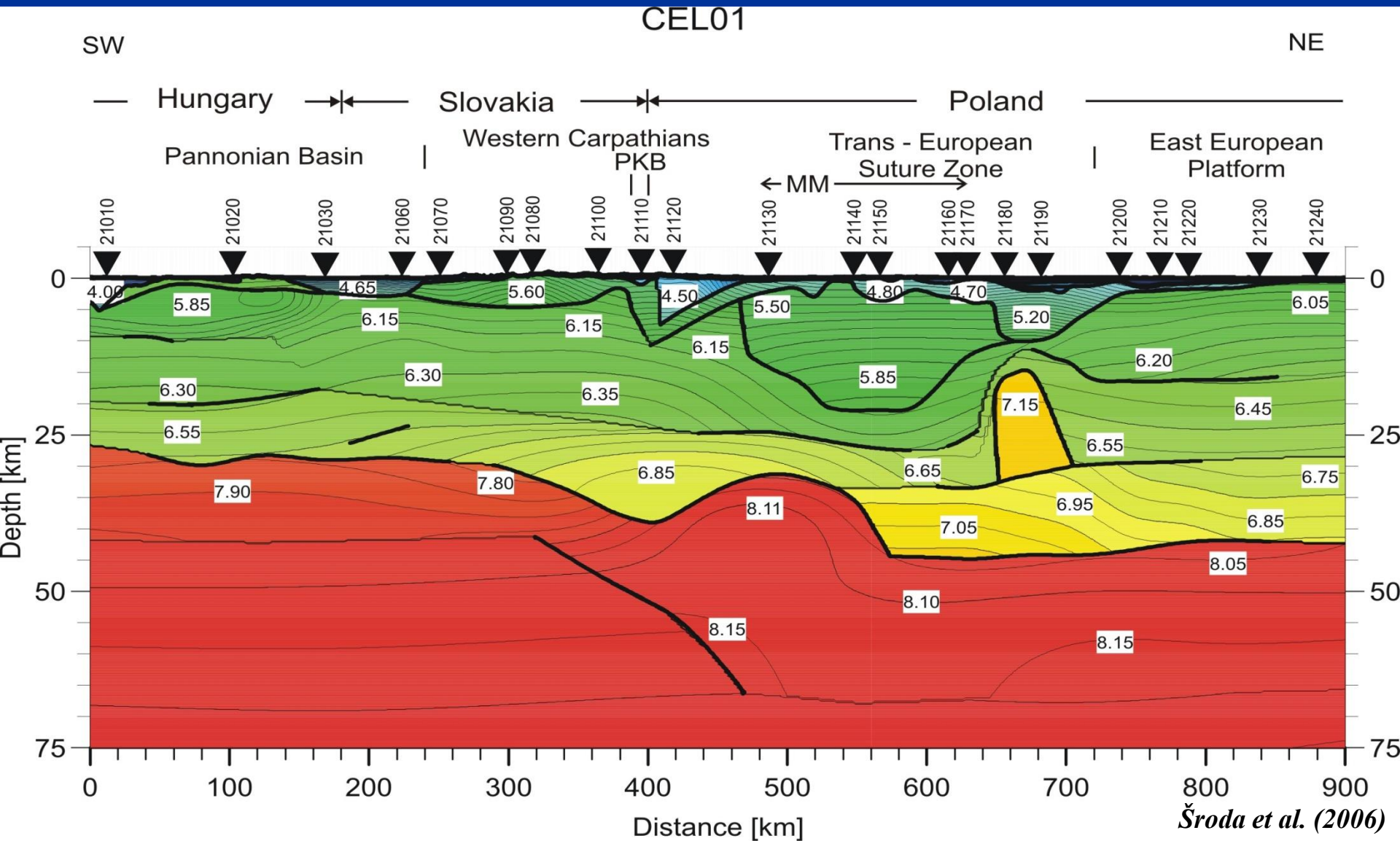


Fig. 2 CELEBRATION 2000 recording scheme

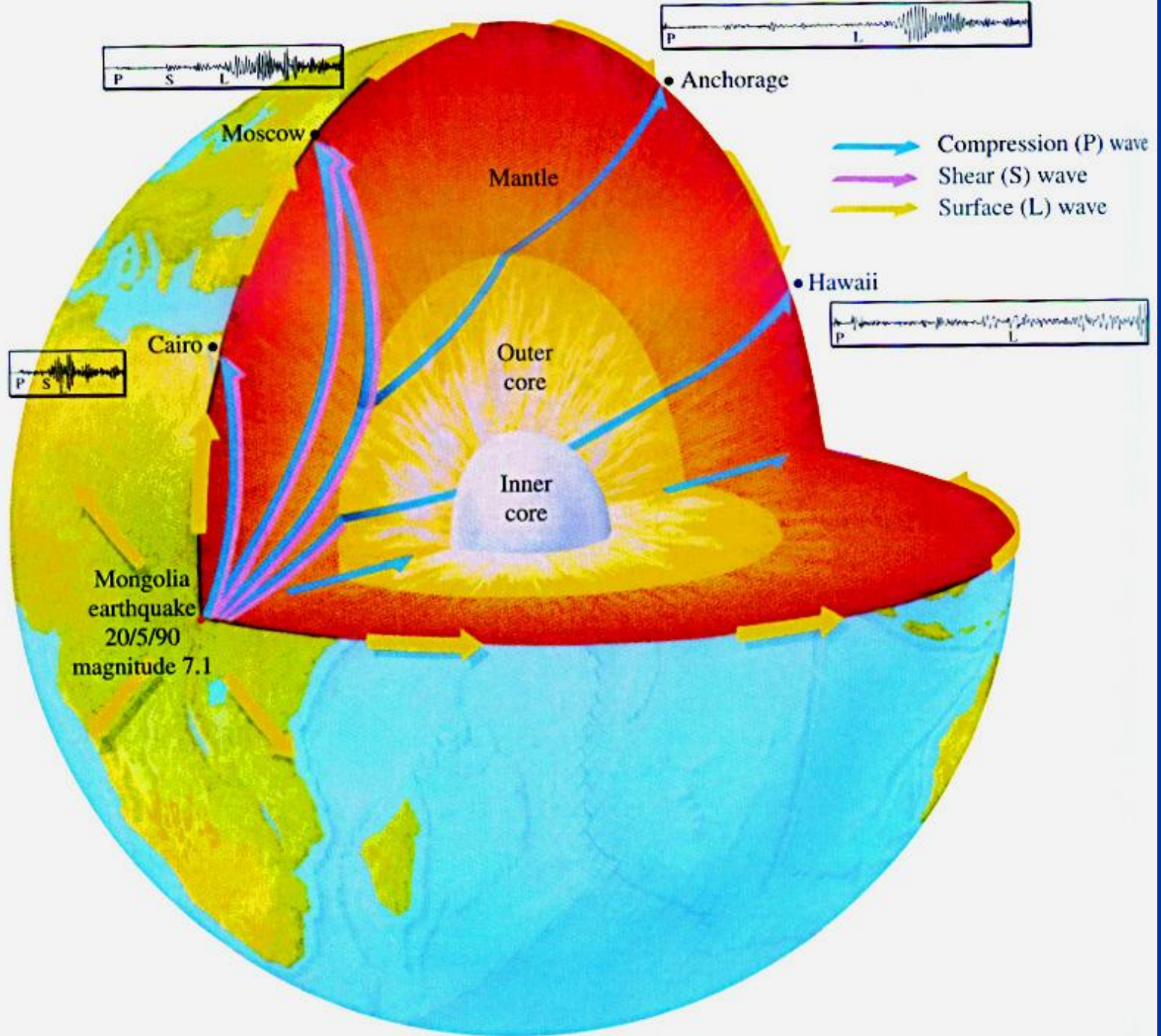
Seizmický refrakční profil CEL-01



SEIZMOLÓGIA

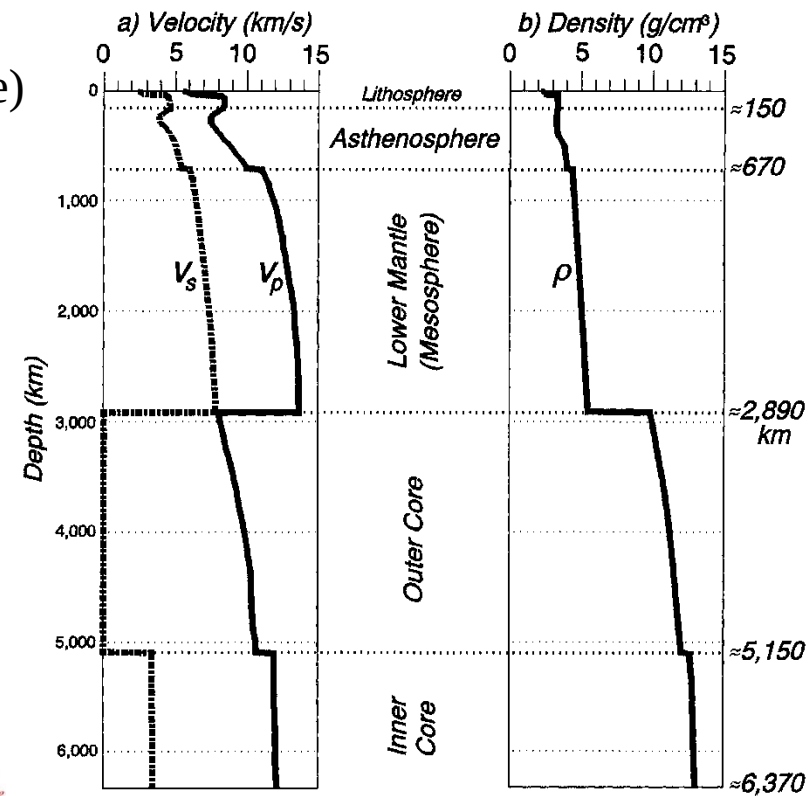
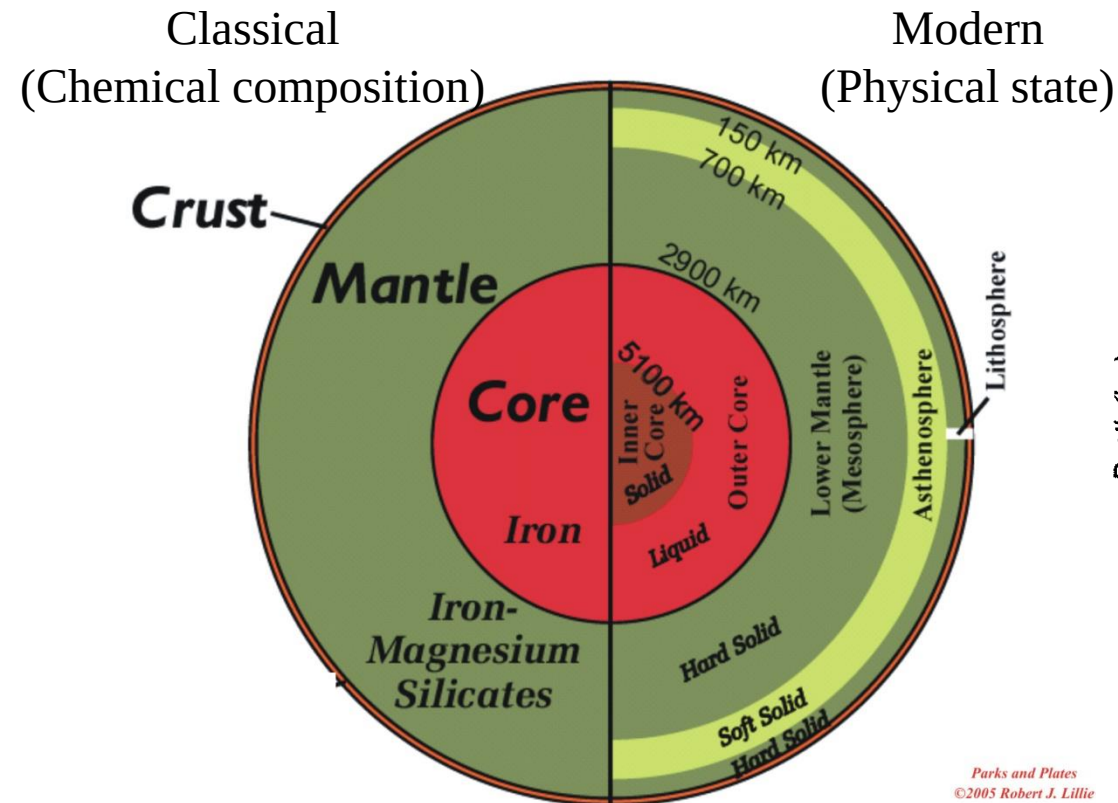
štúdium zemetrasení

(štúdium seizmických vln prechádzajúcich vnútrom Zeme)





MODEL OF EARTH



Earth's Surface

A thick purple diagonal line representing a fault line runs from the bottom left towards the top right. The word "Fault" is written in a large, bold, black font, rotated to follow the angle of the line. Below it, the Czech word "zlomová plocha" is written in a smaller, black font, also rotated to follow the line's angle. The background features faint, light green dotted lines forming a series of parallel, slightly curved paths.

Fault
zlomová plocha

Earth's Surface

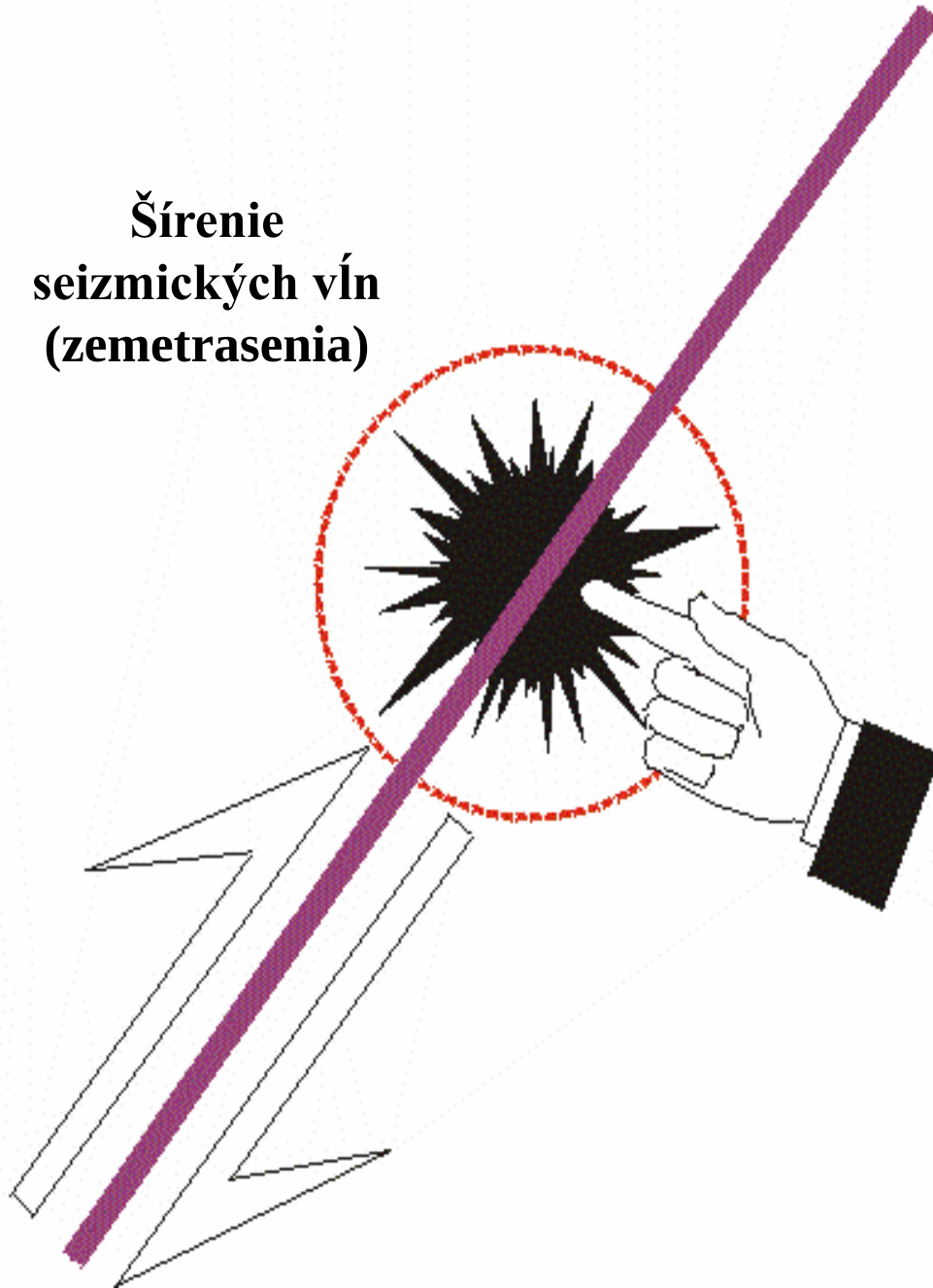
**Zemetrasenie je vibrácia v Zemi
spôsobená náhlym uvoľnením
elastických vln, ktoré vznikli
pretrhnutím a prudkým pohybom
hornín**



**Ohnisko
Focus**

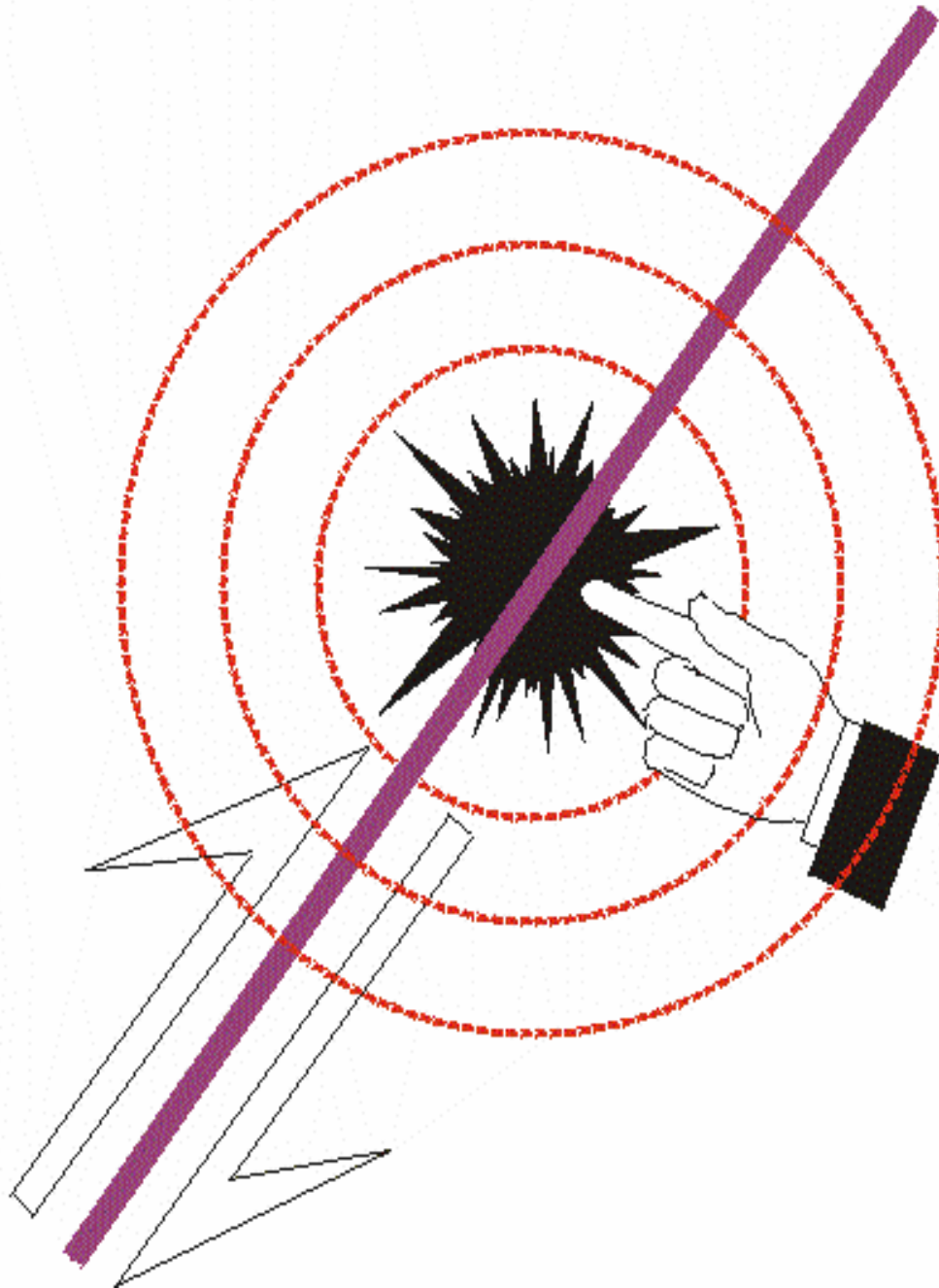
Earth's Surface

Šírenie
seizmických vln
(zemetrasenia)



Ohnisko
Focus

Earth's Surface



Ohnisko Focus

Epicentrum

Epicenter

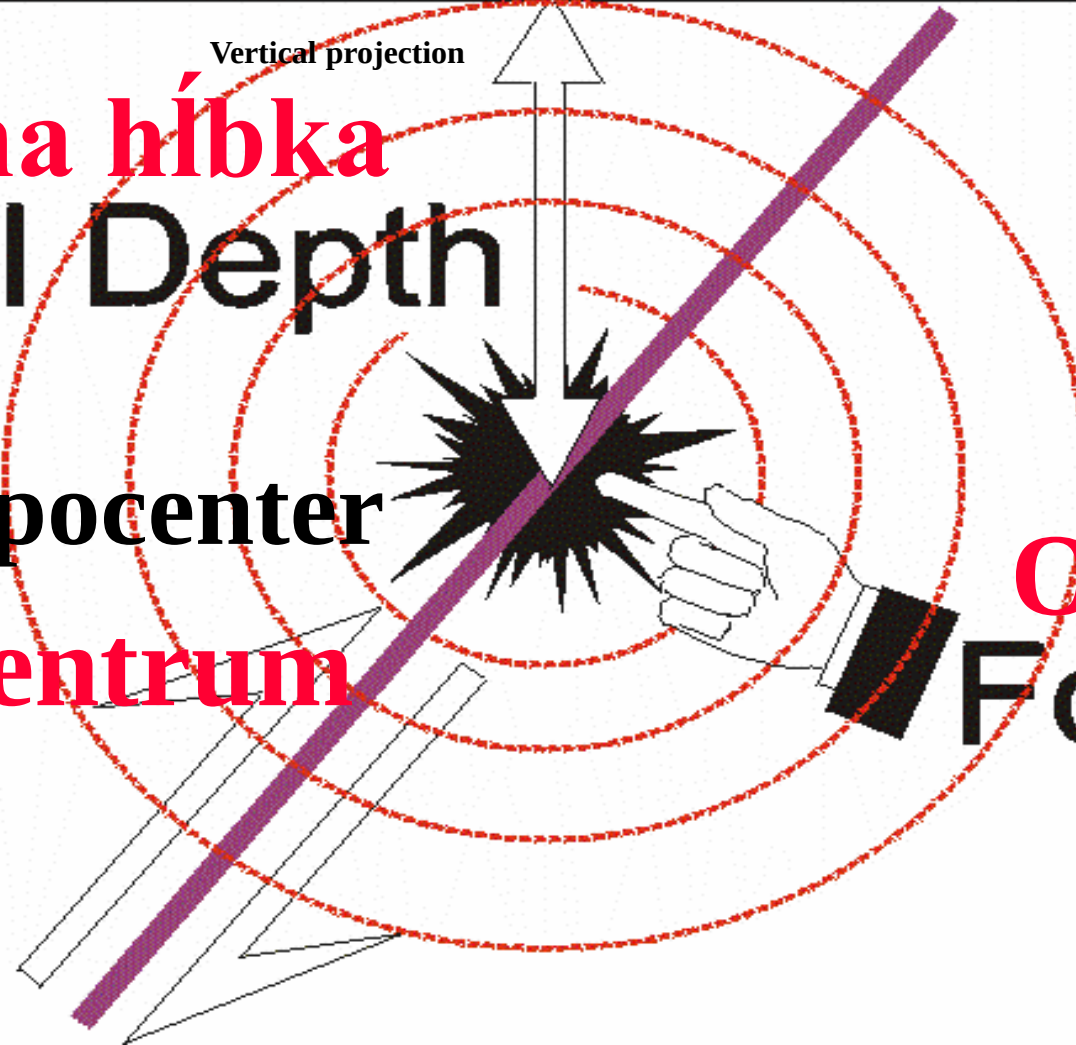
**Earth's
Surface**

**Fokálna hĺbka
Focal Depth**

Hypocenter

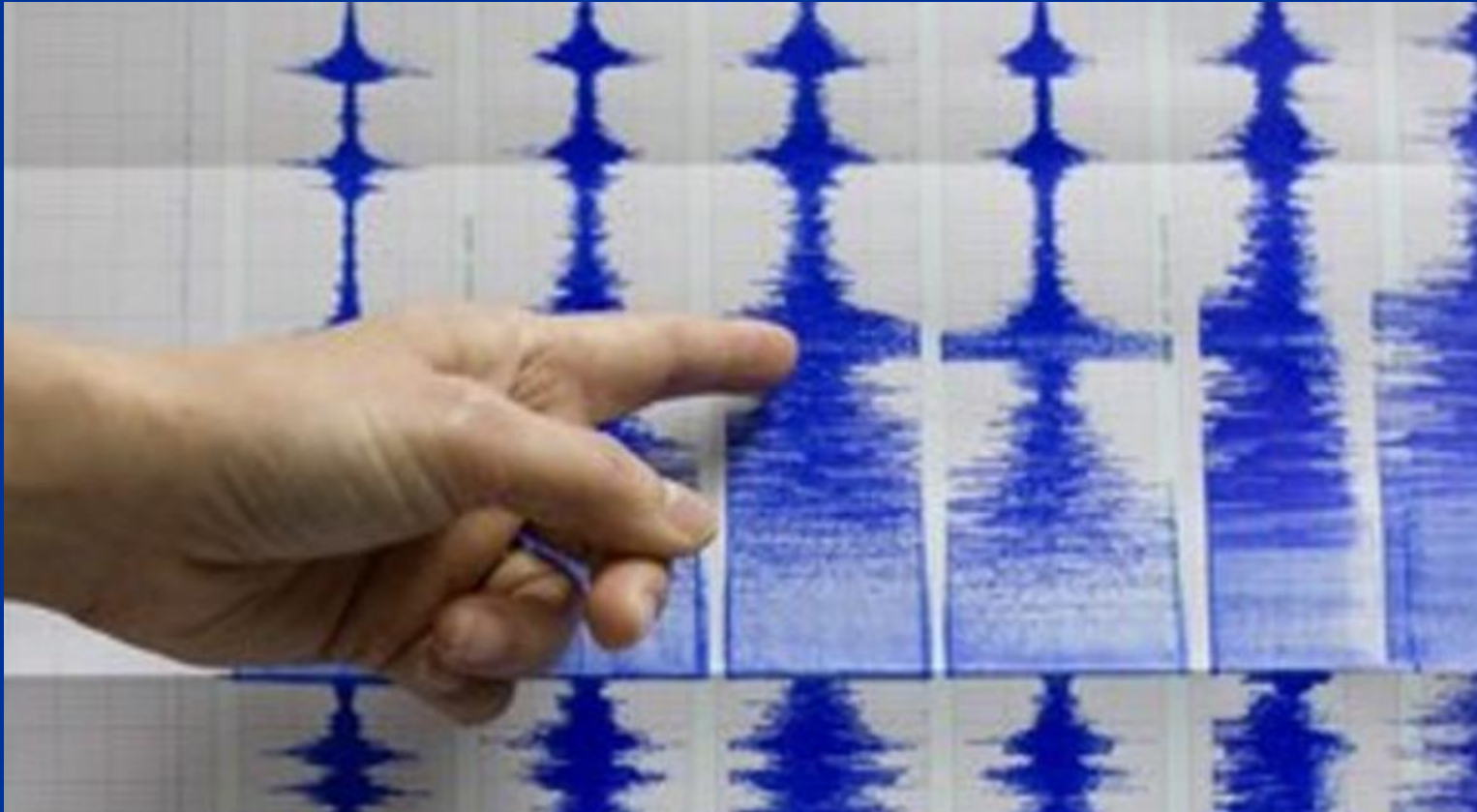
Hypocentrum

**Ohnisko
Focus**

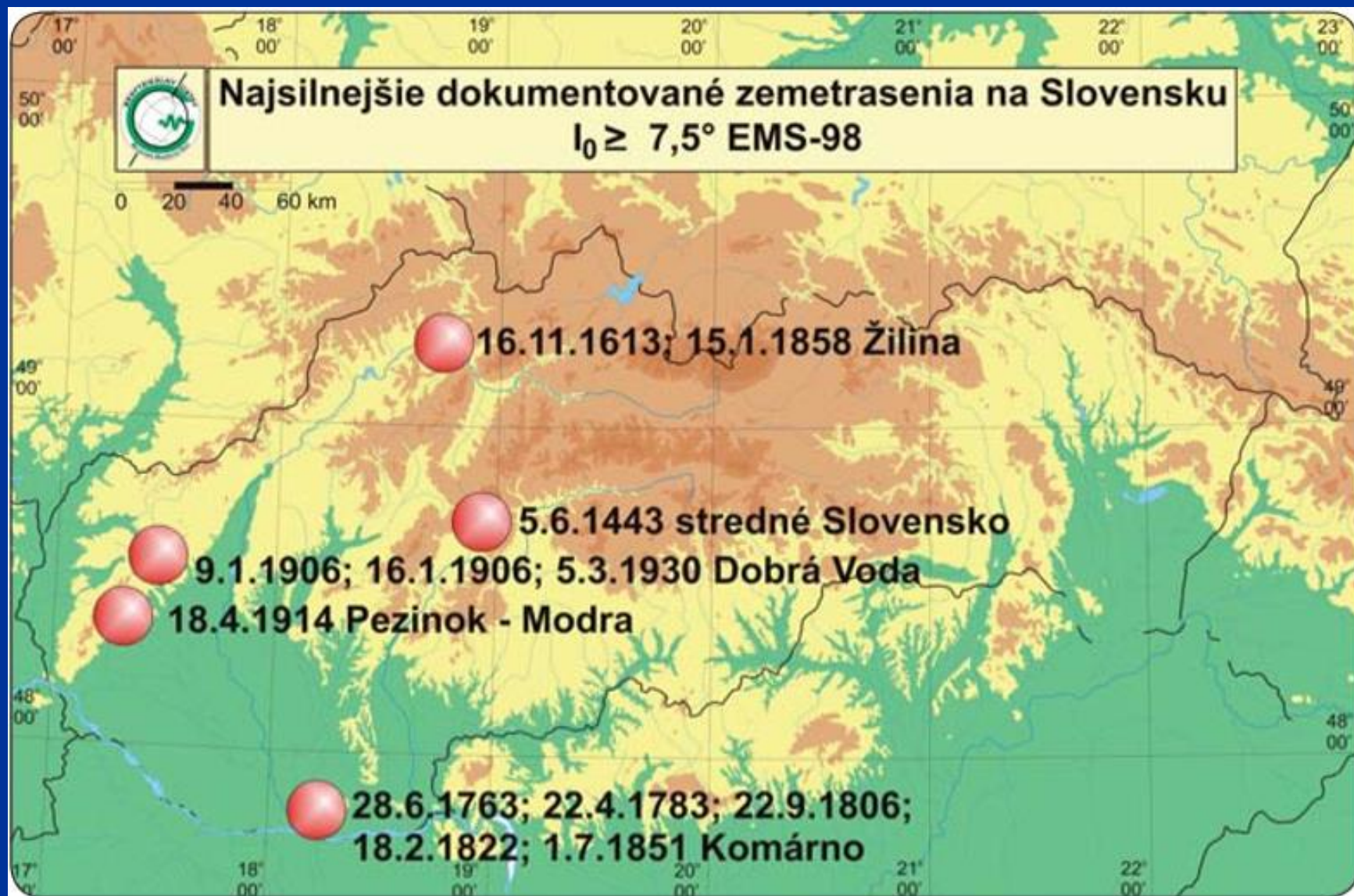


Určovanie “sily” zemetrasení:

- 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

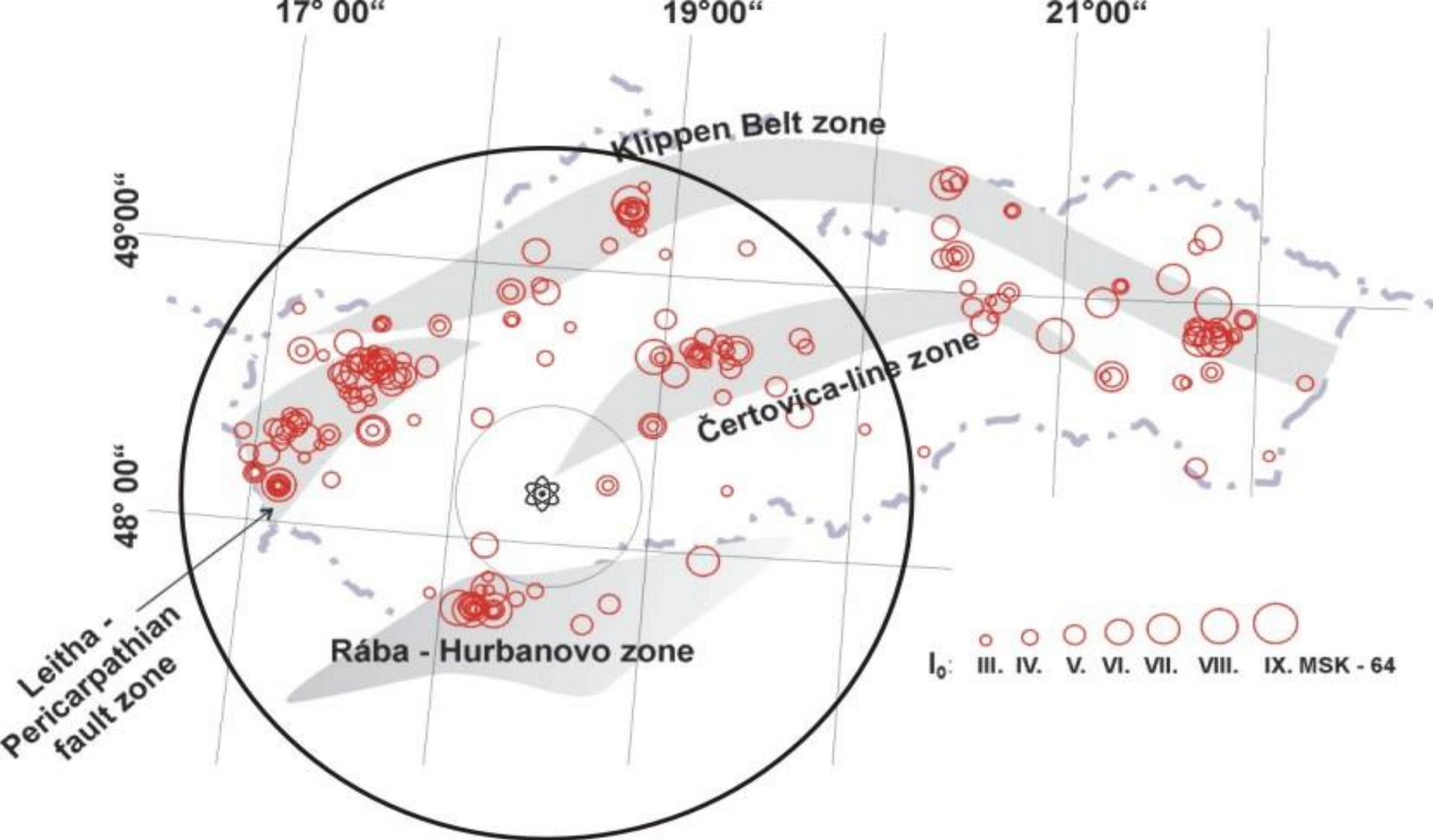
20. 05. 2003 okolie Jasenova (Vihorlat), lokálne magnitúdo 3,7

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



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

príklad zlyhania interpretácie seizmických meraní

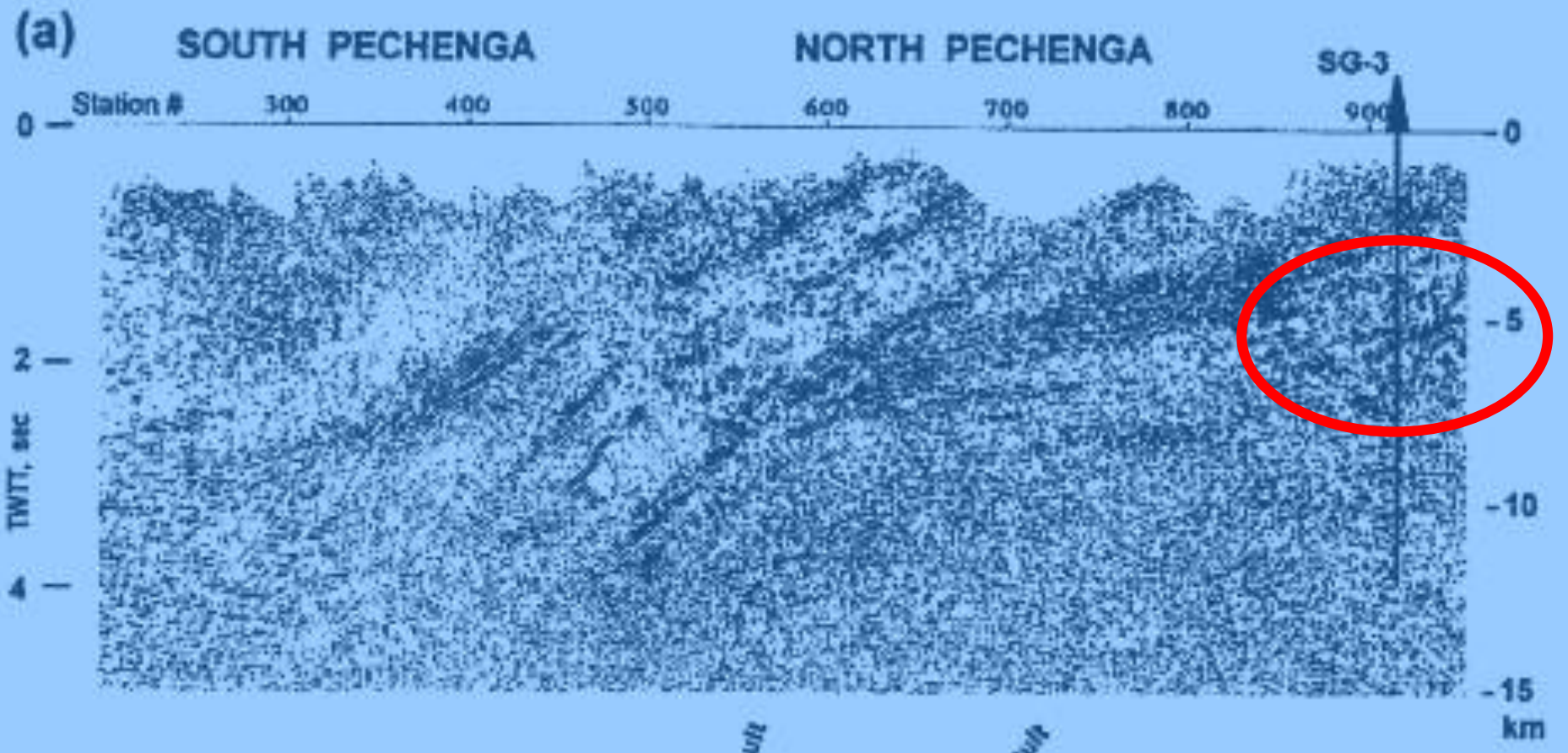


The 64-metre drill-rig enclosure over the 12-km-deep Kola borehole

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

- podľa seizmických 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 seizmických 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

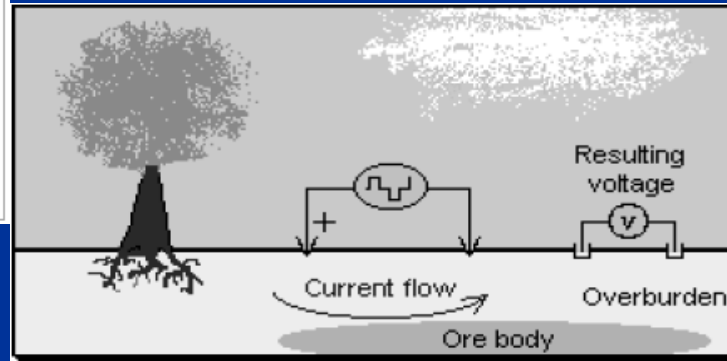
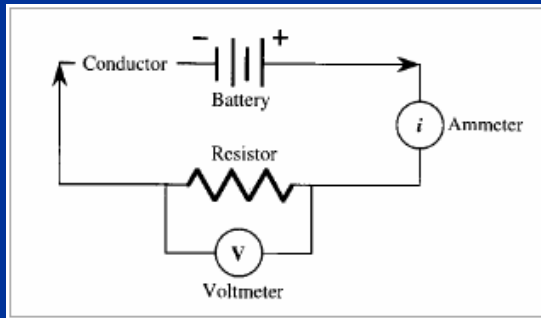
&

ELEKTROMAGNETIKA

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

geoelektrika

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

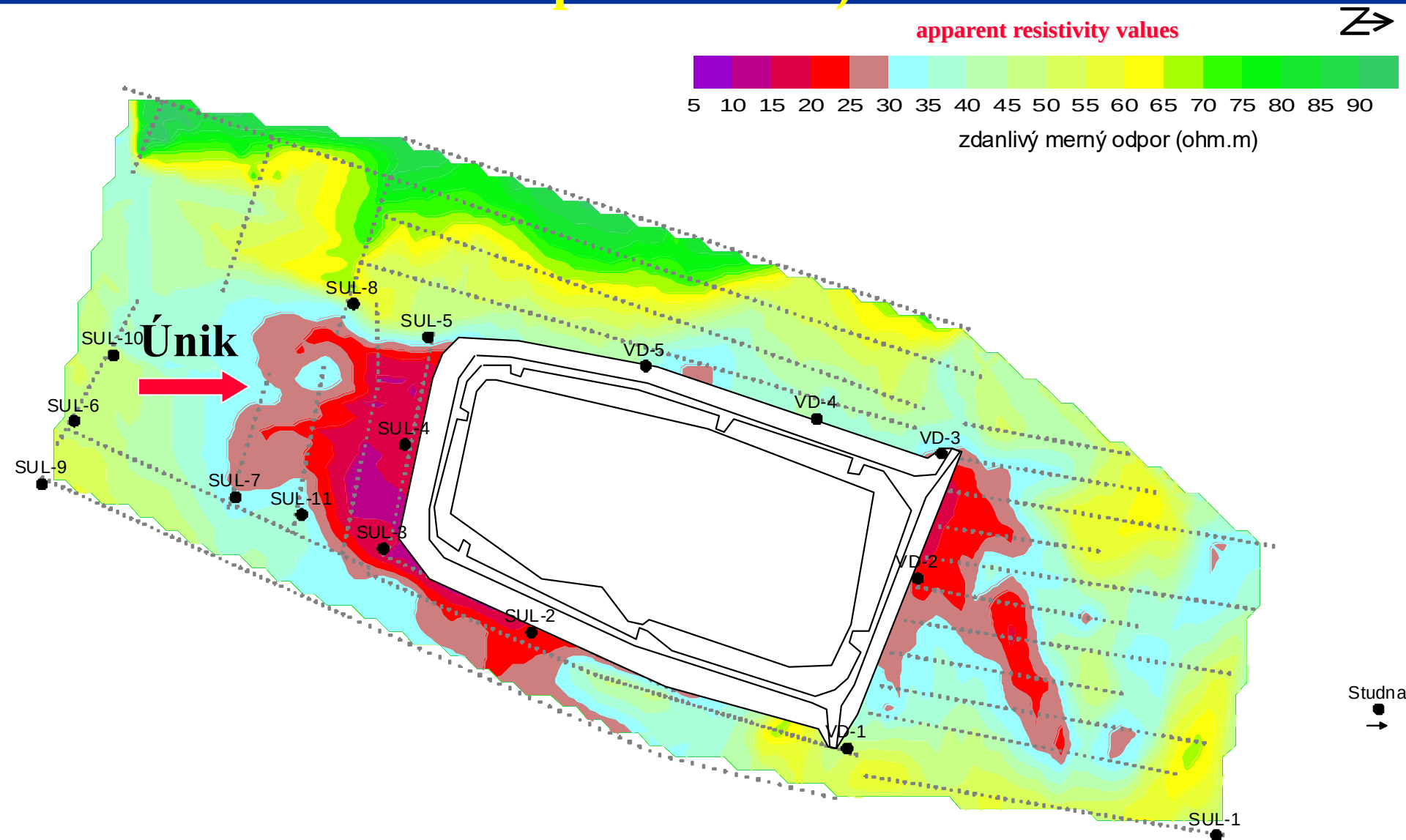


- hodnoty sú prepočítané na tzv. zdanlivý merný elektrický odpor (jednotka: $\Omega \cdot m$)
- anomálie sú detekované nad objektami s rôznou elektrickou vodivosťou/odporom

Geoelektrické merania počas výstavby kanalizácie



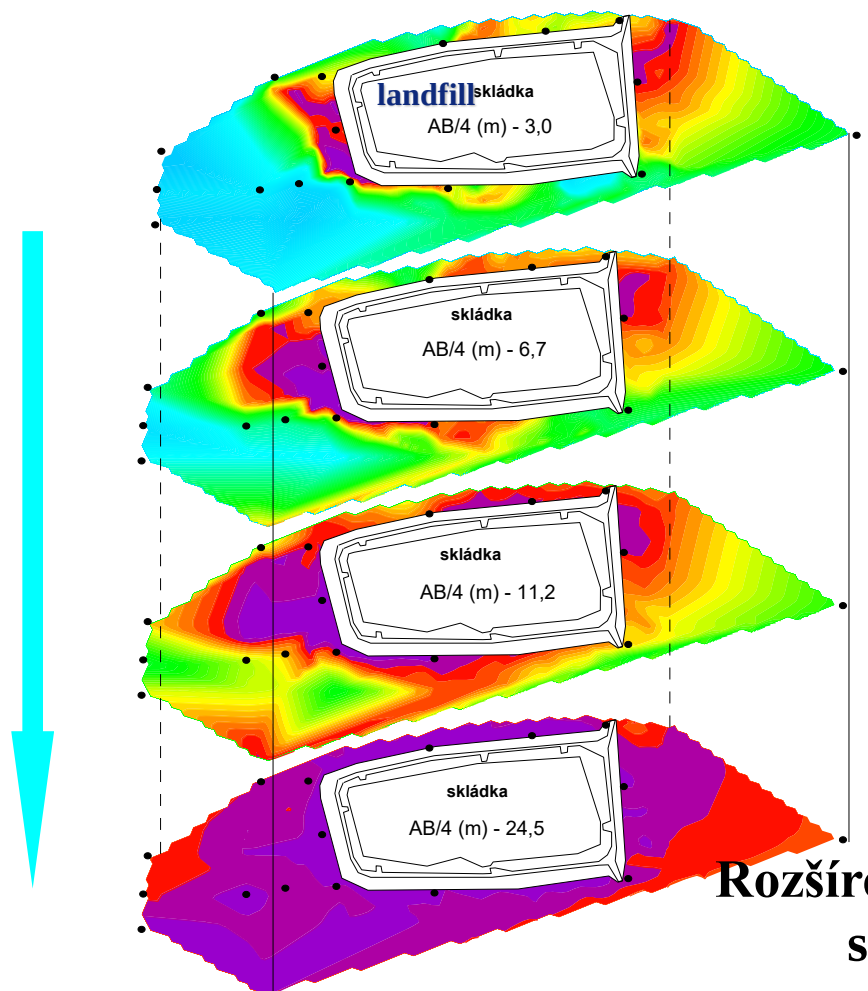
Mapovanie úniku znečistenia cez technickú skládku odpadov – Odporová mapa (Dipólové elektromagnetické profilovanie)



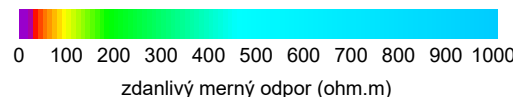
Metóda VES – Mapa izolínií zdanlivého odporu (ohm·m) nad skládkou odpadu

Z→

Veľkosť
znečistenia



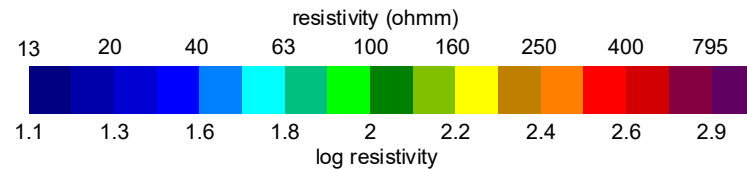
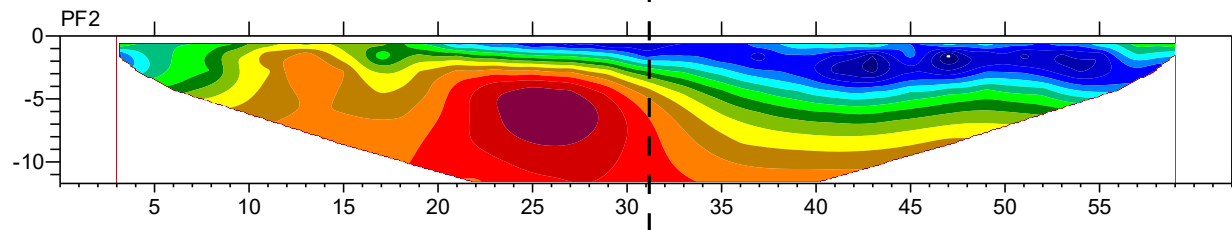
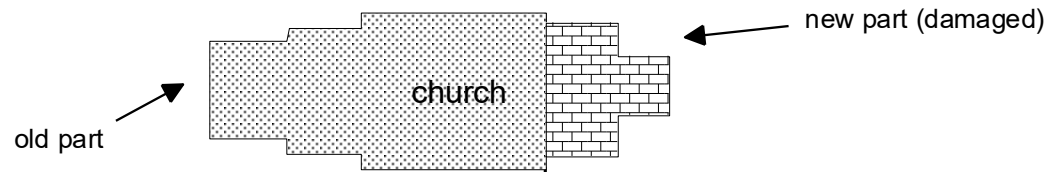
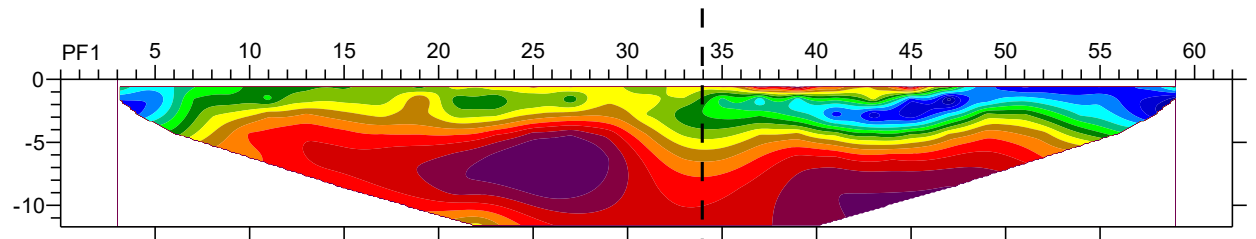
Rozšírenie znečistenia v
smere nadol



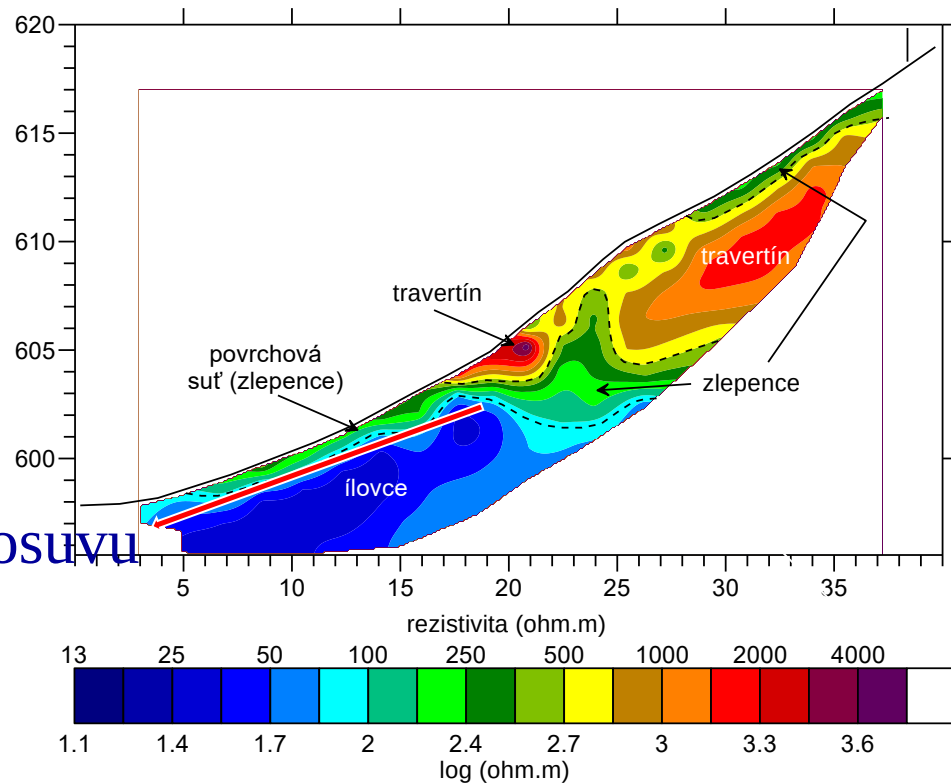
Meranie porušenia statiky budov



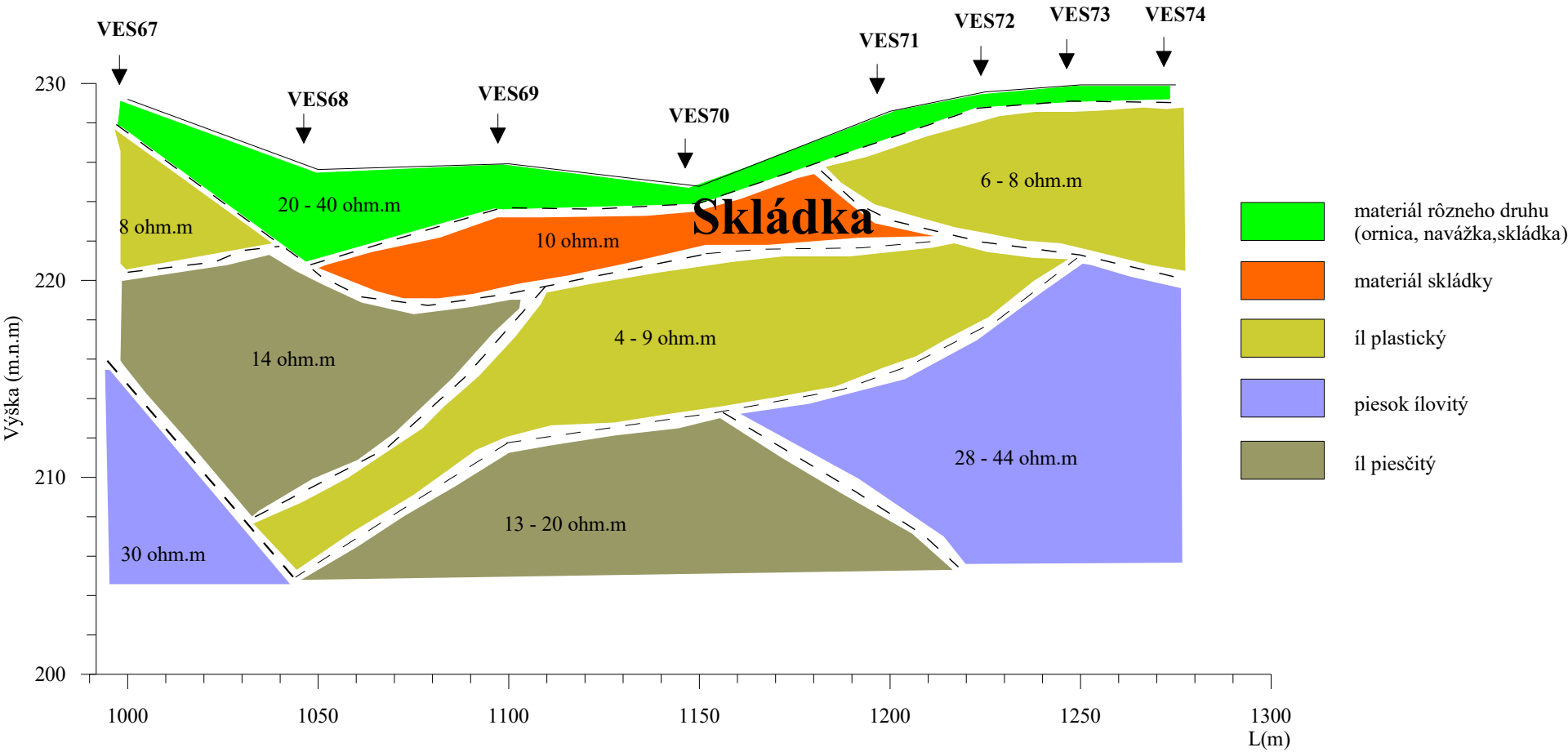
Kostolany pod Tribečom - true resistivity structure near church



Riešenie problému zosuvu pôdy pre záchranu kultúrnych pamiatok

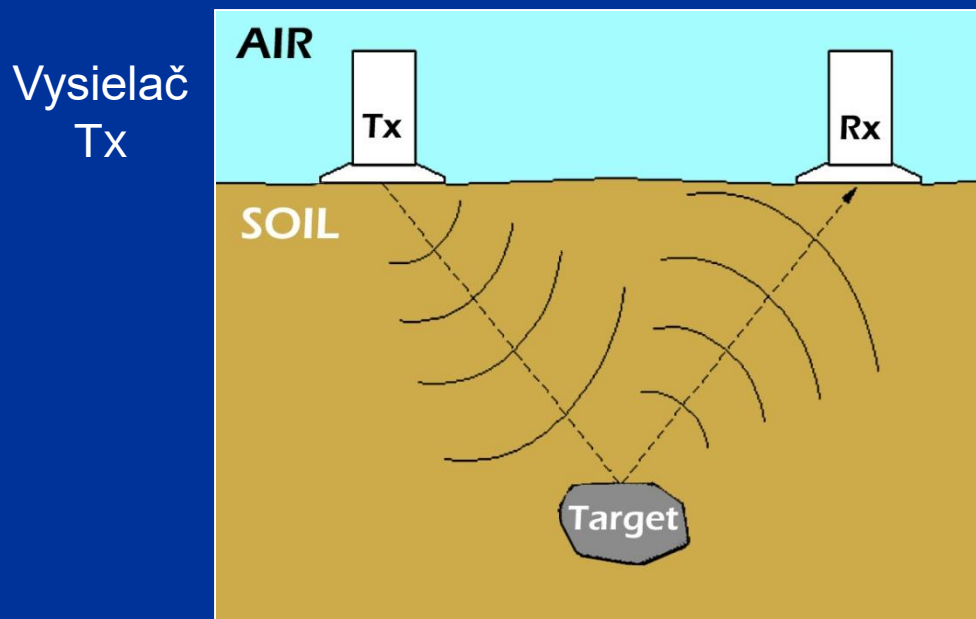


Vymapovanie skládky odpadov pomocou odporového rezu metódou VES

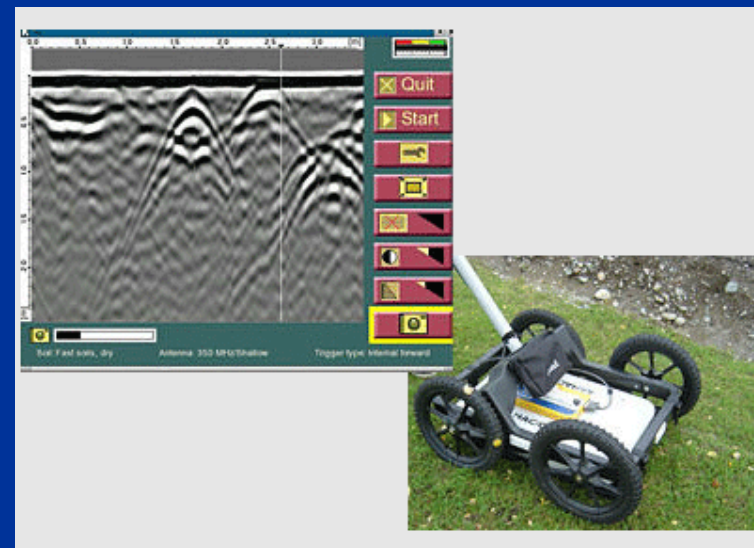


georadar (GPR)

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



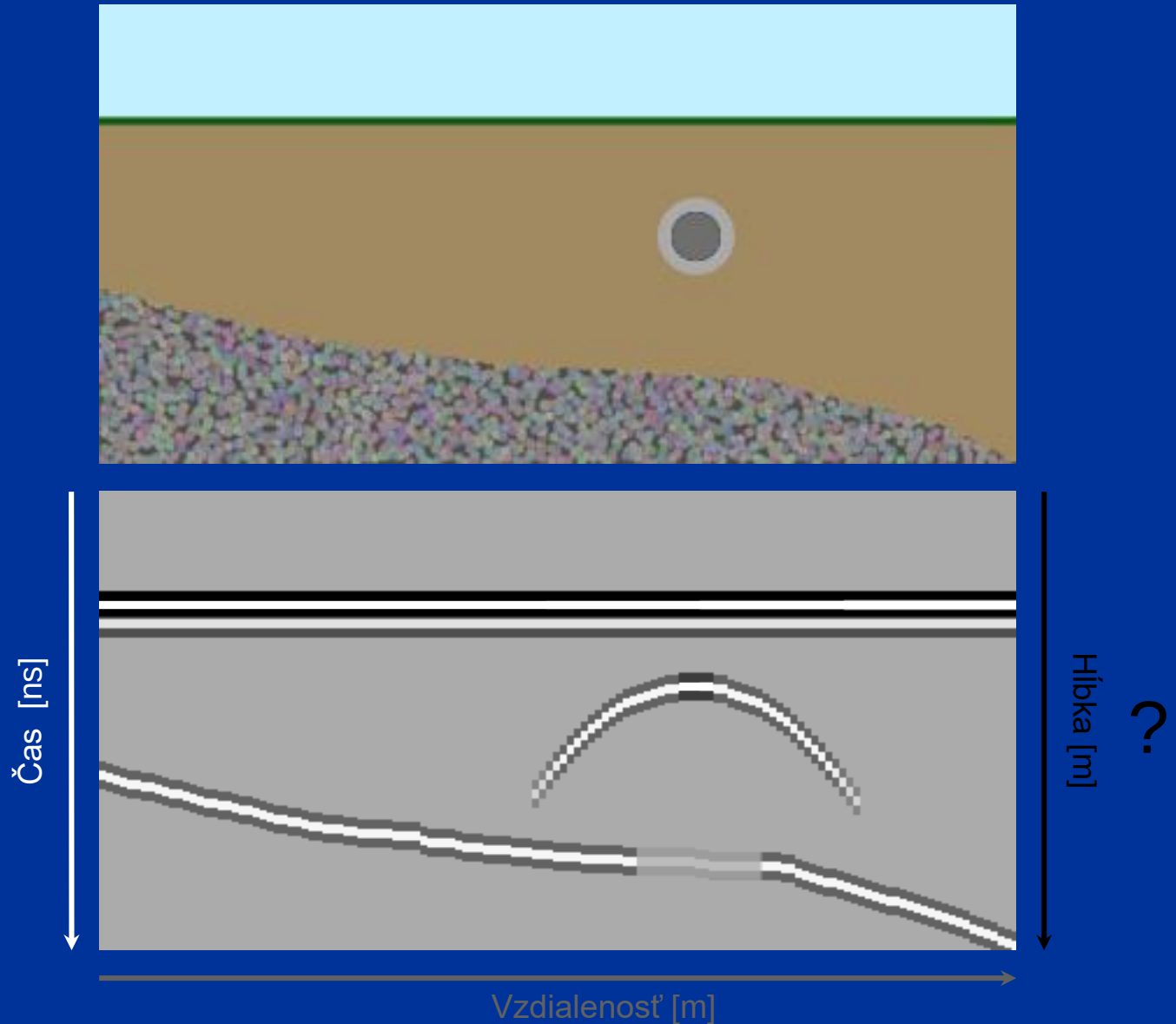
Prijímač
Rx



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

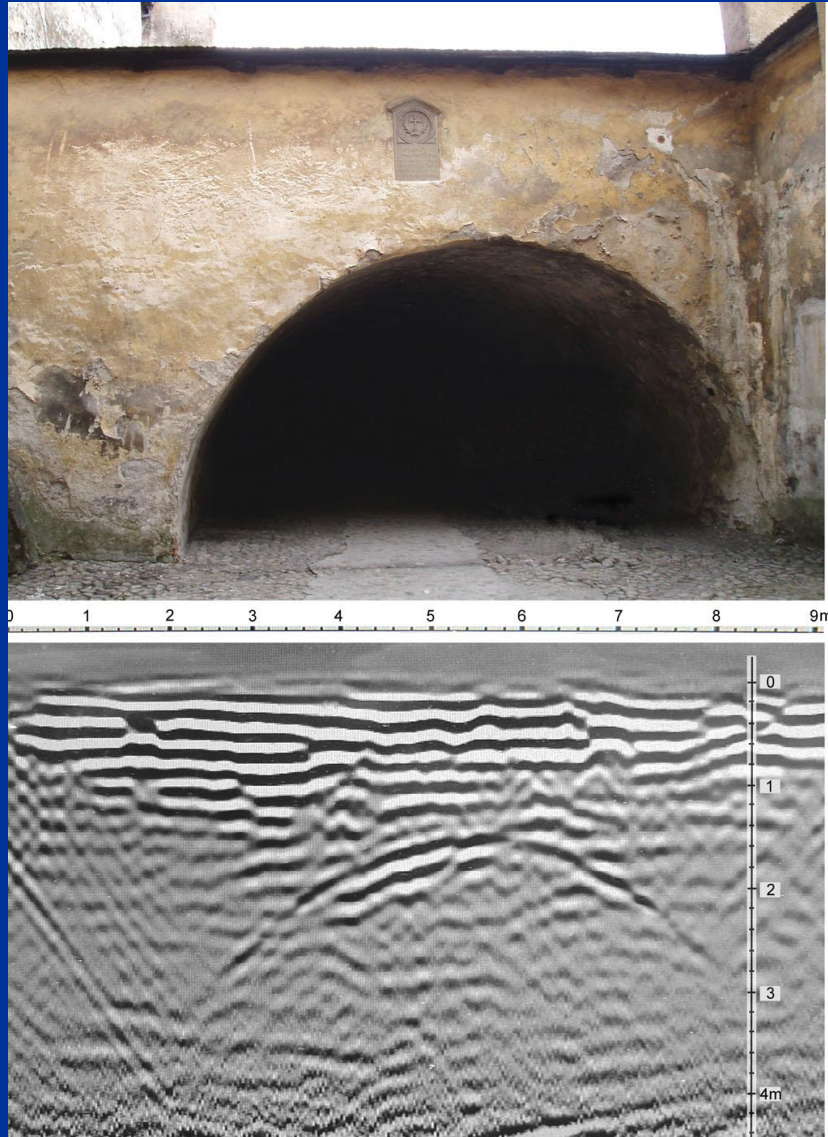
georadar (GPR)

Vytváranie
radargramu



GPR = Ground Penetrating Radar

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



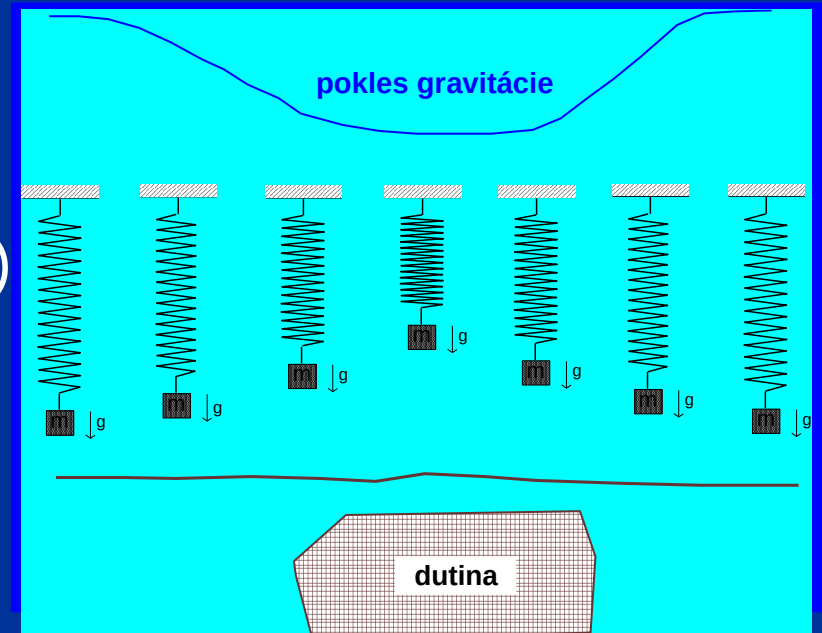
**prejav tunelu
na Oravskom
hrade v
zázname
georadaru
(radargrame)**

GRAVIMETRIA

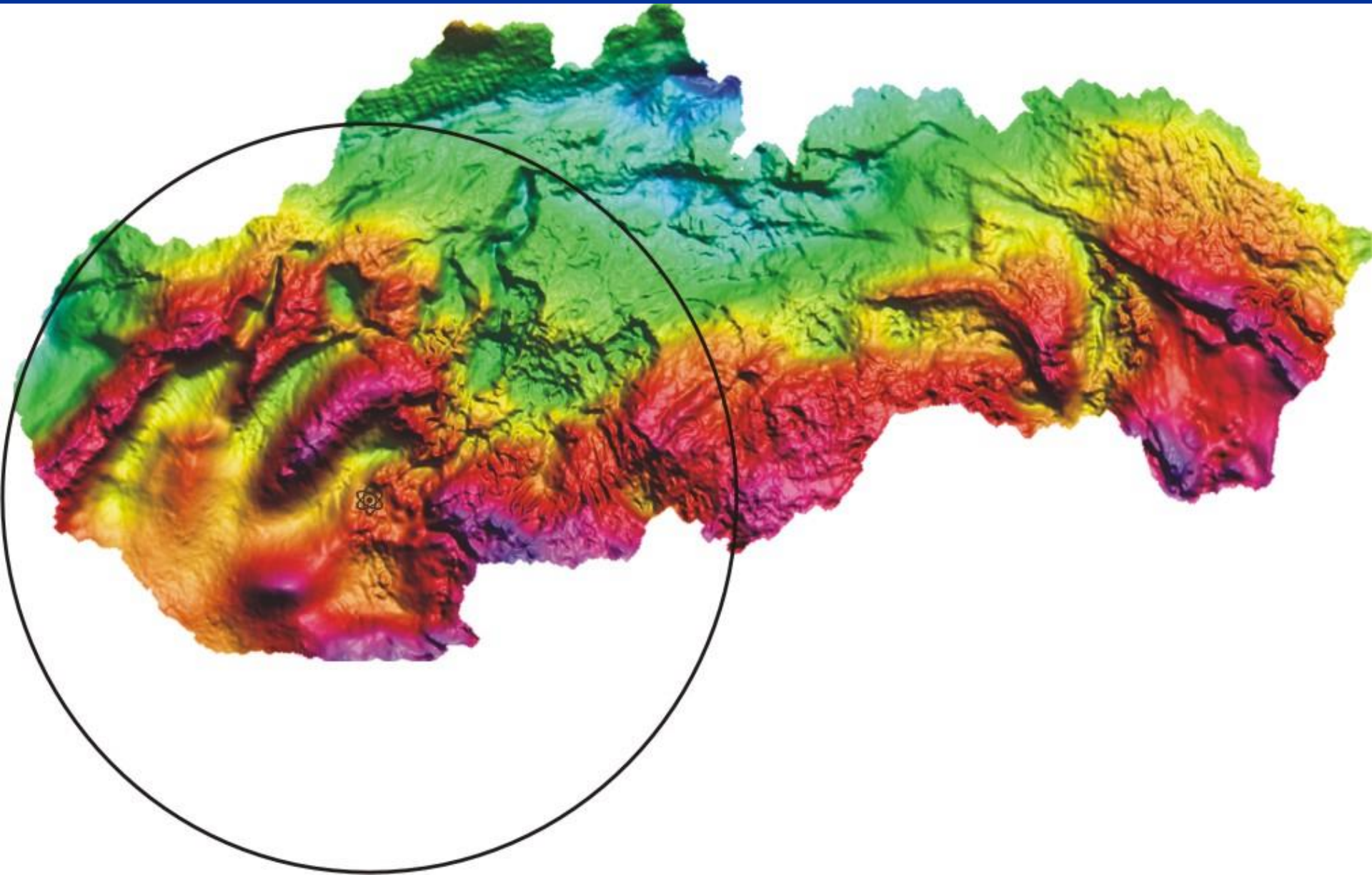
štúdium tiažového poľa Zeme

gravimetria

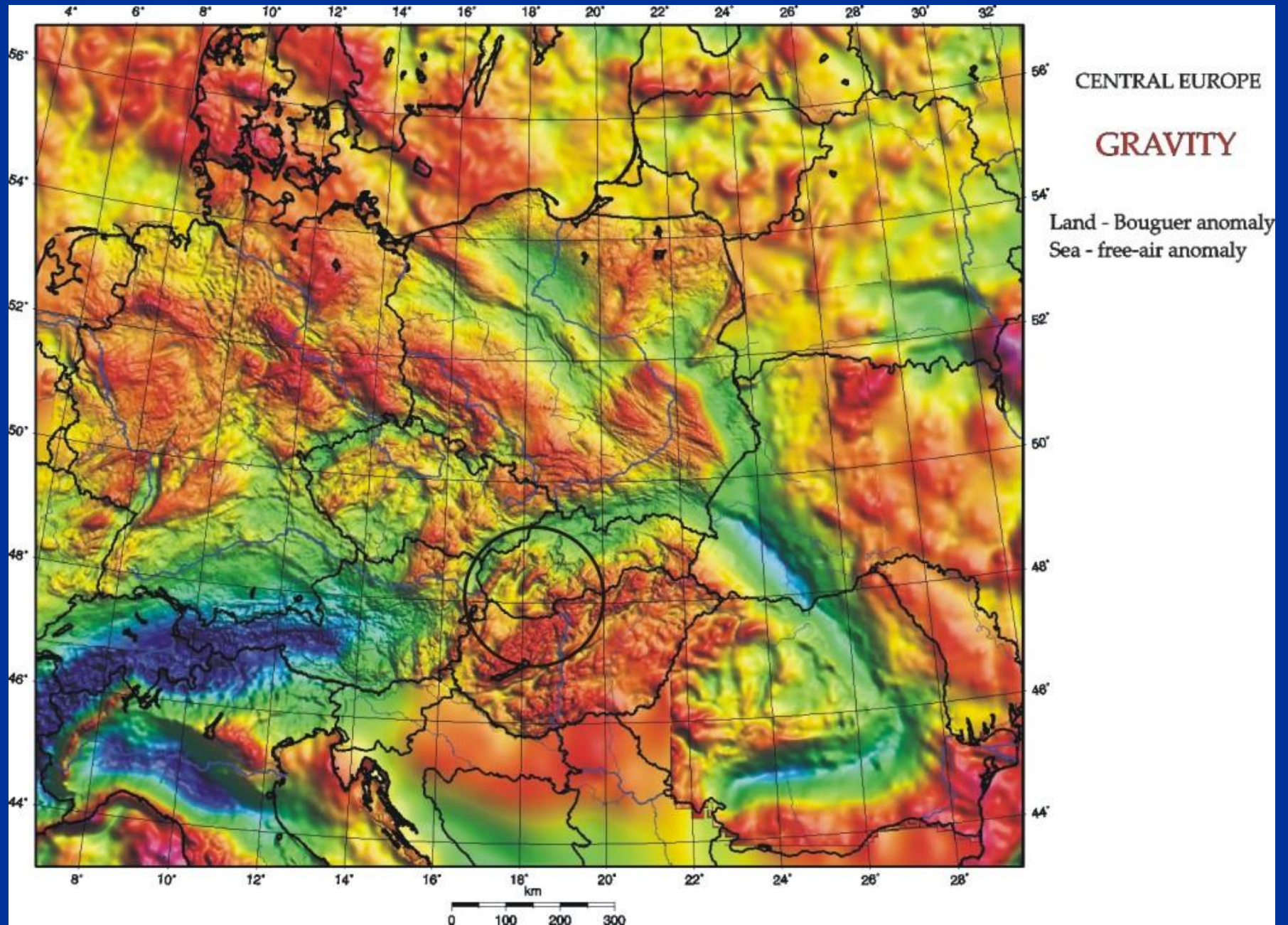
- založená na presnom meraní tiažového zrýchlenia Zeme
- prístroje (gravimetre) sú založené na princípe veľmi presných váh
(kremenná pružinka sa natiahne úmerne tiaž. zrýchleniu)
- nad hustotne deficitnými objektami (napr. dutinami) je registrované nižšie tiažové zrýchlenie
(spôsobené úbytkom hmoty)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



tiažová mapa Slovenska – tzv. mapa úplných Bouguerových anomálií

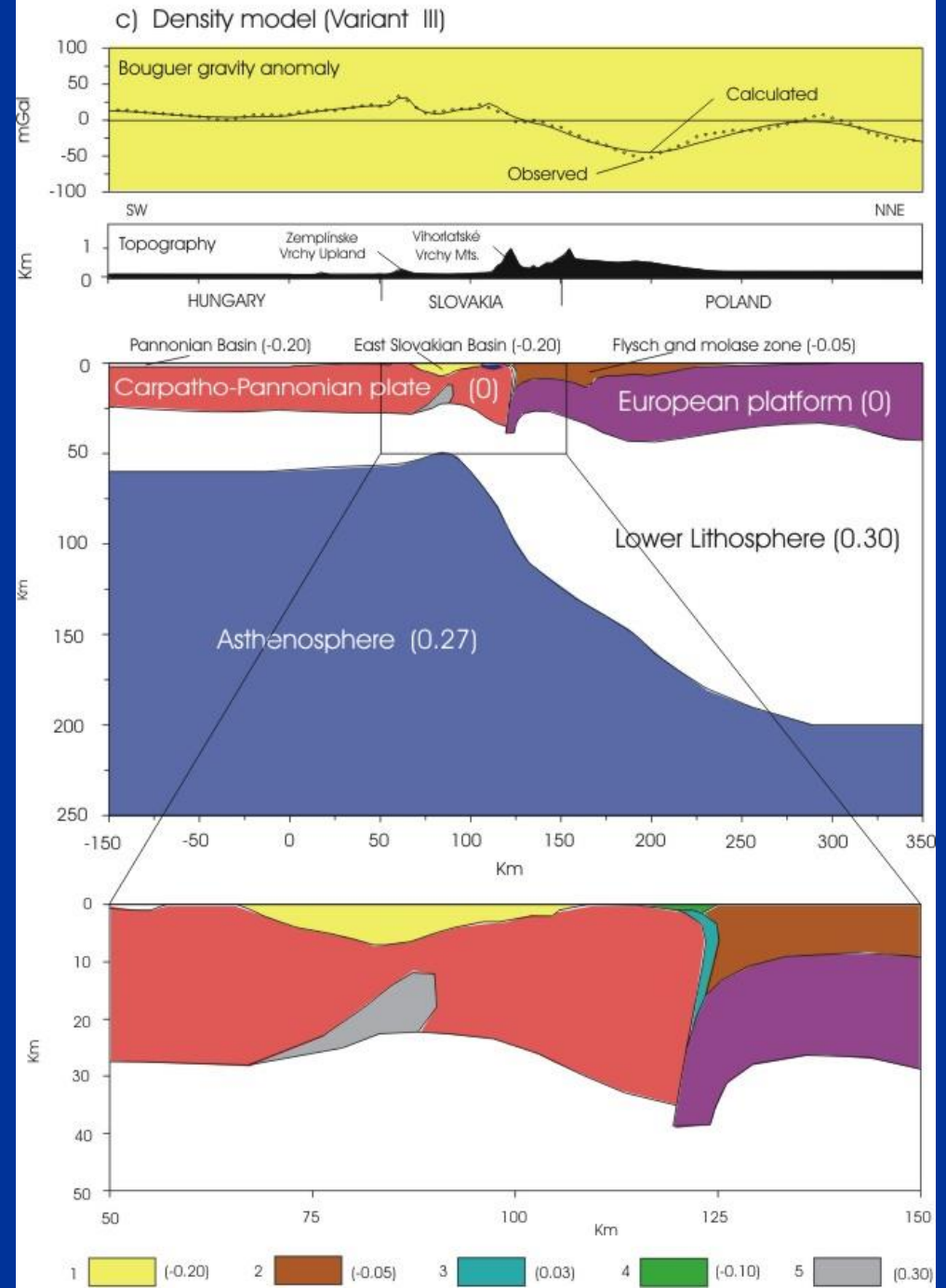


ťažové pole Strednej Európy



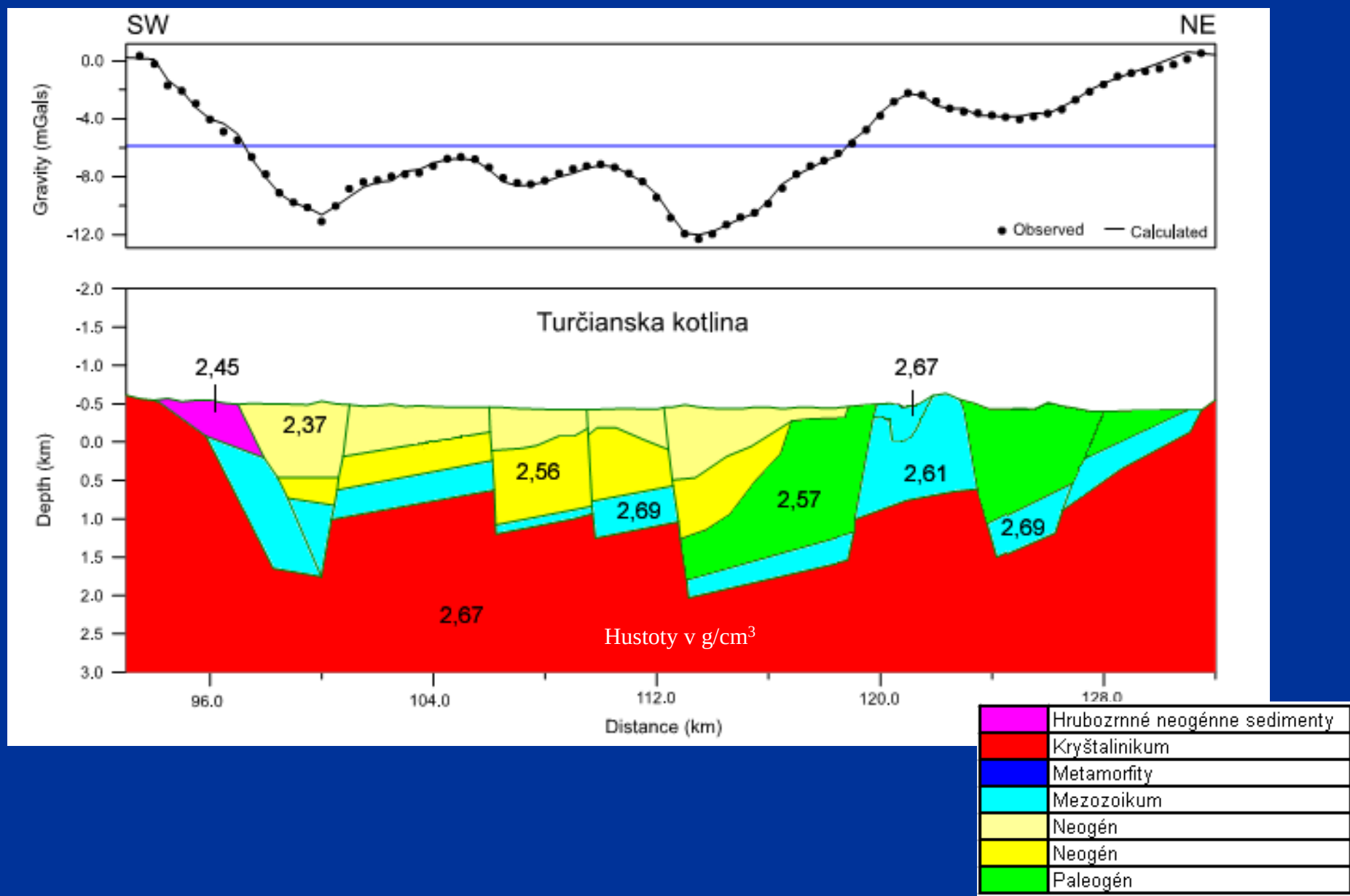
Hustotný model

PROFILE KP - X

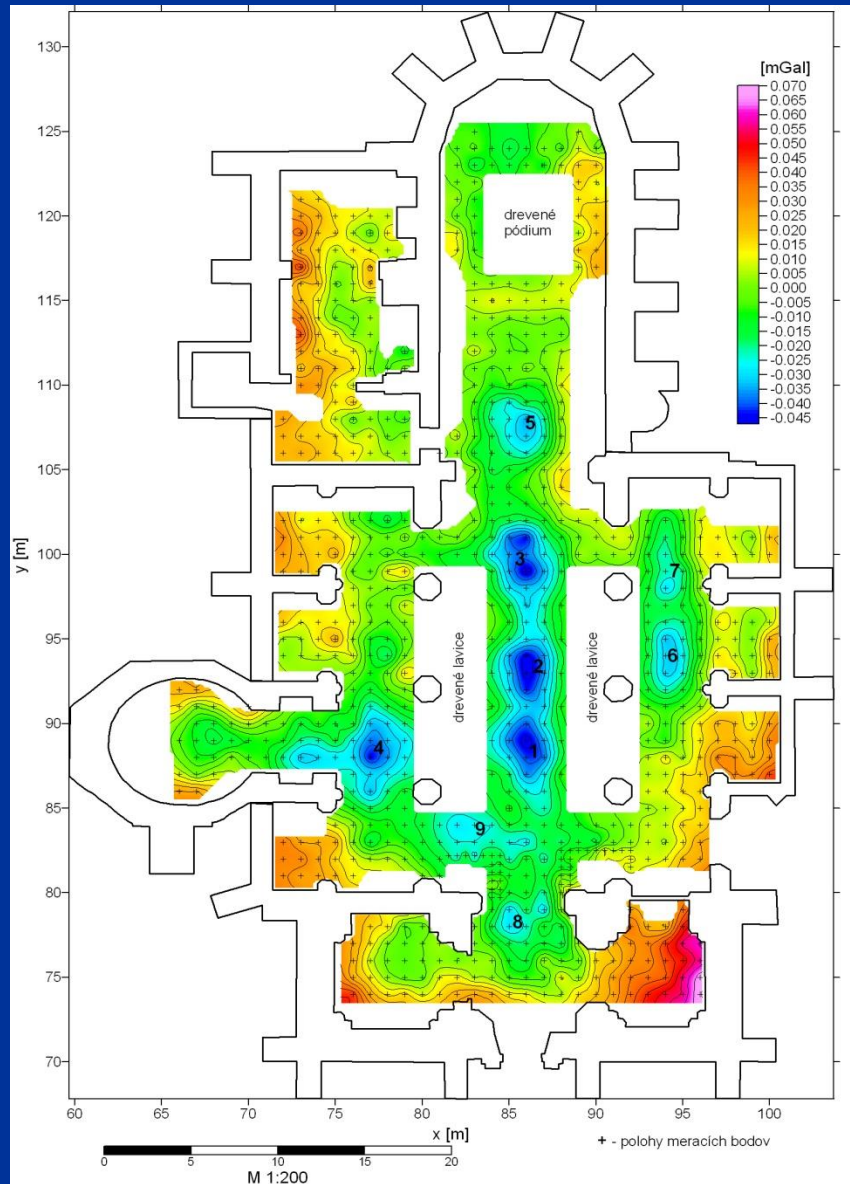


Hustotný model TURČIANSKEJ KOTLINY

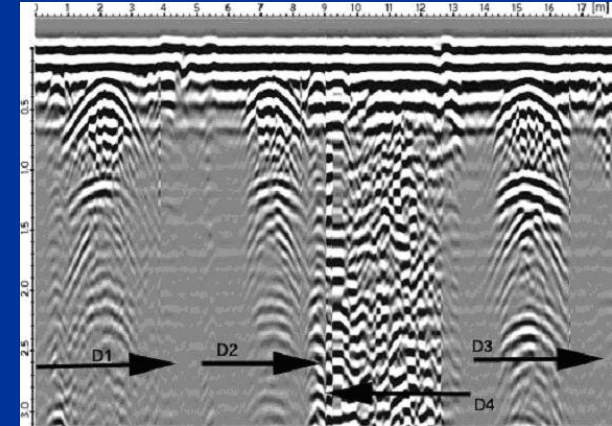
Profil TK-AS3



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 múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



Mikrogravimetria a radar objavili
7 doteraz neznámych
stredovekých krýpt



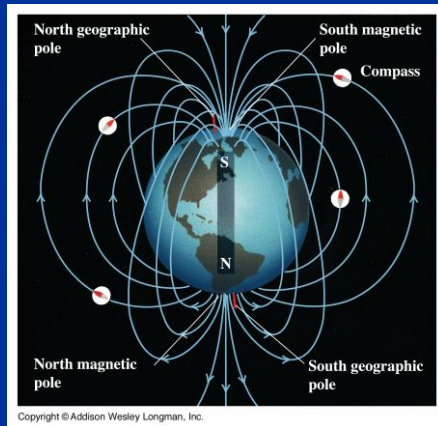
spojenie výsledkov mikrogravimetrie a metódy GPR

MAGNETOMETRIA

zaoberá sa magnetickým poľom Zeme

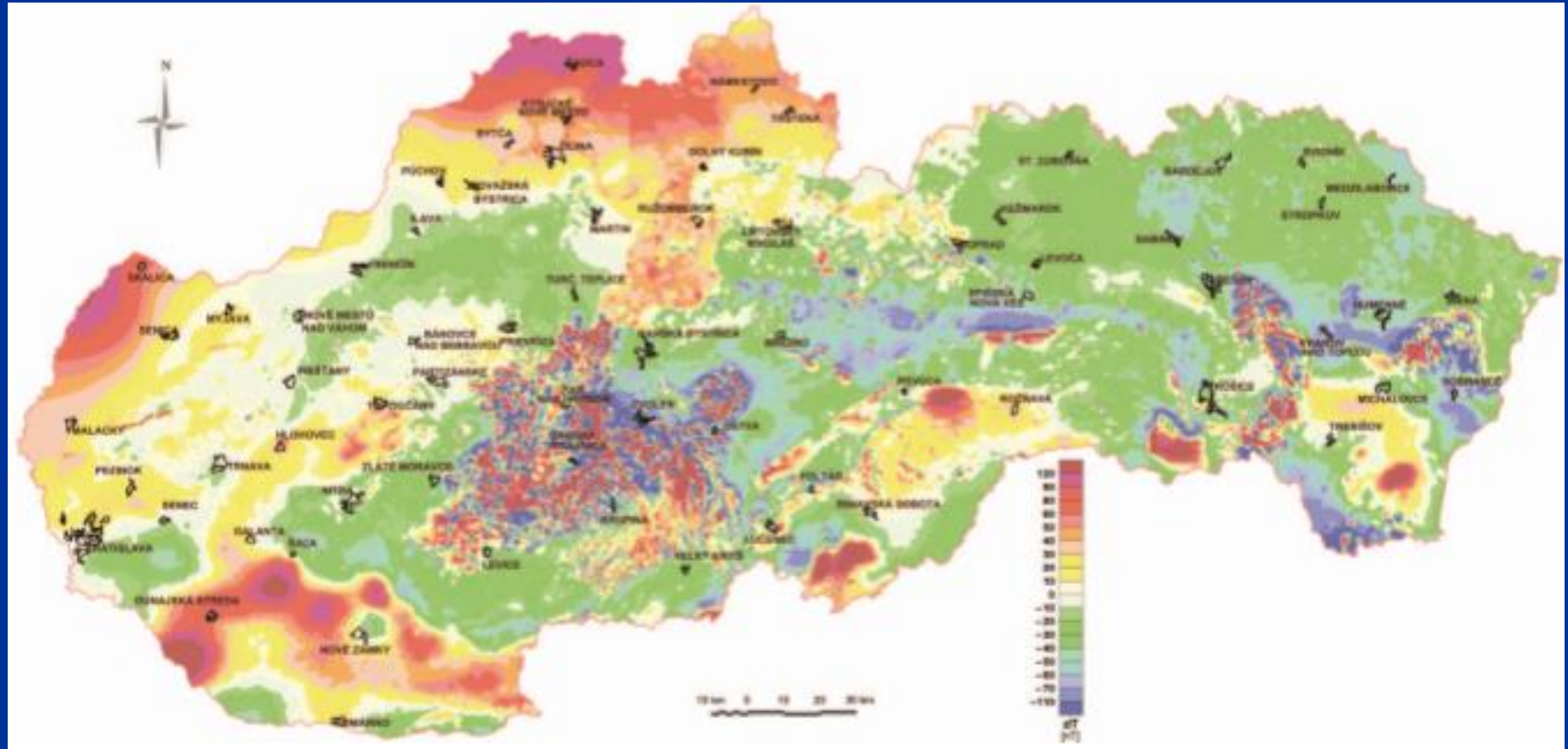
magnetometria

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

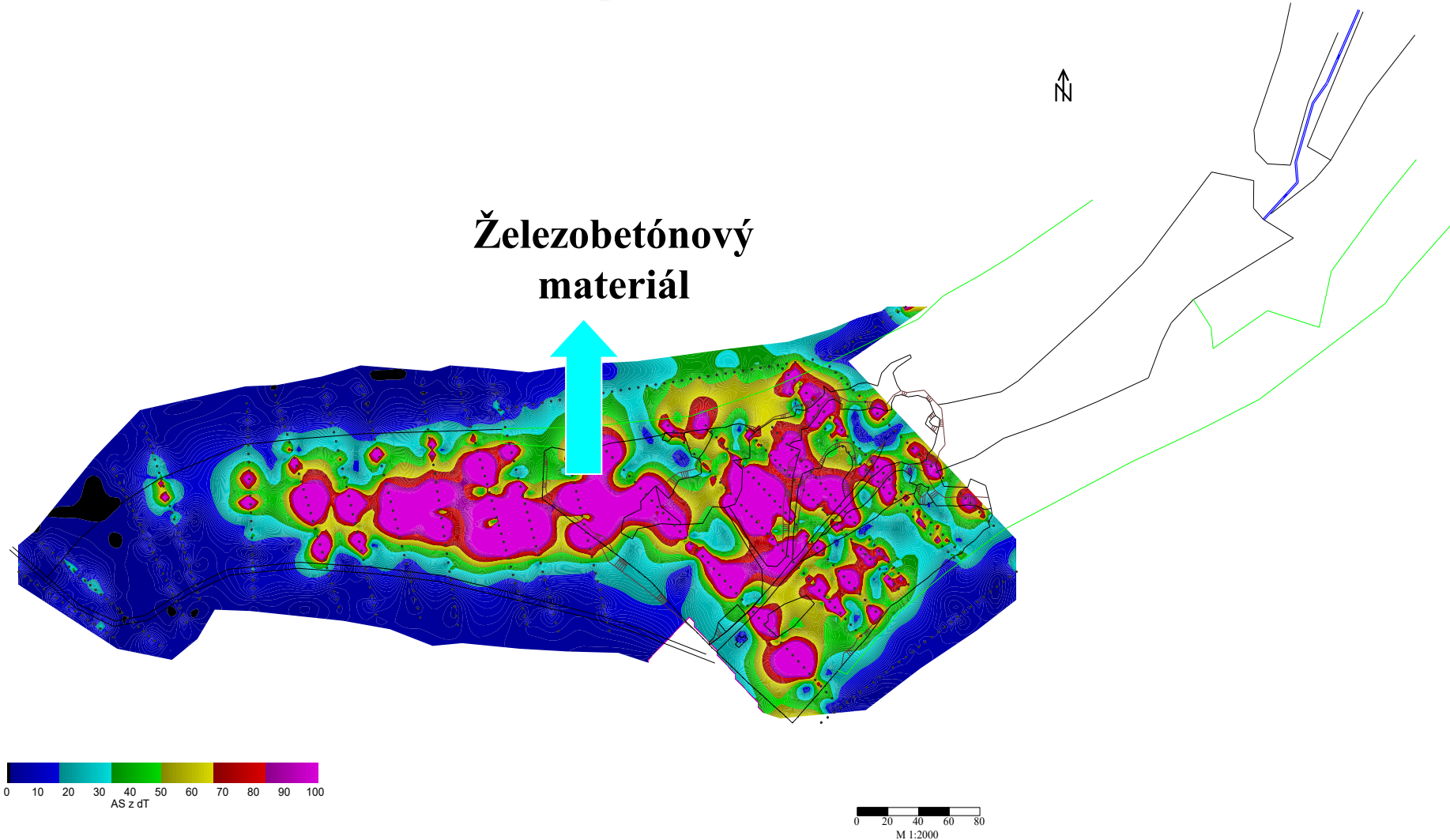


- meraná veličina:
 - magn. indukcia (jednotka: Tesla, resp. nT) alebo jej vertik. gradient (jednotka: Tesla/m resp. nT/m)
- anomálie sú detekované nad objektami s vyššou magnetizáciou (susceptibilitou) a majú dipólový char.

MAPA TOTÁLNEHO MAGNETICKÉHO POĽA SLOVENSKA

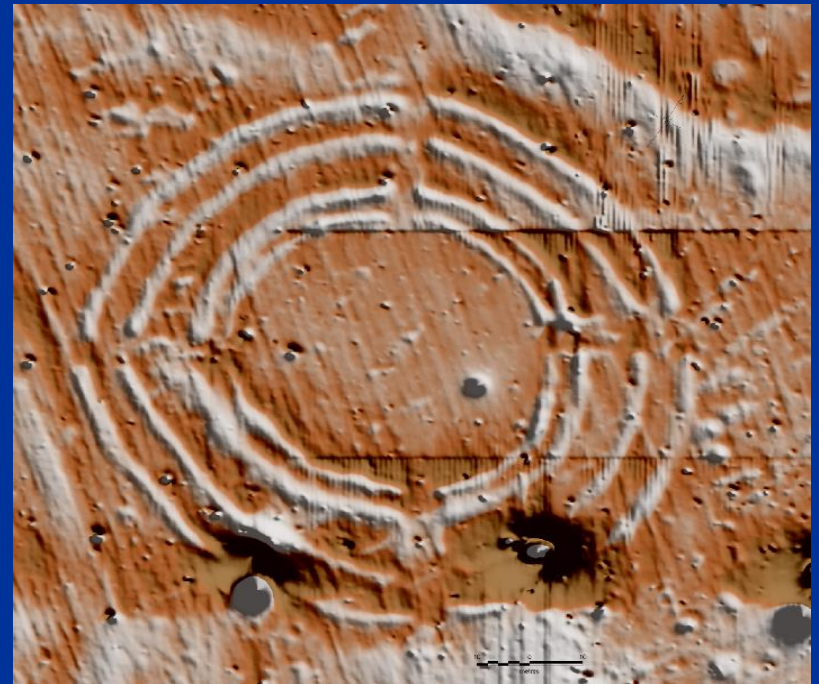
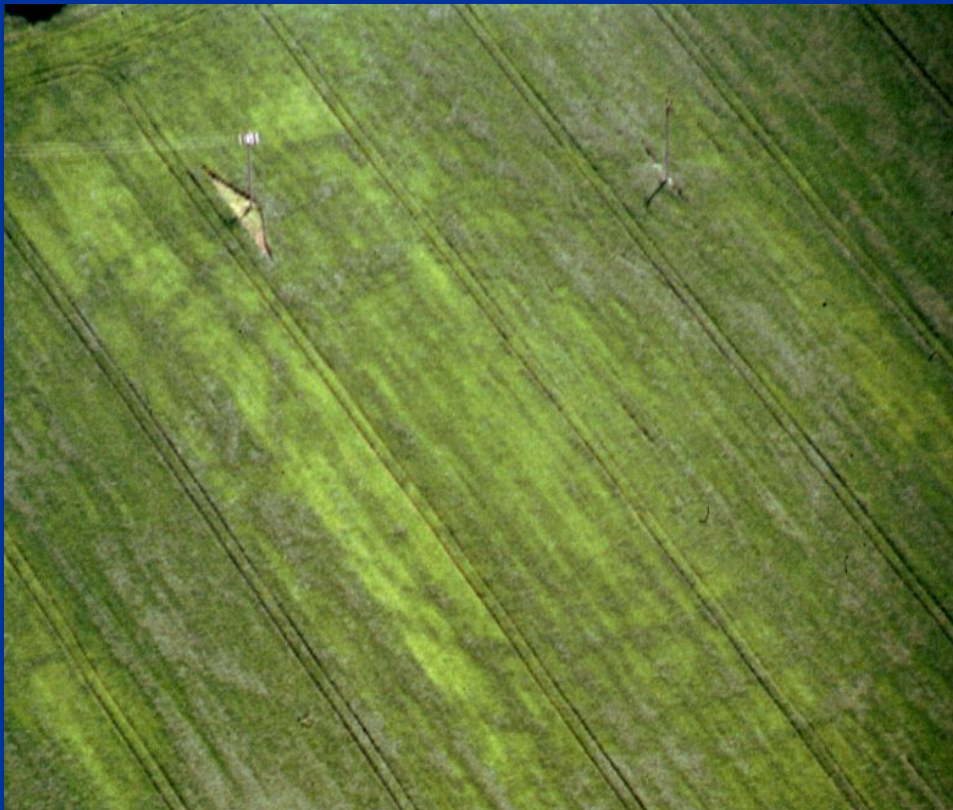


Mapovanie skládky odpadov anorganického pôvodu



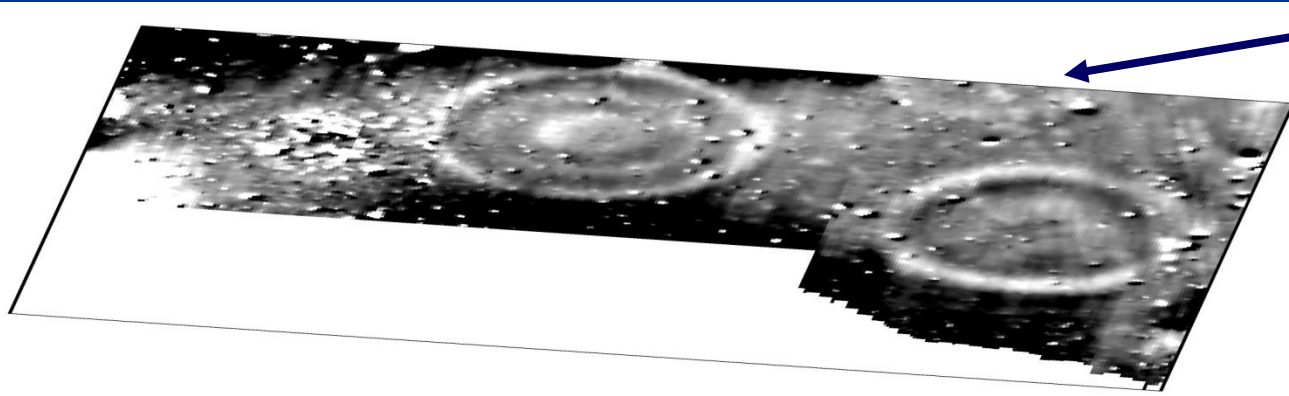
Archeológia

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



použitie metód aplikovanej geofyziky v archeologickom prieskume

využitie magnetometrie



**zmerané anomálne
magnetické pole**



**letecká
fotografia**

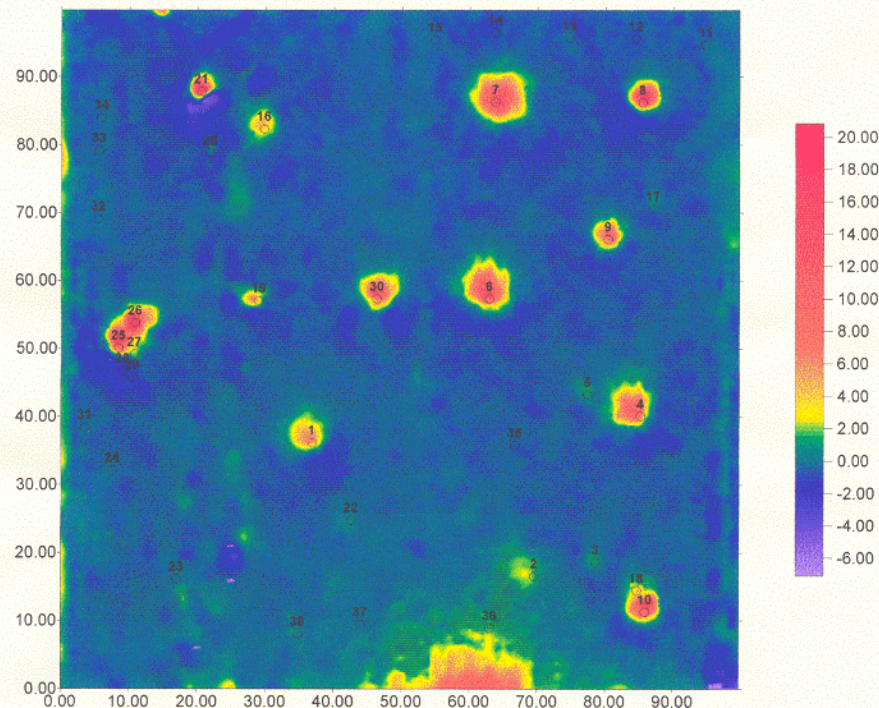
lokalita: Biely Kostol (pri Trnave), halštatské mohyly

vyhl'adavanie 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 91/09210

Geophysical Technology Limited
Servicing the EOD Industry

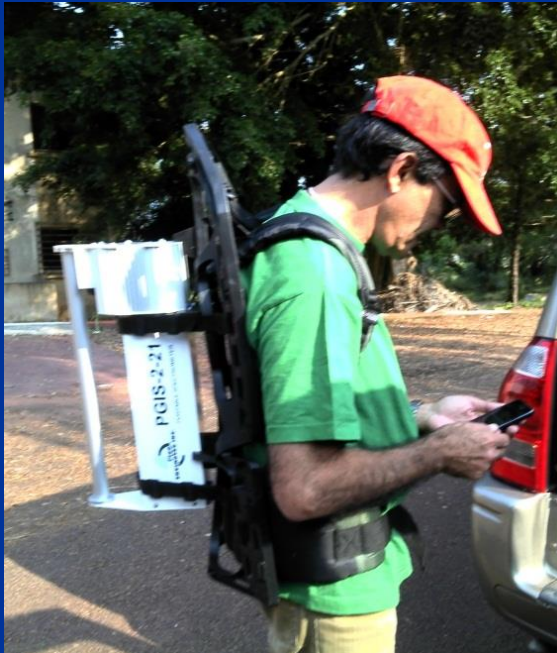
PO Box U9 ARMIDALE 2351 Australia Tel: +61 (0)2 6773 2617 Fax: +61 (0)2 6773 3307 E-mail: gtilinfo@geotec.com.au

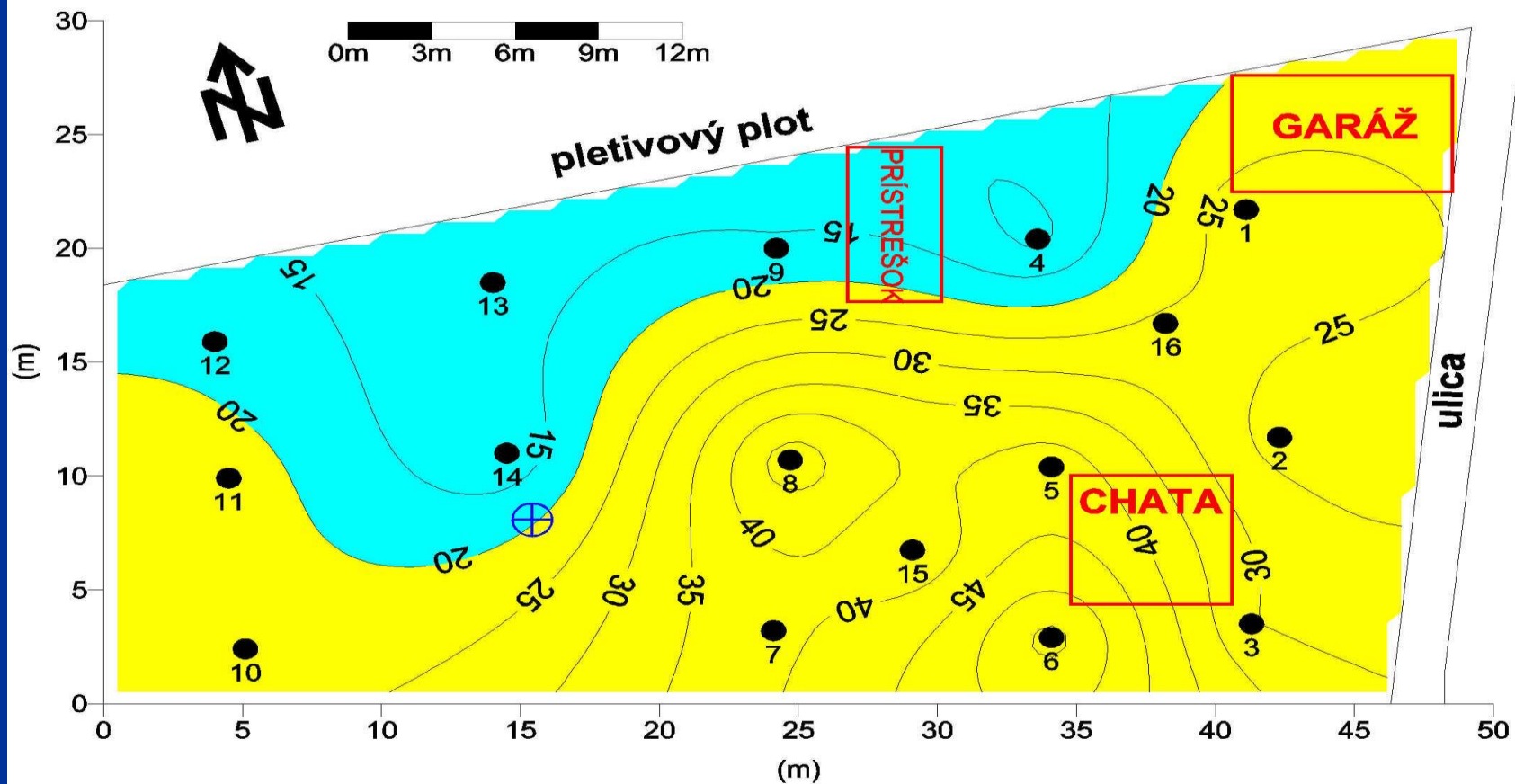
RÁDIOMETRIA

zaoberá sa štúdiom rádioaktivity Zeme

rádiometria

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





Radónové riziko

● 11 meracie body

— 30 — izolínie objemovej aktivity ^{222}Rn v kBq/m^3

⊕ studňa

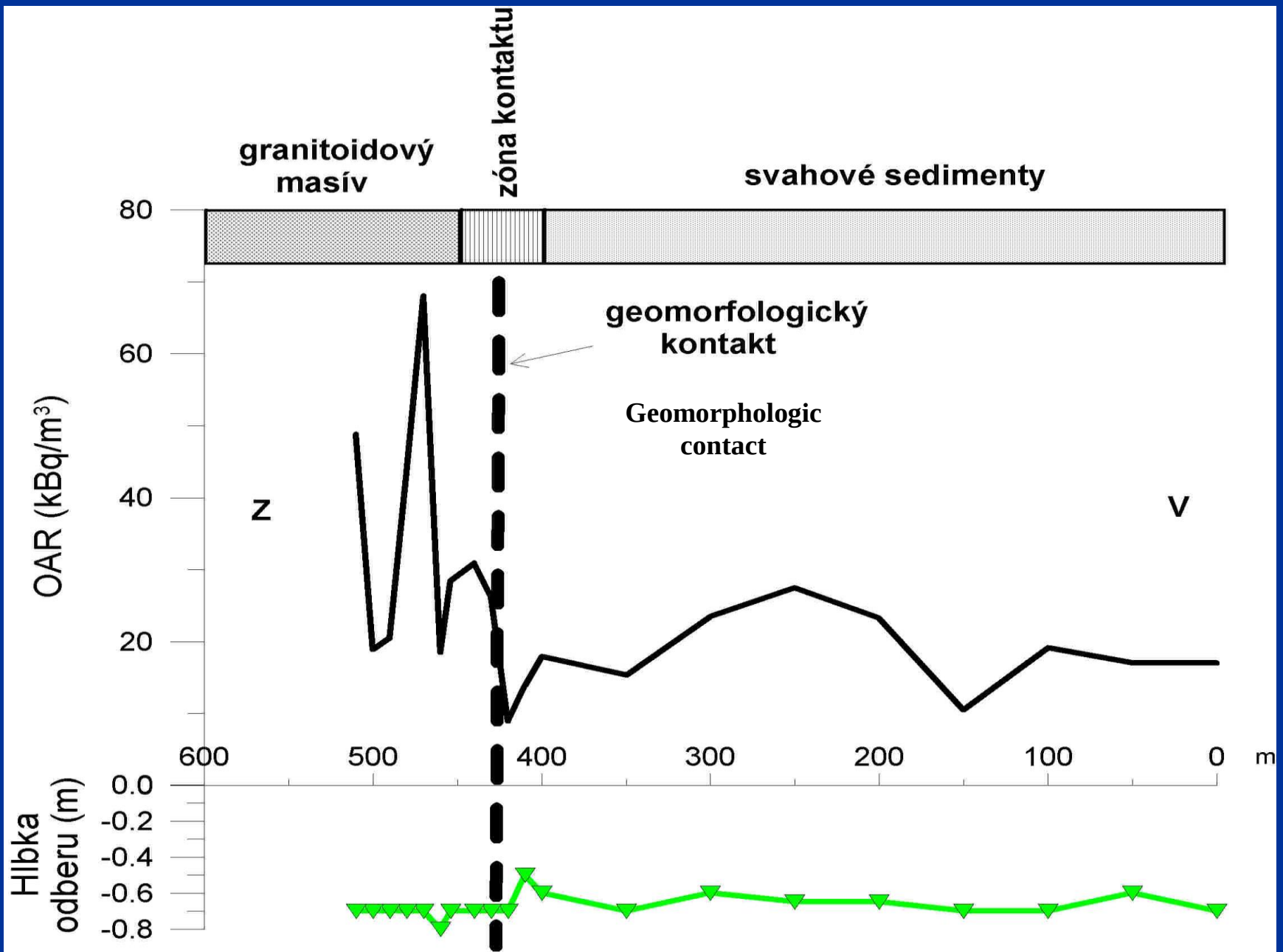
Kategória radónového rizika:

nízke

stredné

vysoké

mapovanie aktívnej tektoniky

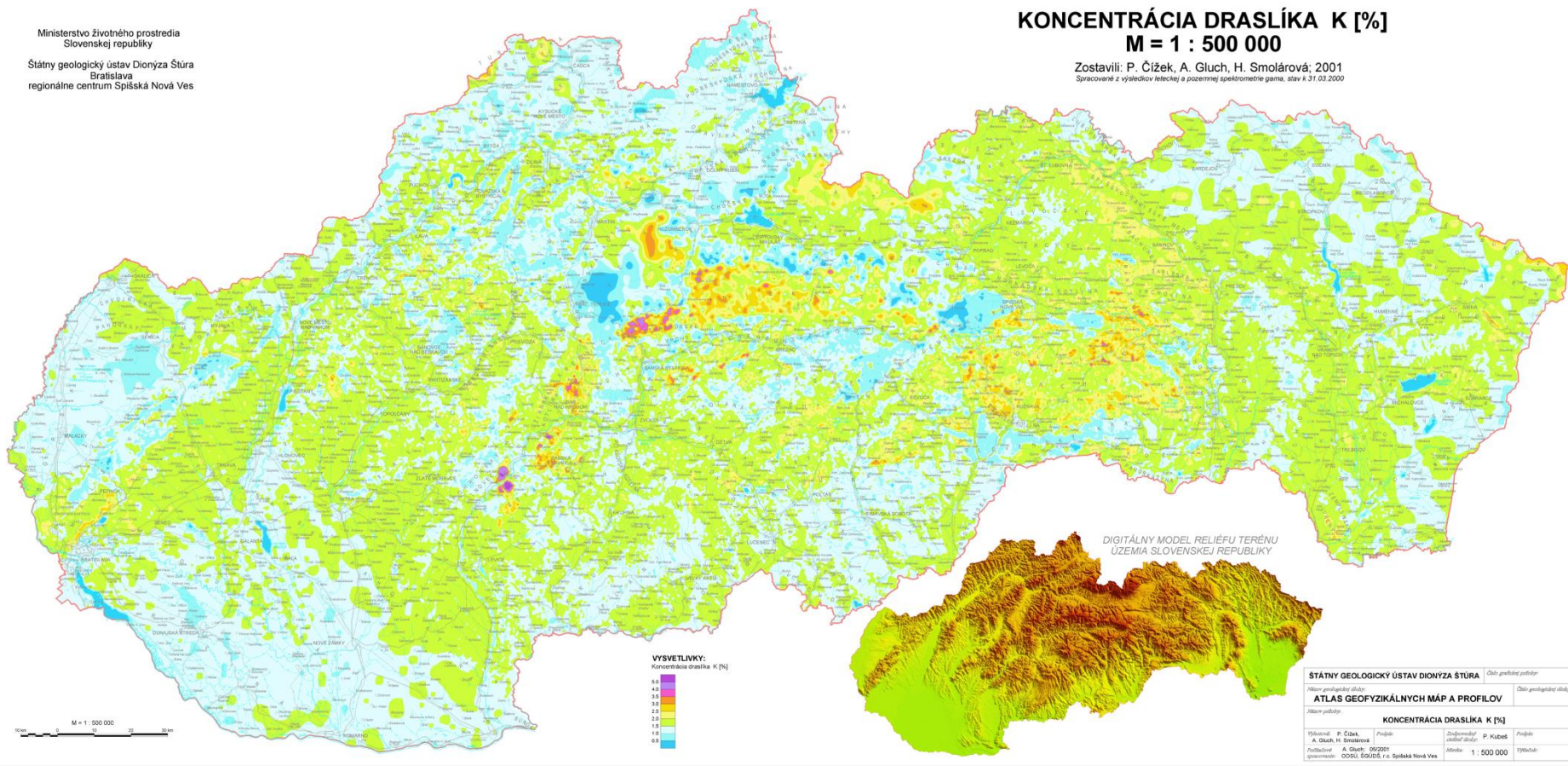


Ministerstvo životného prostredia
Slovenskej republiky

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
Spracované z výsledkov letectvej a pozemnej spektrometrie gama, sŕav k 31.03.2000

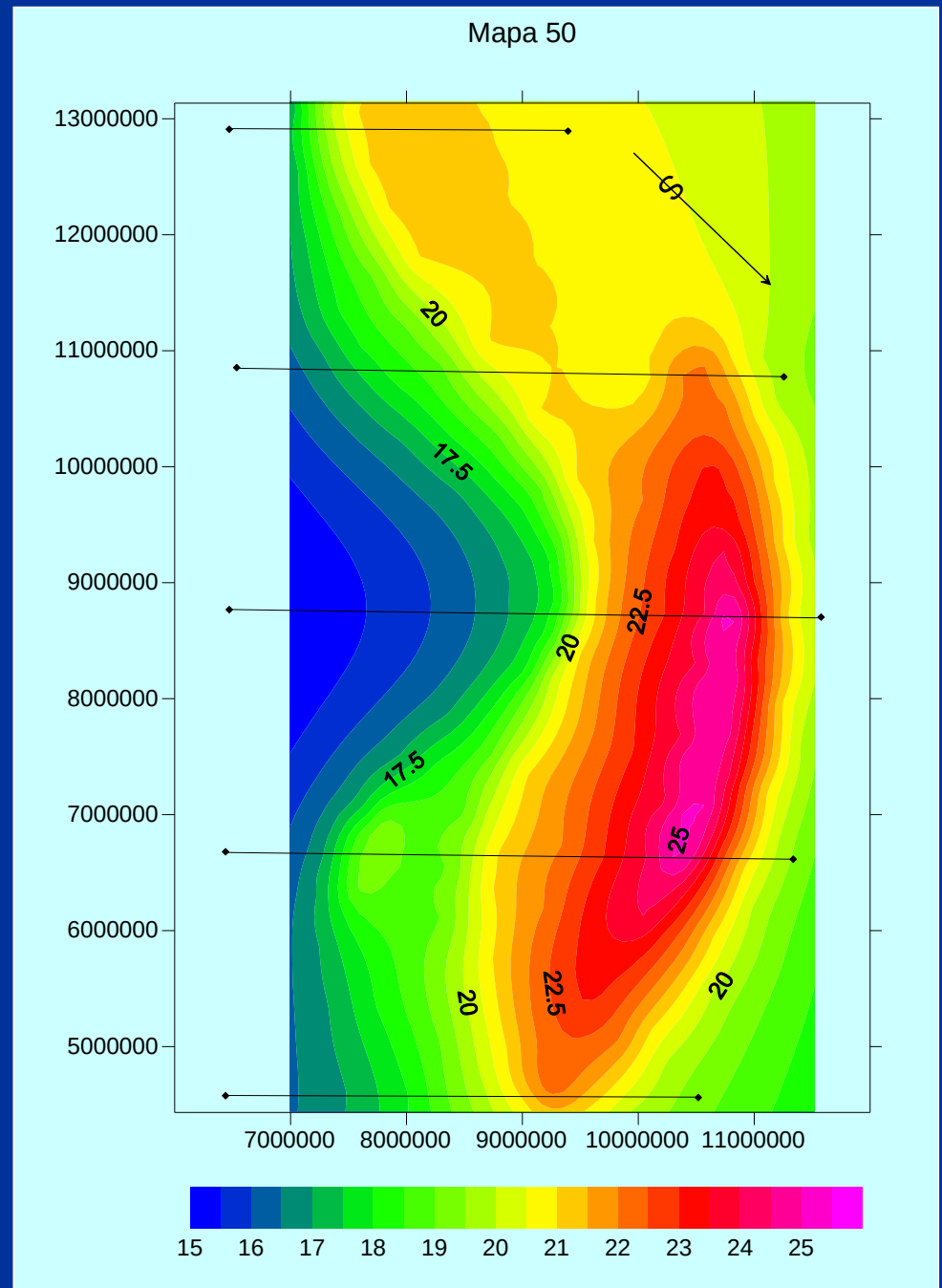


GEOTERMIKA

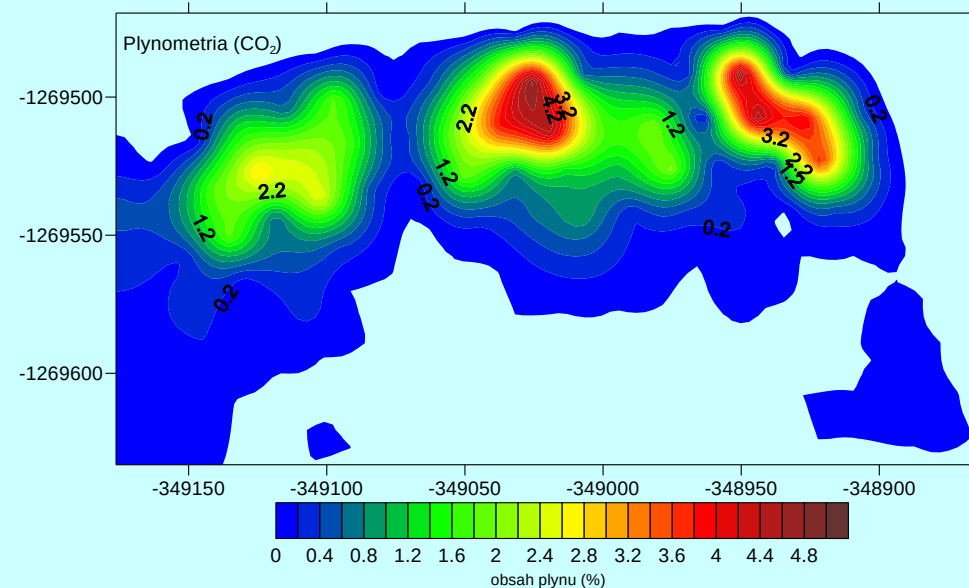
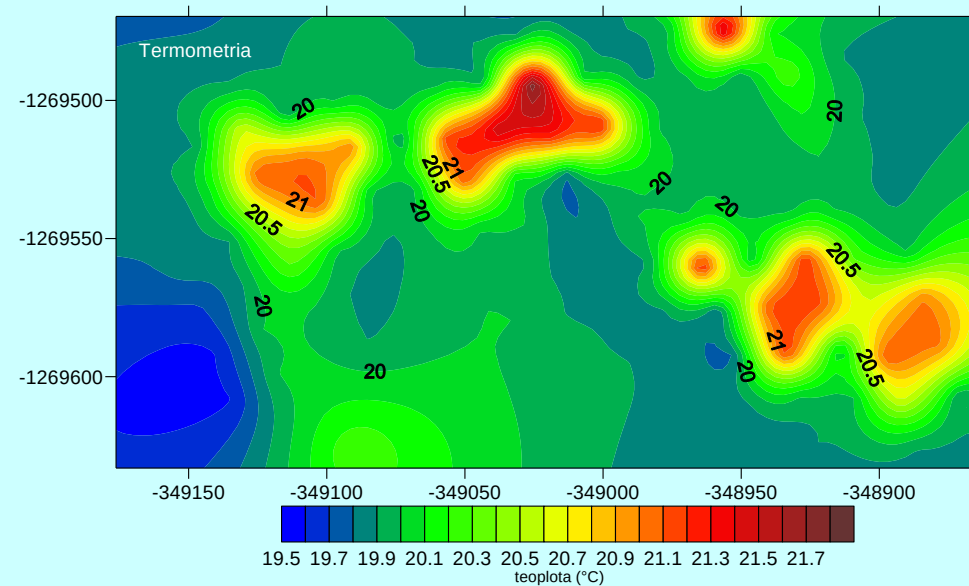
štúdium teploty a teplotného toku Zeme

Povrchová teplotná distribúcia v kúpeľoch Chalmová

Lokalizácia geotermálneho vrtu



Termometria nad skládkou organického odpadu

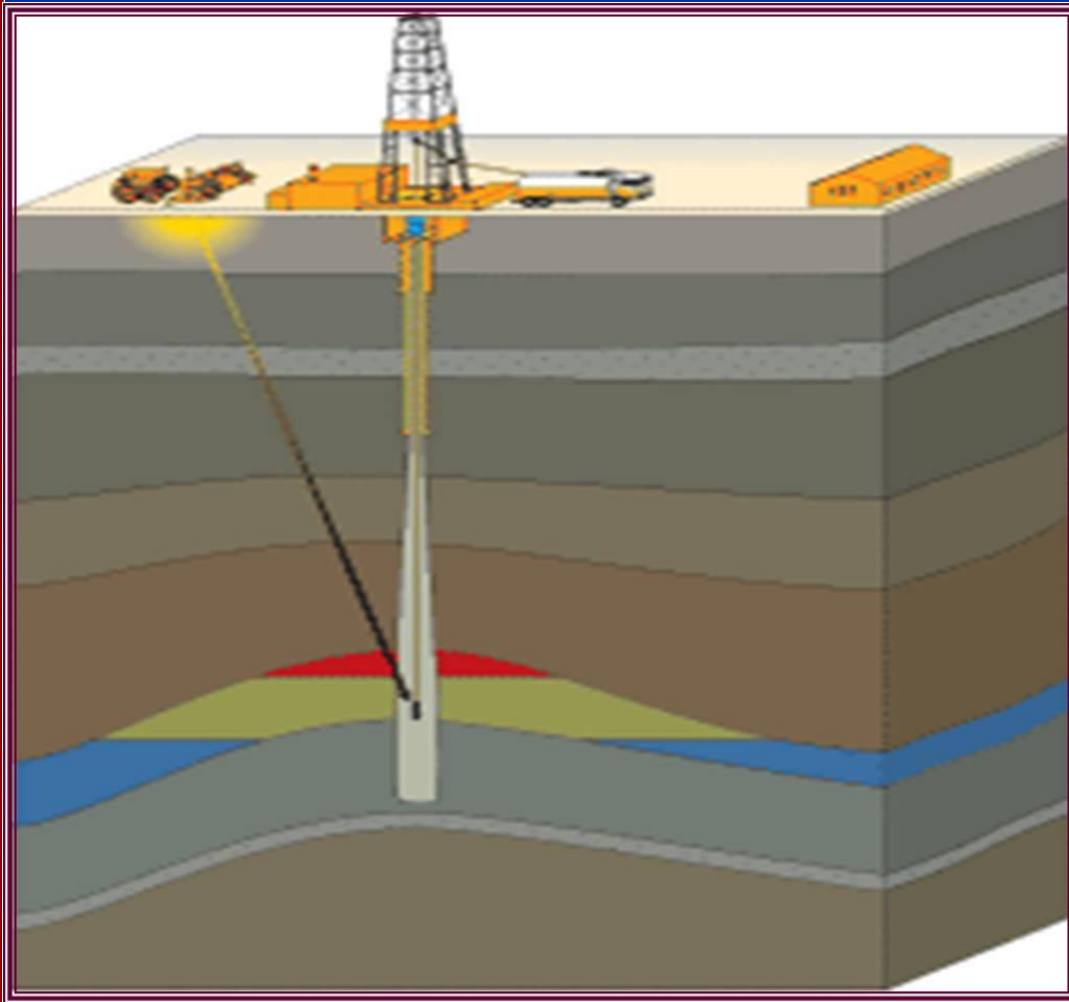
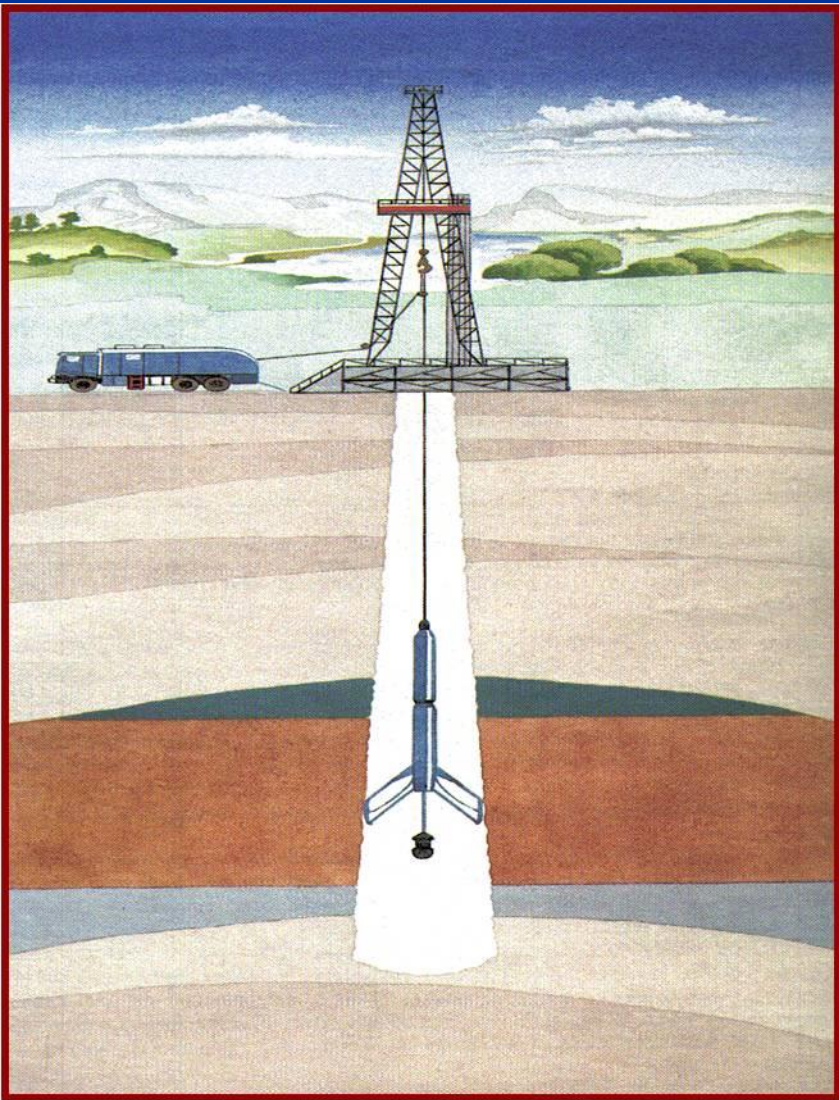


KAROTÁŽ

štúdium fyzikálnych vlastností vo vrtoch

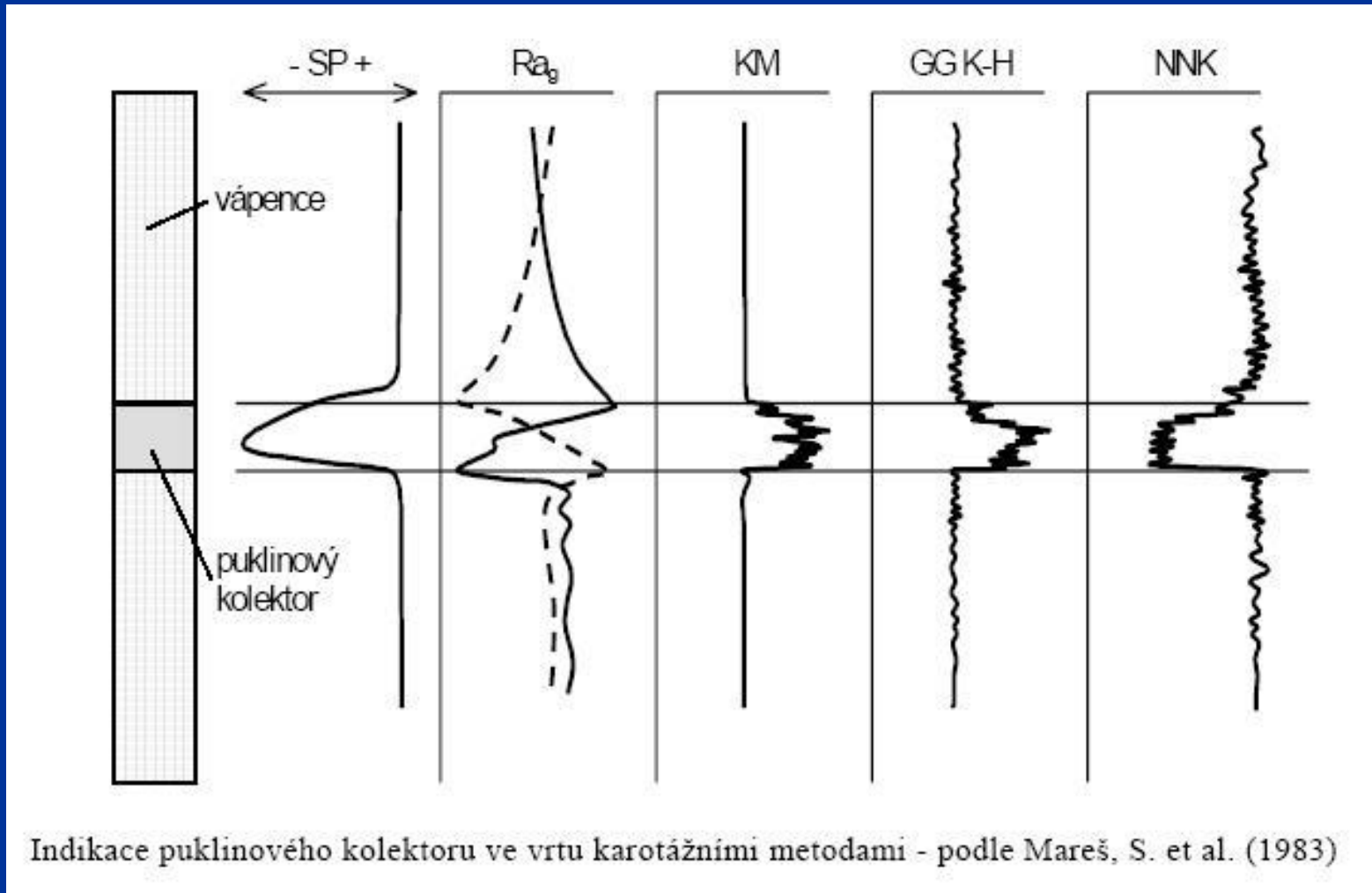
Vo vrtoch môžeme merať:

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



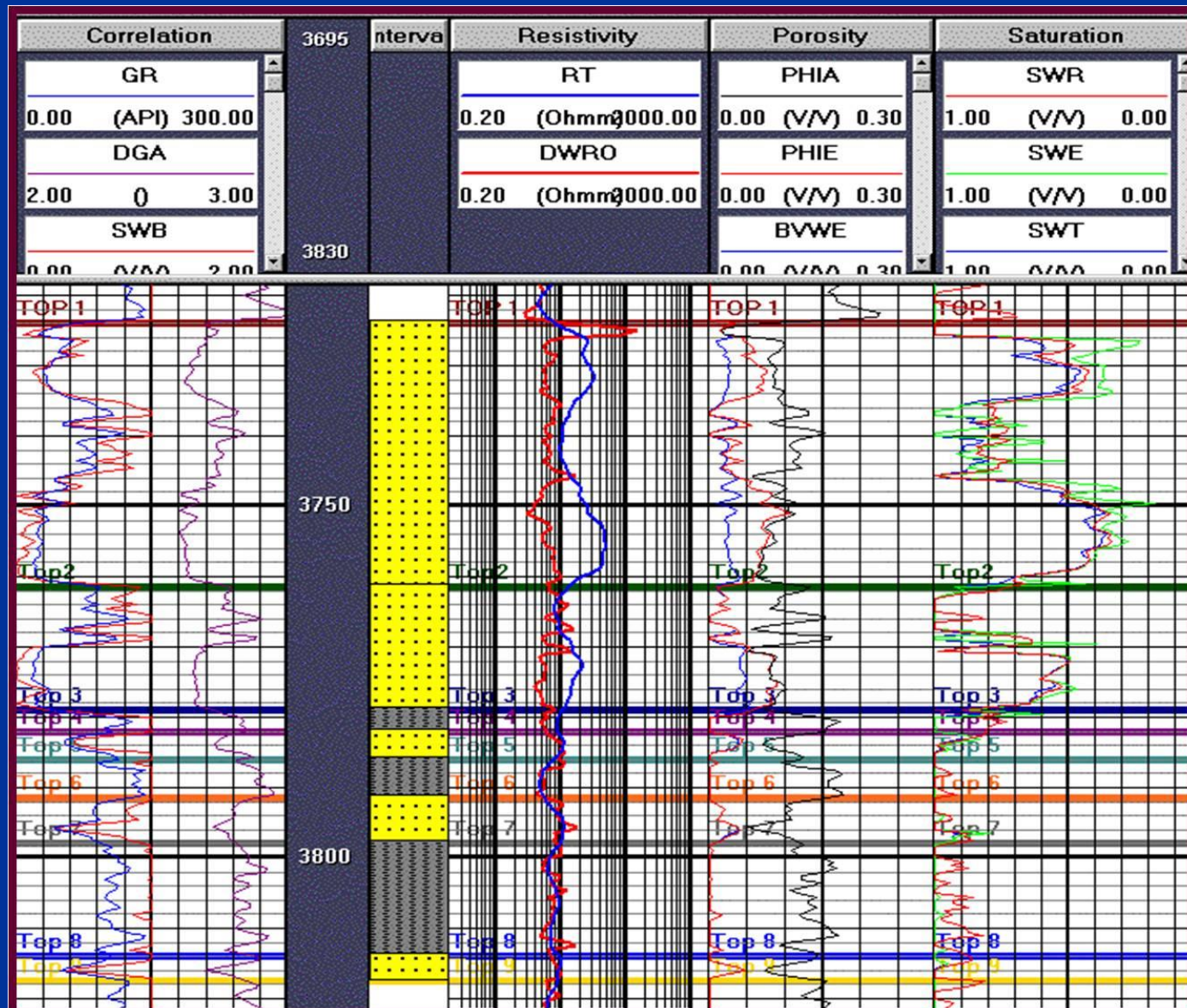
karotáž

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

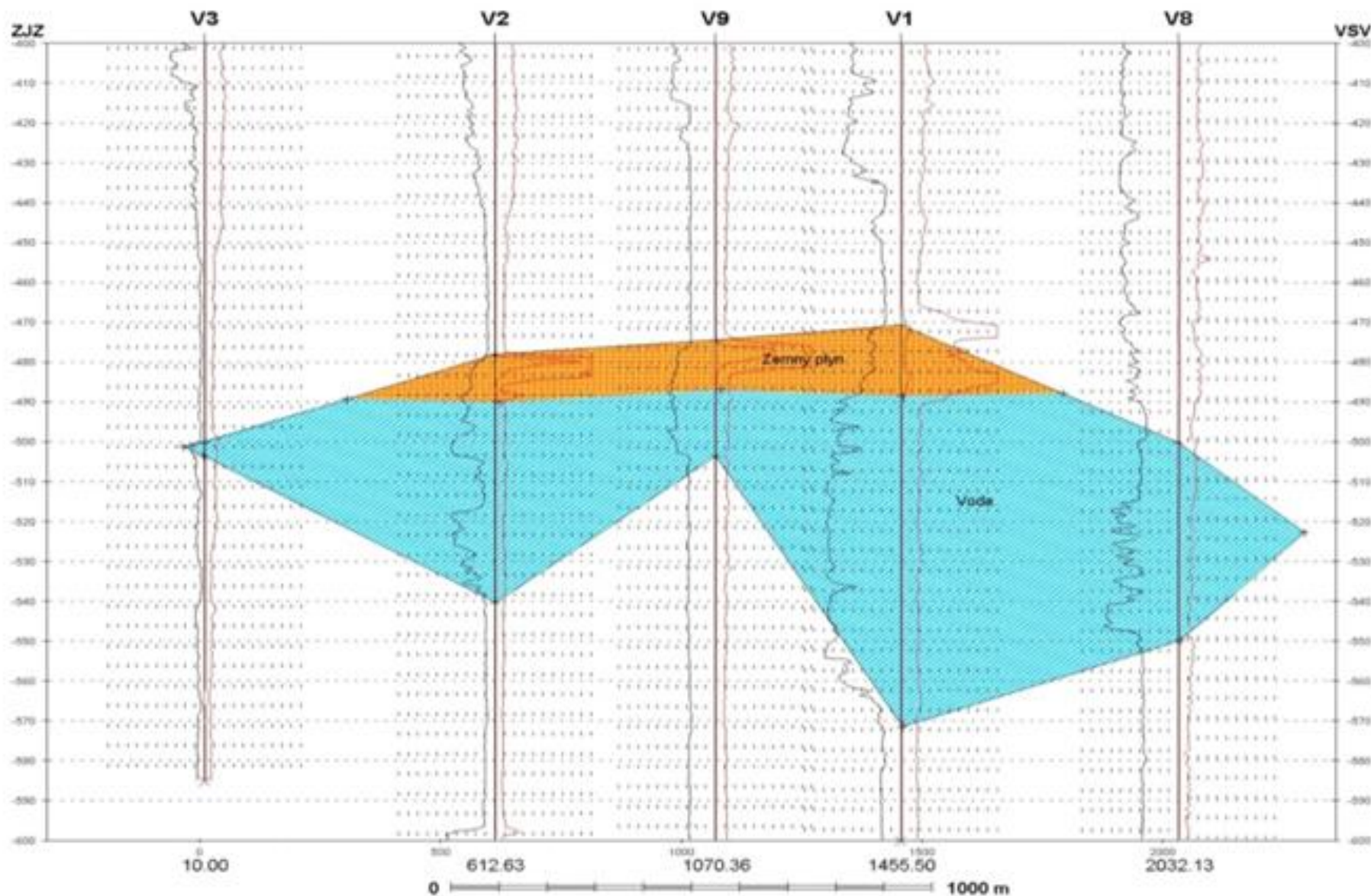


SP – spontánná polarizácia, Ra_g – odporová karotáž (gradientové usporiadanie),
KM – magnetická kar., GG – gama-gama kar., NN – neutrón-neutrón karotáž

typické karotážne záznamy



Ložisko zemného plynu



APLIKOVANÁ GEOFYZIKA

```
graph TD; A([APLIKOVANÁ GEOFYZIKA]) --- B([PROBLEMATIKA RADÓNOVÉHO A RADIČNÉHO RIZIKA]); A --- C([PROBLEMATIKA SKLÁDOK A ZNEČISTENÍ]); A --- D([PROBLEMATIKA SVAHOVÝCH ZOSUVOV]); A --- E([PROBLEMATIKA POKLESOV A PREPADANIA POVRCHU]); A --- F([PROBLEMATIKA HRÁDZÍ]); A --- G([PROBLEMATIKA HYDROGEOLOGIE]); A --- H([PROBLEMATIKA GEOLOGICKEJ STAVBY A TEKTONIKY]); A --- I([PROBLEMATIKA VYHLÁDÁVANIA ARCHEOLOGICKÝCH PAMIAŤOK]); A --- J([PROBLEMATIKA NEVYBUCHNUTEJ MUNÍCIE]); A --- K([PROBLEMATIKA POĽNOHOSPODÁRSTVA]); A --- L([PROBLEMATIKA INŽINIERSKÝCH SIETÍ]); A --- M([PROBLEMATIKA STAVIEB]);
```

**PROBLEMATIKA
RADÓNOVÉHO A
RADIČNÉHO
RIZIKA**

**PROBLEMATIKA
SKLÁDOK A
ZNEČISTENÍ**

**PROBLEMATIKA
SVAHOVÝCH
ZOSUVOV**

**PROBLEMATIKA
POKLESOV A
PREPADANIA
POVRCHU**

**PROBLEMATIKA
HRÁDZÍ**

**PROBLEMATIKA
HYDROGEOLOGIE**

**PROBLEMATIKA
GEOLOGICKEJ STAVBY
A TEKTONIKY**

**PROBLEMATIKA
VYHLÁDÁVANIA
ARCHEOLOGICKÝCH
PAMIAŤOK**

**PROBLEMATIKA
NEVYBUCHNUTEJ
MUNÍCIE**

**PROBLEMATIKA
POĽNOHOSPODÁRSTVA**

**PROBLEMATIKA
INŽINIERSKÝCH
SIETÍ**

**PROBLEMATIKA
STAVIEB**

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