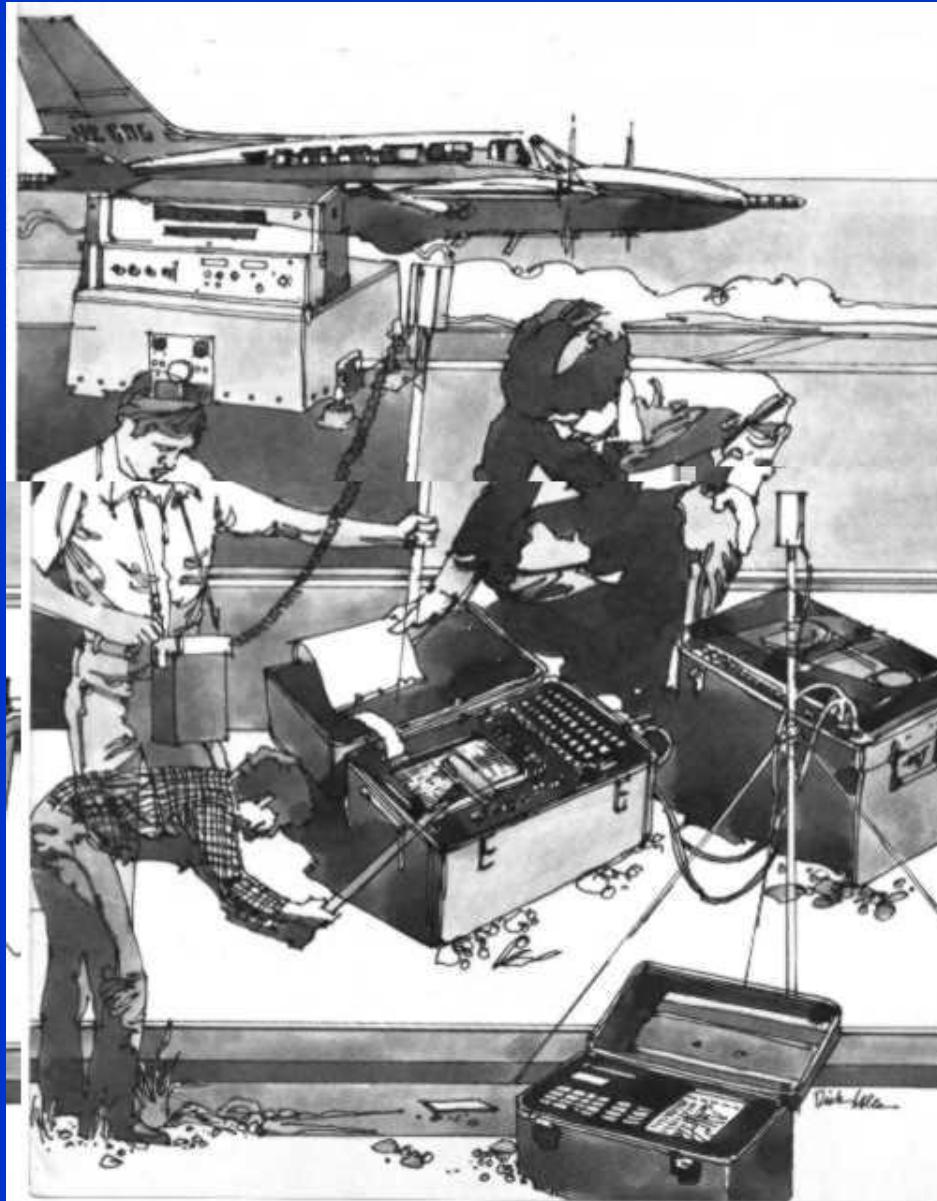


Základy aplikovanej geofyziky



gravimetria

magnetometria

geoelektrika

seizmika

karotáž

rádiometria

seizmológia

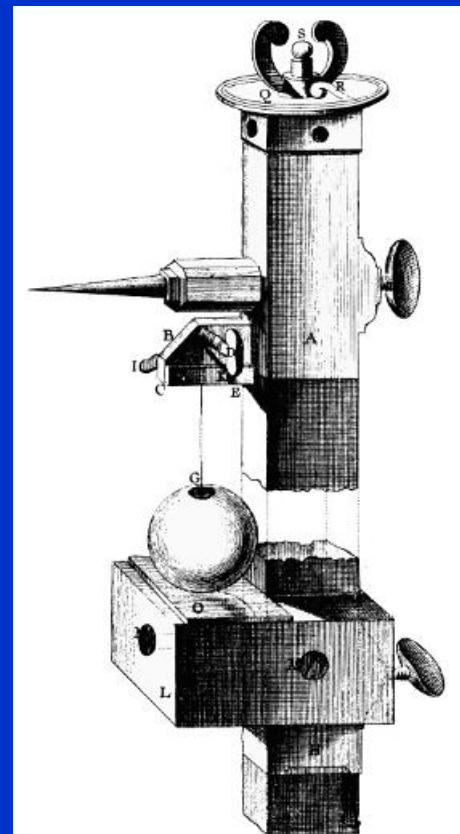
GRAVIMETRIA

Obsah prednášky:

- ujasnene si základných pojmov
- trošku z histórie
- jednotky v gravimetrii
- meranie tiažového zrýchlenia (prístroje)
- hustoty (minerálov a hornín)
- spracovanie meraní (úplné Bouguerove anomálie)
- interpretácia
- príklady využitia gravimetrie

GRAVIMETRIA

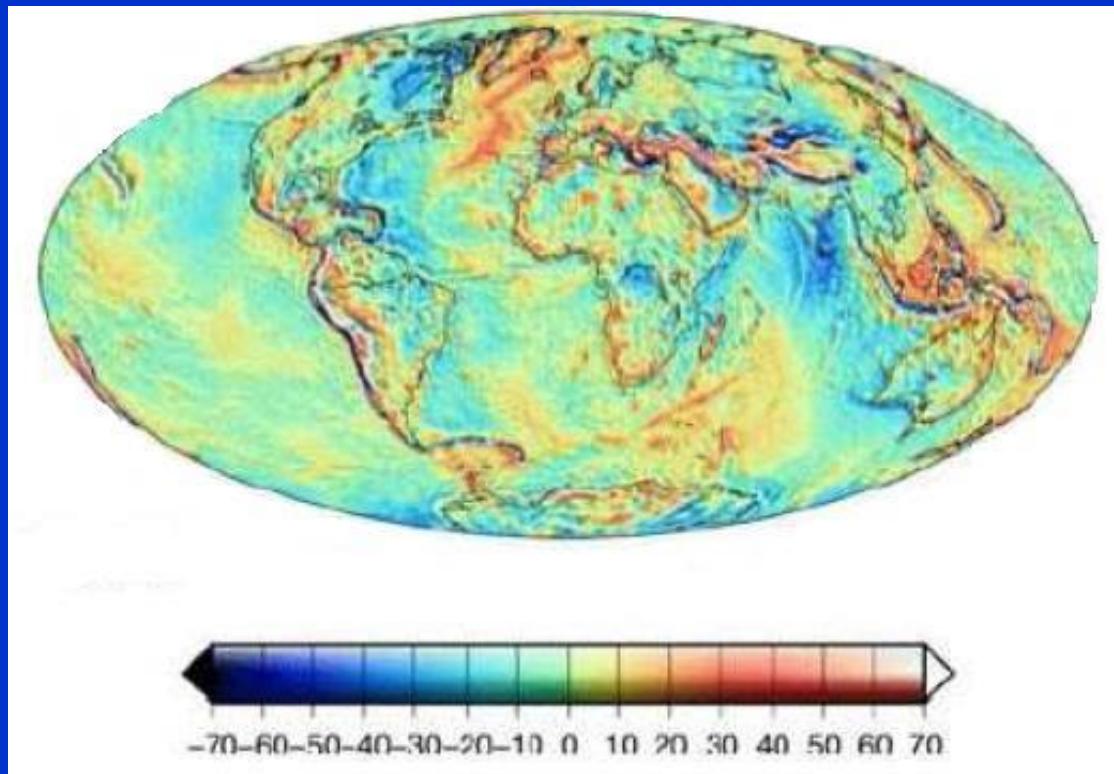
Meranie, vyhodnocovanie a interpretácia tiažových meraní („*gravis*“ – ťažký, „*metrein*“ - merat’)



UJASNENIE SI ZÁKLADNÝCH POJMOV

*hodnota g (tiažového zrýchlenia) je ... ?
konštantná?*

- a) *pre telesá s rozdielnou hmotnosťou v tom istom bode?*
- b) *pre telesá s rozdielnou hmotnosťou v rôznych bodoch?*



anomálie tiažového poľa Zeme (zo satelitných meraní)

UJASNENIE SI ZÁKLADNÝCH POJMOV

Newtonov gravitačný zákon:

$$|F| = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = G \frac{mM}{r^2}$$

z Newtonovho zákona sily vyplýva pre zrýchlenie g :

$$|F| = mg \Rightarrow |g| = \frac{F}{m} \Rightarrow |g| = G \frac{M}{r^2} [\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$$

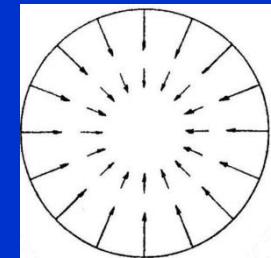
Velkosť g nie je závislá o malého m .

UJASNENIE SI ZÁKLADNÝCH POJMOV

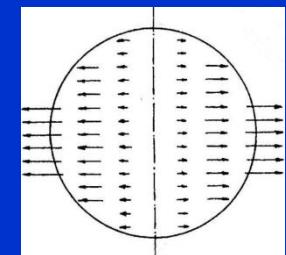
*existuje vlastne rozdiel medzi gravitačným
a tiažovým zrýchlením?
(alebo ide o synonymum?)*

gravitačné - „čistá príťažlivosť“

Zeme

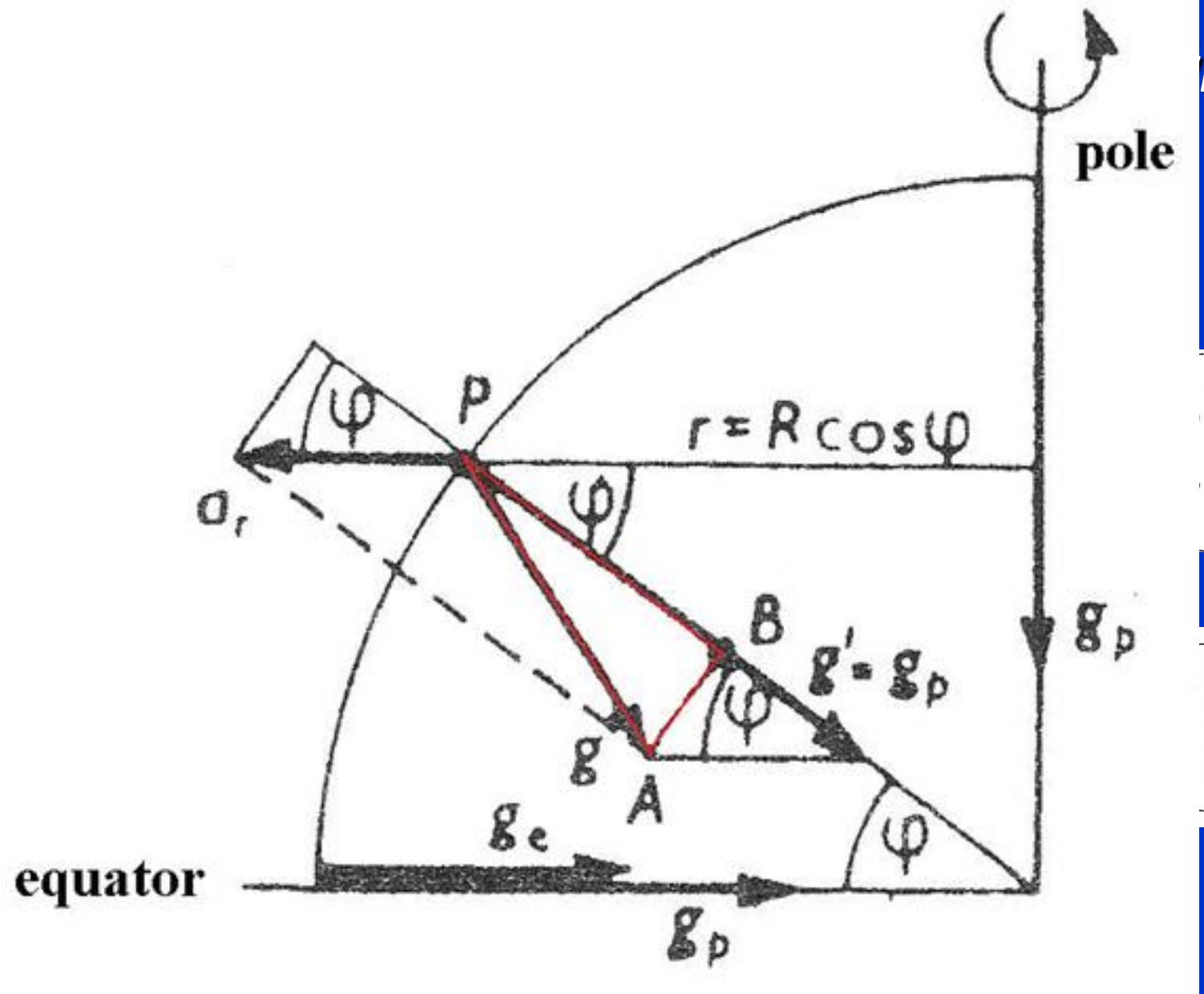


tiažové (merané) – výsledok
vektorového súčtu gravitačného a
odstredivého zrýchlenia Zeme



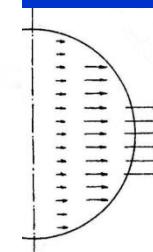
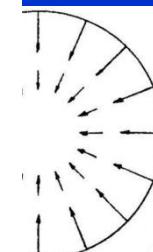
Pomer odstredivého a gravitačného zrýchlenia Zeme
je veľmi malý ≈ 0.005
(na póle je g cca $9.83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, na rovníku cca $9.78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

UJASNENIE SI ZÁKLADNÝCH POJMOV



e
a
(
g
Z
ti
ve
o
Po
je

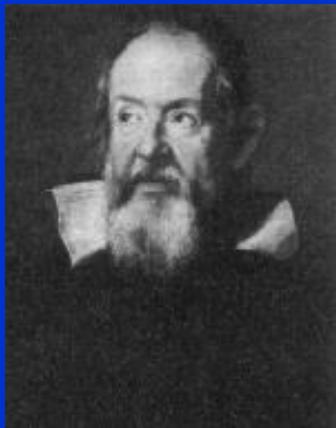
m



(na póle je g cca $9.83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, na rovníku cca $9.78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

GRAVIMETRIA

trošku z histórie ...



Galileo Galilei
(1564 - 1642)



Pierre Simon Laplace
(1749 – 1827)



Isaac Newton
(1643 - 1727)



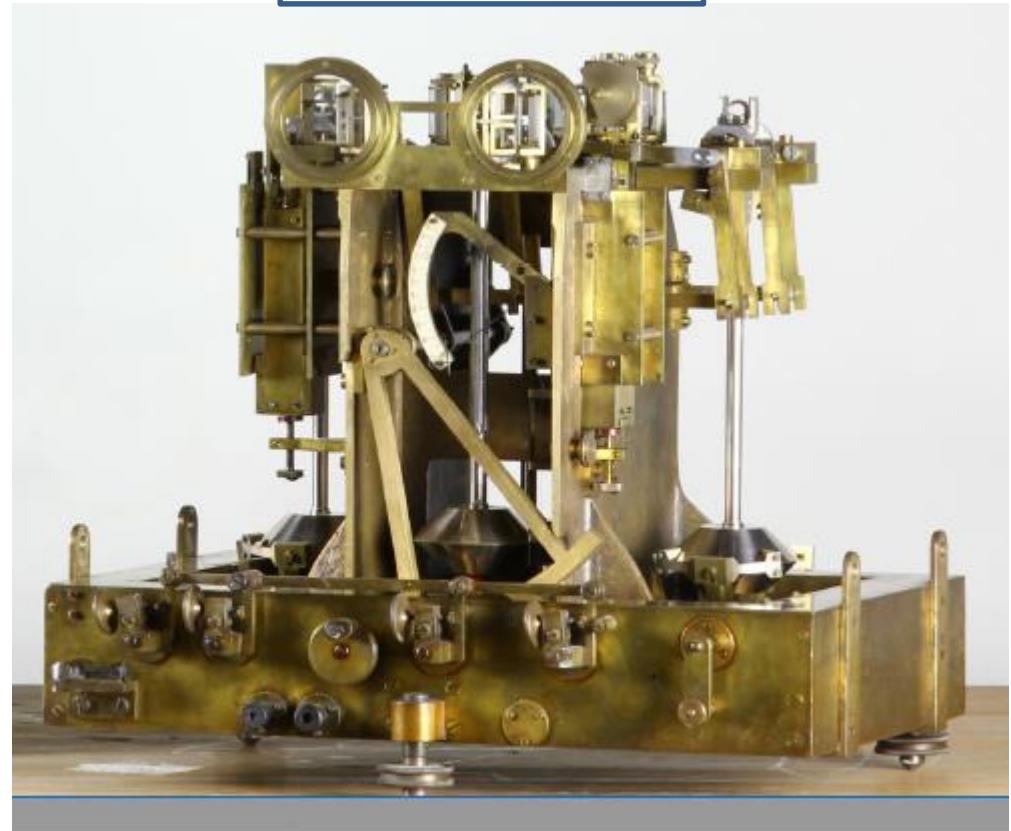
Pierre Bouguer
(1698 – 1758)

GRAVIMETRIA

úplne prvé prístroje... kyvadlové



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$



Meraná veličina v gravimetrii

Merané g je vektor, avšak pracujeme so skalárom g .

používané jednotky v gravimetrii

systém SI: $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

používané sú násobky:

$$1 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-2} = 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

v anglosaskej literatúre:

$$1 \text{ mGal} = 10 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$$1 \mu\text{Gal} = 0.001 \text{ mGal}$$

predstava o presnosti dnešných gravimetrických meraní

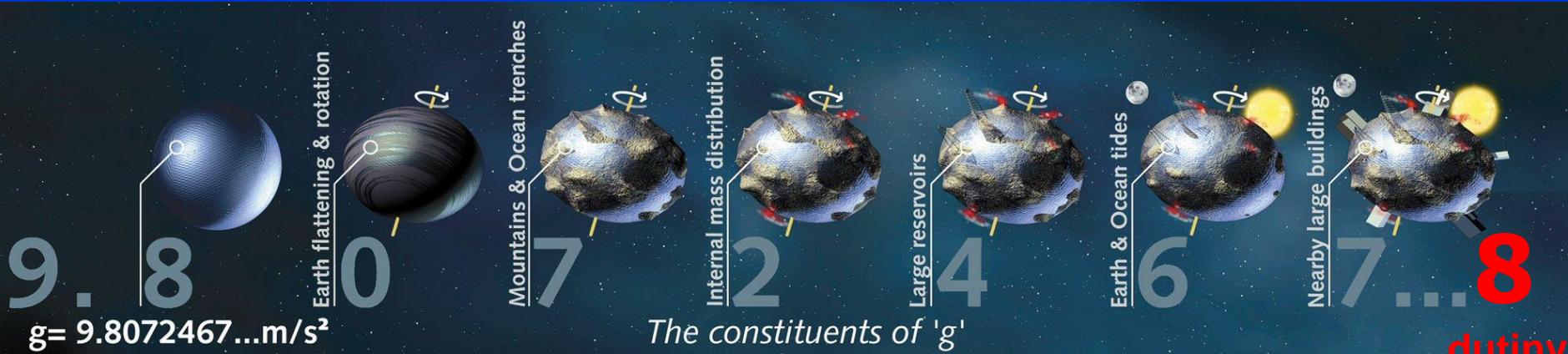
$$g = 9.82345678 \text{ m/s}^2$$

úroveň mGal

úroveň μGal

súčasné prístroje merajú s presnosťou

$$0.01 \text{ do } 0.001 \text{ mGal} = 10 \text{ do } 1 \mu\text{Gal}$$



$$g = 9.8072467\ldots \text{m/s}^2$$

oblast'
mikrogravimetrie

meranie v gravimetrii

**prístroje na meranie tiažového
zrýchlenia sa nazývajú gravimetre**

absolútne gravimetre

**laboratórne,
vyššia presnosť:
0.001 mGal,
voľný pád,
pomalšie (hodiny)**

Micro-g FG-5



relatívne gravimetre

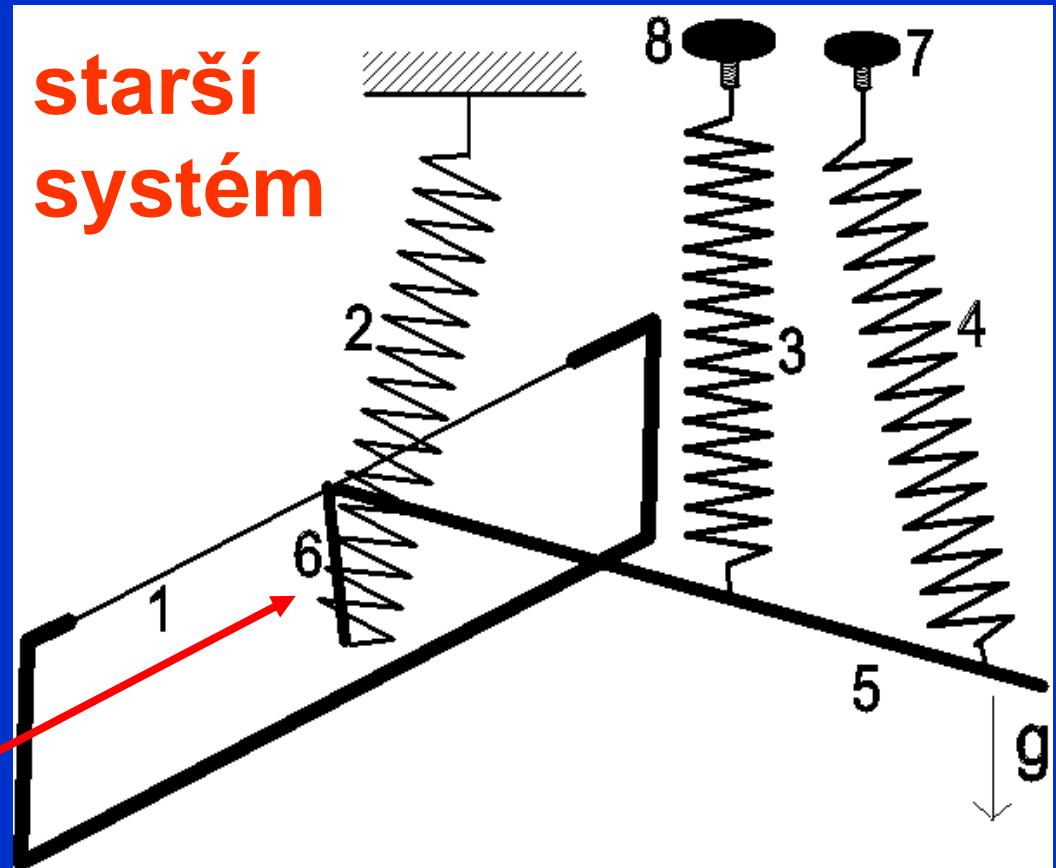
**terénné,
nižšia presnosť:
0.01-0.005 mGal,
pružinový systém
rýchlejšie (minúty)**



Scintrex CG-5

relatívny (pružinový) gravimeterr

meranie –
manuálne

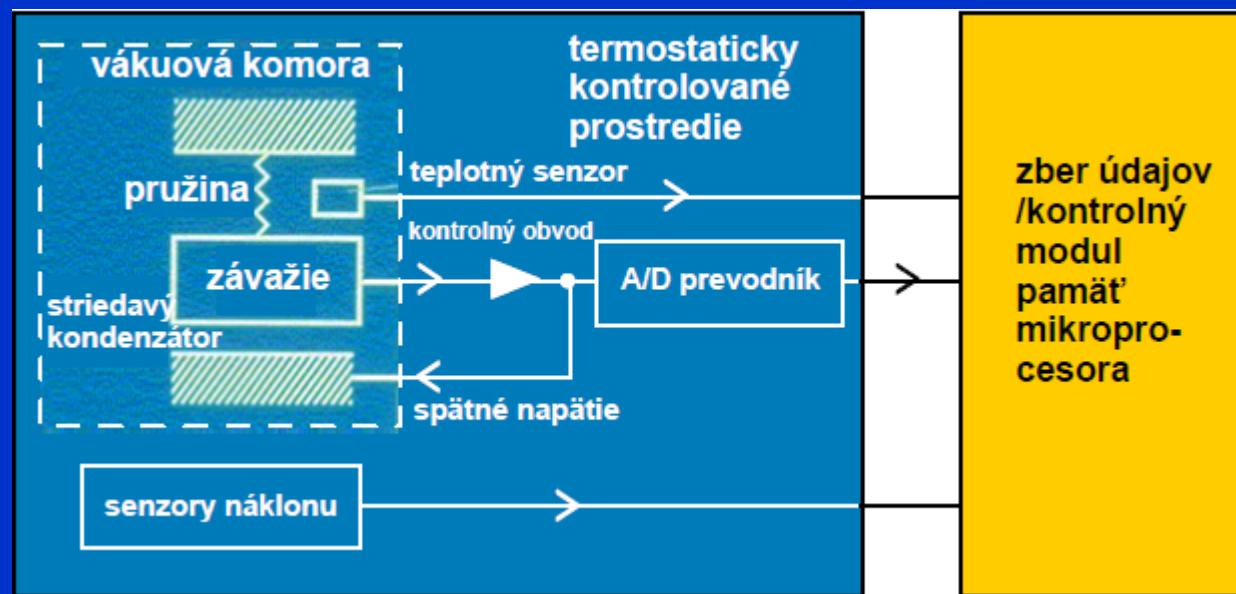
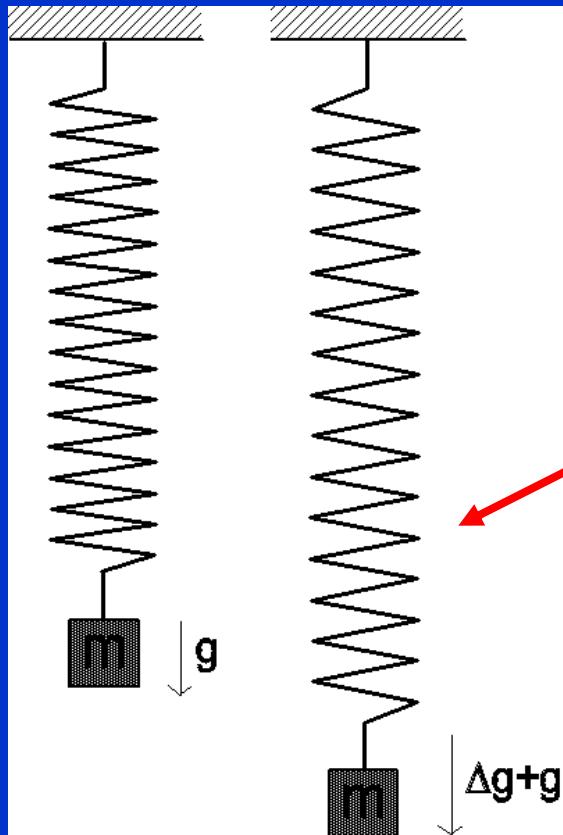


- 1 – torzné vlákno
- 2 – astazujúca (zvýrazňujúca) pružina
- 3 – rozsahová pružina
- 4 – meracia pružina
- 5 - vahadlo

relatívny (pružinový) gravimeterr

meranie – automatické (tzv. Autograv systém)

novší systém



relatívny (pružinový) gravimeterr

súčasné moderné (state of the art) relatívne gravimetre:



**LaCoste and
Romberg
(LC&R),
modely G a D**

**Scintrex
CG-3 a
CG-3M**

**Scintrex
CG-5**

**ZLS-Burris
(skratka pre
Zero Length
Spring)**

Staršie typy – meraná veličina je počet otáčok skrutky meracej pružiny (prevod na [mGal] pomocou tzv. konštanty prístroja [mGal]/dielik).

Novšie typy – meraná veličina je elektrické napätie, ktoré je opäť prevedené na [mGal] pomocou vnútornej konštanty prístroja ([mGal]/mV).

relatívny (pružinový) gravimeterr

najnovšie relatívne gravimetre:



Scintrex CG-6
(na obr. spolu s CG-5)



LG-1 GALILEO
(česká firma GF Instruments)

Meranie a základné spracovanie dát v gravimetrii:

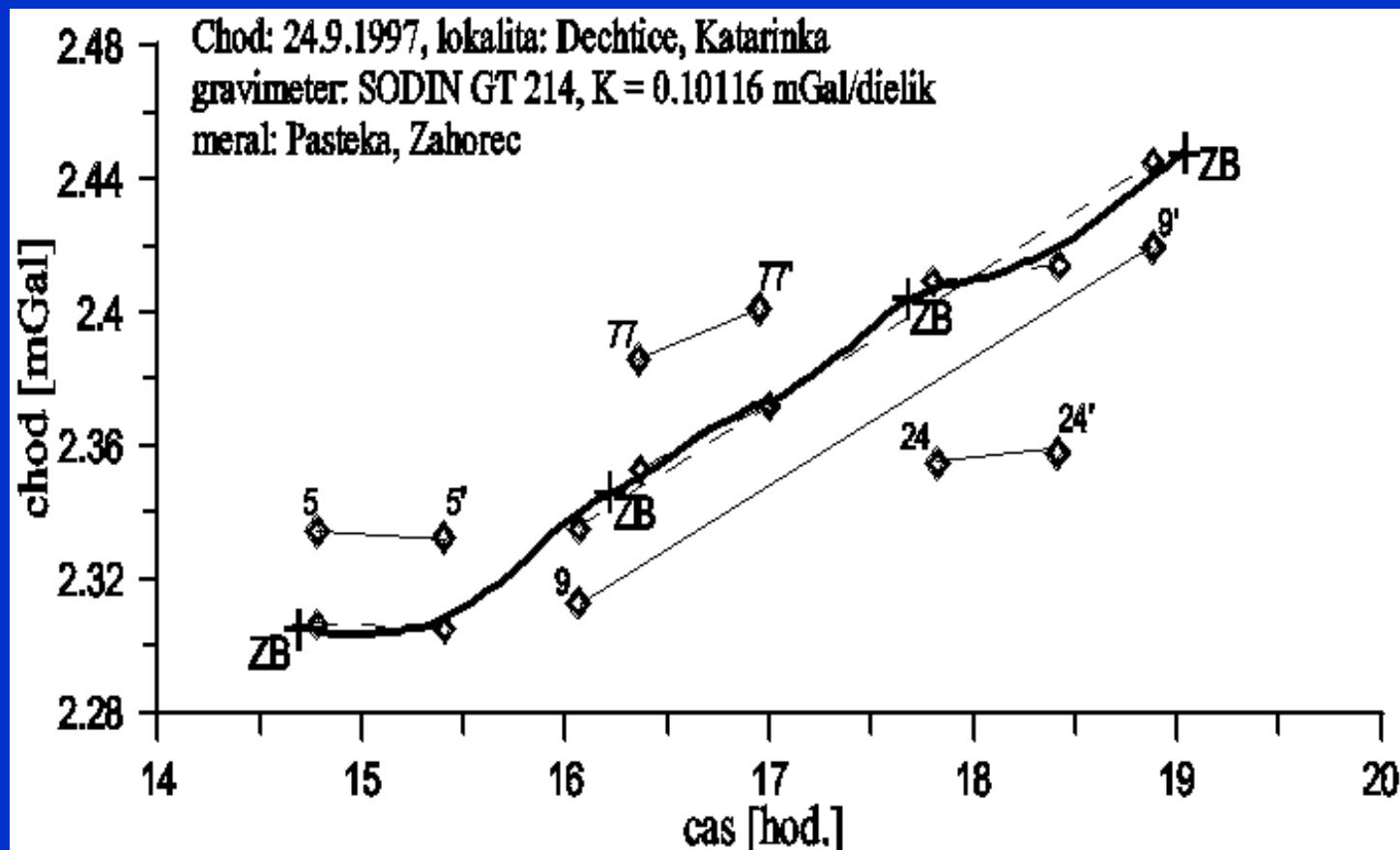
Zahŕňa v sebe:

- samotné meranie s prístrojom (gravimeter)
- opravu o chod prístroja
- prepočet na absolútnu hodnotu (pri relat. meraniach)
- výpočet chyby merania
- výpočet tzv. Bouguerových anomálií

meranie v gravimetrii

musí sa odstraňovať tzv. chod prístroja (drift)

spôsobený: otrasmi, zmenami teploty a tlaku,
slapovými účinkami Slnka a Mesiaca
(moderné gravimetre ich vedia zrátat')



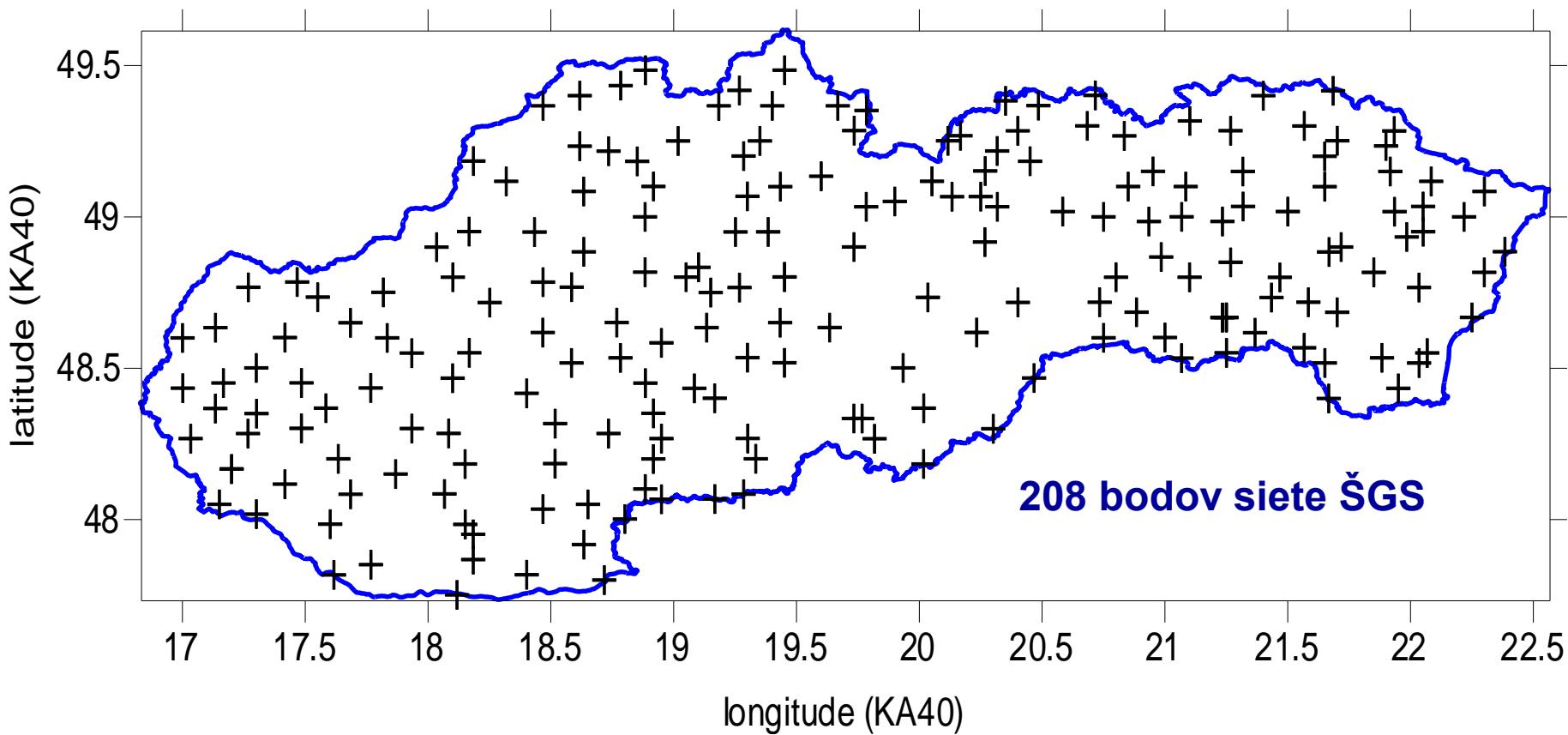
meranie v gravimetrii

výsledkom meraní a opravy o chod je hodnota
relatívneho tiažového zrýchlenia Δg , ktoré sa
prepočítava na jeho absolútnu hodnotu g,
K tomu je potrebné takúto hodnotu g poznať aspoň v jednom
bode (meranie s absol. grav. alebo sa využijú body štátnej siete)



Body Štátnej Polohovej Siete (ŠPS) u nás spravuje
Geodetický a Kartografický Ústav Bratislava (GKÚ).

meranie v gravimetrii



Starší systém – tzv. Štátnej Gravimetrickej Sieti (ŠGS),
taktiež pod správou GKÚ.

Základný materiálový parameter v gravimetrii
je hustota,

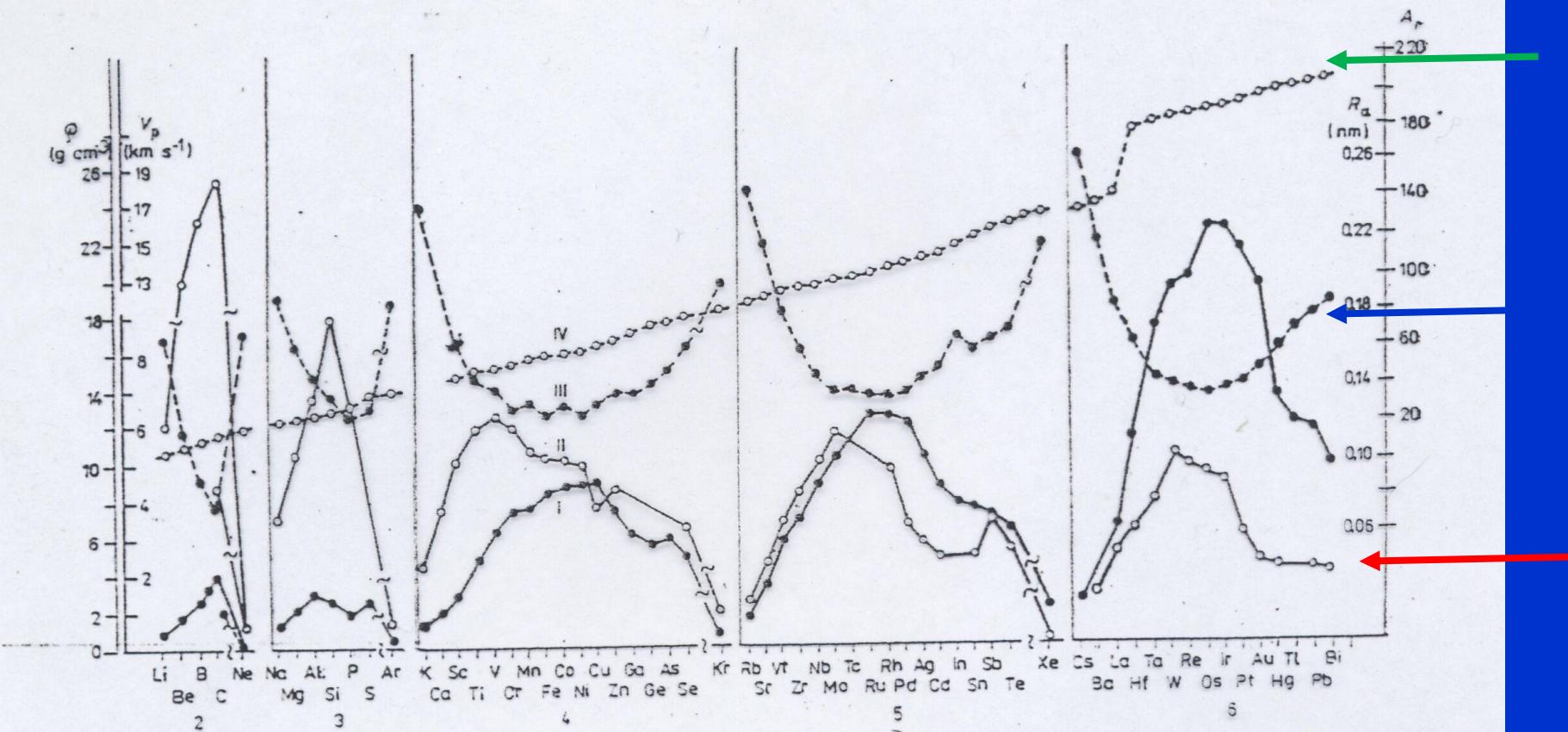
**študujeme prejavy hustotných nehomogenít
v nameranom (anomálnom) poli g**

jednotky (systém SI): $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

používané sú násobky:

$$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3} = 1 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3} = \\ = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

hustoty – vlastnosti, súvislosti



Obr. 2. Závislosť fyzikálnych vlastností chemických prvkov na jejich postavení v periodické soustavě

I — hustota, II — rýchlosť šírenia podélných vln, III — atomový polomer, IV — pomerná atomová hmotnosť; 2 až 6 — periody soustavy prvkov (Dortman, Magid 1969)

Tieto vlastnosti sa prejavujú najmä pri rudných mineráloch
(pri horninotvorných sú to najmä väzby a kryštalizačná sústava)

hustoty – vlastnosti, súvislosti

PERIODICKÁ SÚSTAVA CHEMICKÝCH PRVKOV

ČIMOX

SKUPINA	I. A	II. A	III. B	IV. B	V. B	VI. B	VII. B	VIII. B	I. B	II. B	III. A	IV. A	V. A	VI. A	VII. A	VIII. A															
K	H										BOR BORUM 10,811	UHLÍK CARBONIUM 12,011	DUSÍK NITROGENIUM 14,007	KYSLIK OXYGENIUM 16,000	FLUÓR FLUORUM 18,999	HELIUM HELIUM 4,003															
K	LÍTIUM LITHIUM 6,941	BERYLIUM BERYLLIUM 9,012									C 3, 2,0	N 4, 2,5	O 3, 2,3,4,5	F 2, 1,2	He HELIUM 2																
L	Li 3, 1,0	Be 4, 1,5									B 3	C 4, 2,4	N 3, 2,0	O 2, 1,2	Ne NEON 20,180																
M	SODÍK NATRIUM 22,990	HORČÍK MAGNESIUM 24,305									Al 3	Si 4, 1,8	P 3, 2,1	S 2, 2,5	Cl 3, 0																
M	Na 1, 0,9	Mg 2, 1,2									Si 4, 4	Ge 3, 3,5	As 2, 0	Br 2, 2,4,6	Kr 3, 0																
N	K 1, 0,8	Ca 2, 1,0	Sc 3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 2,3	Zn 2,3	Gálium GALLIUM 69,723	GERMÁNIUM GERMANIUM 72,610	Arzén ARSENICUM 74,922	SELÉN SELENIUM 78,960	KRYPTÓN KRYPTON 83,800														
O	RUBIDIUM RUBIDIUM 65,468	STRONCIUM STRONTIUM 87,620	YTRIUM YTTRIUM 88,906	ZIRKÓNIUM ZIRCONIUM 91,224	NIÓB NIOBIUM 92,906	MOLYBDÉN MOLYBDÆNIUM 95,940	TECHNÉCIUM TECHNETIUM (98,906)	RUTÉNIUM RUTHENIUM 101,070	RÓDIUM RHODIUM 102,906	PALÁDIUM PALLADIUM 106,420	STRIE BRO ARGENTUM 107,868	KADMÍUM CADMIUM 112,411	INDIUM INDIUM 114,820	CÍN STANNIUM 118,710	ANTIMÓN STIBIUM 121,750	JÓD IODIUM 126,905	XENÓN XENON 131,290														
O	Rb 1, 0,8	Sr 2, 1,0	Y 3, 1,2	Zr 4	Nb 1,4	Mo 1,6	Tc 3,5	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 2,1,7	In 1,7	Sn 1,8	Se 2,4	Br 2,8	Kr 2,4														
P	CÉZIUM CAESIUM 132,905	BÁRIUM BARIUM 137,327	LANTAN LANTHANUM 138,906	HAFNIUM HAFNIUM 178,490	TANTAL TANTALUM 180,048	WOLFRÁM WOLFRAMIUM 183,850	RÉNIUM RHENIUM 186,207	OSMIUM OSMIUM 190,200	IRIDIUM IRIDIUM 192,220	PLATINA PLATINUM 195,080	ZLATO AURUM 196,967	ORTUŤ HYPARGYRUM 200,590	TÁLIUM THALLIUM 204,383	OLOVO PLUMBUM 207,200	BIZMUT BISMUTHUM 208,980	TELURÍUM TELLURIUM 127,600	JÓD IODIUM 126,905	XENÓN XENON 131,290													
P	Cs 1, 0,7	Ba 2, 0,9	La 3, 1,1	Hf 4, 1,3	Ta 5, 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 1,3	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 2,4	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn 2													
Q	FRANCIUM FRANCIUM (223,020)	RÁDIUM RADIUM (226,025)	AKTÍNIUM ACTINIUM (227,028)	KURČATOVÍUM KURČATOVÍUM (261,109)	PRVOK UNNILPENTIUM (262,114)	PRVOK UNNILHEXIUM (263,918)	PRVOK UNNILSEPTIUM (262,123)	PRVOK UNNILOCTIUM (265)	PRVOK UNNILNENIUM (266)	PRVOK UNNILNENIUM (269)	PRVOK UNNILNENIUM (272)																				
Q	Fr 1, 0,7	Ra 2, 0,9	Ac 3, 1,1	Ku 4	Unp 5	Unh 6	Uns 7	Uno 7	Une 109	Uun 110	Uuu 111																				
PERIÓDA	6	CÉR CERIUM 140,115	PRAEZODÍM PRASEODYMIUM 140,908	NEODYMÍ NEODYMIUM 144,240	PROMÉTIUM PROMETHIUM (146,915)	SAMÁRIUM SAMARIUM 150,360	EURÓPIUM EUROPIUM 151,985	GADOLÍNUM GADOLINIUM 157,250	TERBIUM TERBIUM 158,925	DYSPRÓZIUM DYSPROSIUM 162,500	HOLMIUM HOLMIUM 164,930	ERBIUM ERBIUM 167,260	TÚLÍUM TULIUM 168,934	YTERBIUM YTTERBIUM 173,040	LUTÉCIUM LUTETIUM 174,967	LANTANOÍDY	SLOVENSKÝ NÁZOV LATÍNSKY NÁZOV RELATÍVNIA ATÓMOVÁ HMOTNOSŤ ZNAČKA PRVKU PAULINGOVA ELEKTRONEGATIVITA	VODÍK HYDROGENIUM 1,008													
PERIÓDA	7	TÓRIUM THERIUM 232,038	PROTAKTÍNIUM PROTACKTINIUM (231,036)	URÁN URANIUM 238,029	NEPTÚNIUM NEPTUNIUM (237,048)	PLUTÓNIIUM PLUTONIUM (244,064)	AMERICIUM AMERICIUM (243,061)	CURIUM CURIUM (247,070)	BERKELIUM BERKELIUM (247,070)	KALIFÓRNIIUM CALIFORNIUM (251,080)	EINSTEINIUM EINSTEINIUM (252,083)	FERMIUM FERMIUM (257,095)	MENDELEVÍUM MENDELEVIUM (258,099)	NOBELIUM NOBELIUM (259,101)	LAWRENCIUM LAWRENTIUM (260,105)	Lu 3, 1,2	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,7	Np 1,3	Pu 1,3	Am 1,3	Cm 1,3	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 2,3	Fm 2,3	Md 2,3	No 2,3	Lr 2,1	
PERIÓDA	Q	Fr 4, 1,3	Th 4, 5,6	Pa 3, 4,5,6	U 3, 4,5,6,7	Np 3, 4,5,6,7	Pu 3, 4,5,6	Am 3, 4,5,6	Cm 3, 4,5,6	Bk 3, 4	Cf 2,3,4	Es 2,3	Fm 2,3	Md 2,3	No 2,3	Lr 2,1	Lu 3	Th 1,1	Pa 2,1	U 1,7	Np 1,3	Pu 1,3	Am 1,3	Cm 1,3	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 2,3	Fm 2,3	Md 2,3	No 2,3	Lr 2,1

Odporečené Ministerstvom školstva SR ako učebná pomôcka pod číslom 4087/95-155.

© TAOSI P.O.BOX 99, 080 01 PREŠOV

Rozpätie hustôt minerálov:

od 0.98 (ľad) po $22.59 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (čisté Osmium)

(príklad: olovo: $11.34 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, zlato: $19.32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)



Rozpätie hustôt hornín:

od $1.65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (hlina) po $3.35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (eklogit)

(granit: $2.65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, vápenec: $2.70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, fyllit: $2.75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

Priemerná hustota vrchnej časti zemskej kôry na základe gravimetrie je približne $2.67 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

magmatické horniny

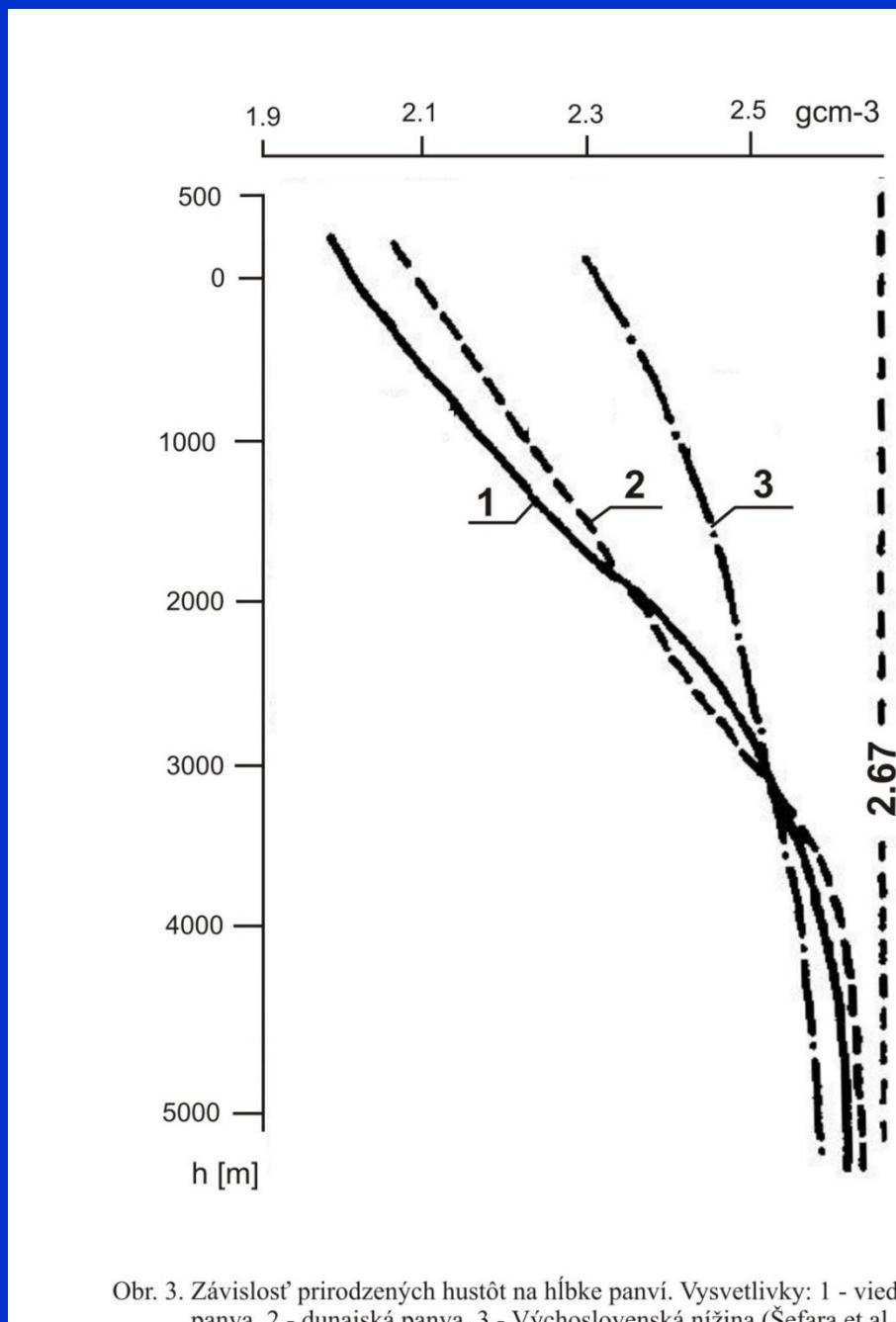
- nárast hustoty s bázicitou,
okrem toho efuzívne sú
vždy ľahšie ako plutonické

metamorfované horniny

- závisí od typu metamorfózy

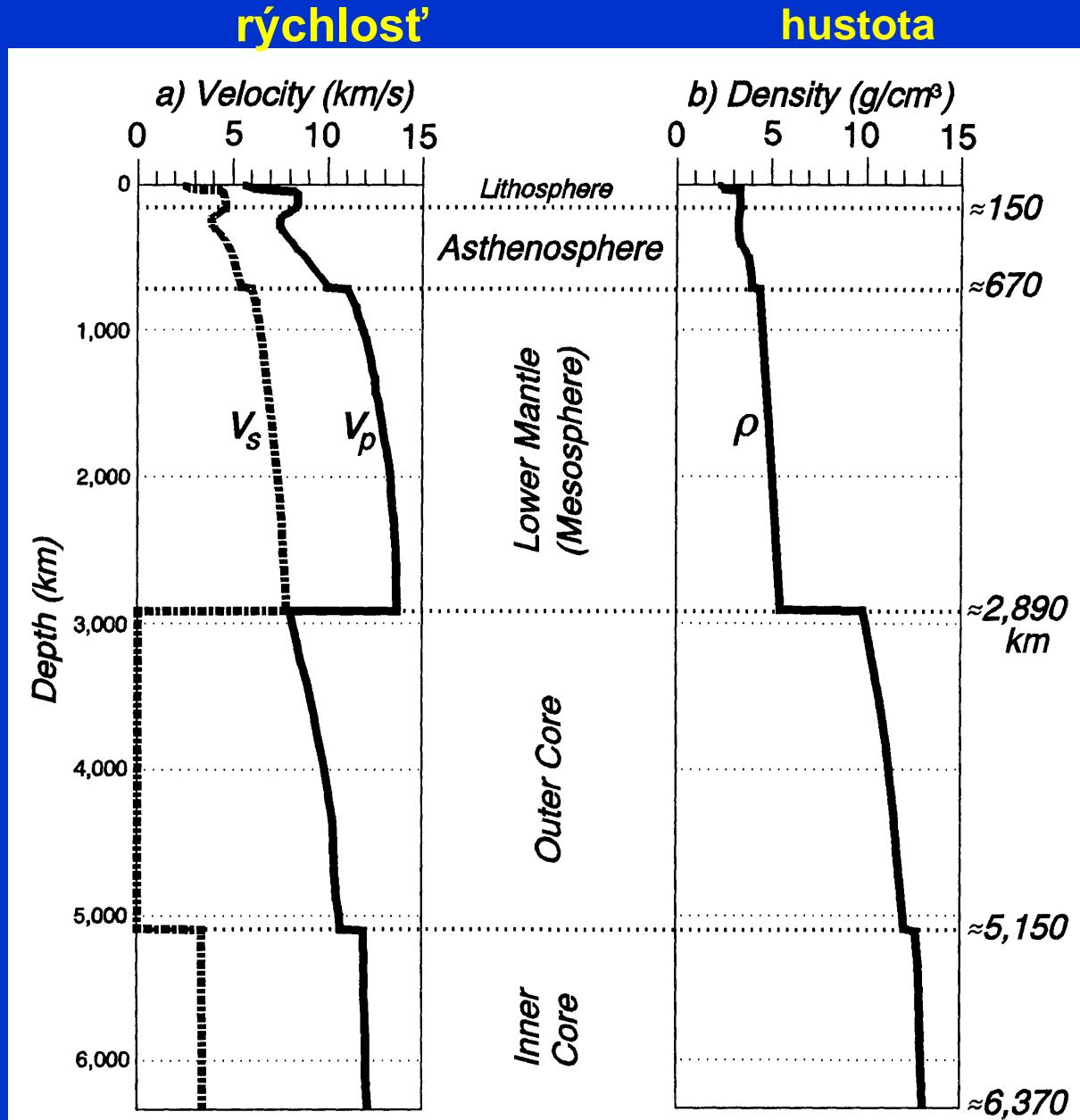
sedimentárne horniny

- dôležitý je nárast hustoty
s hĺbkou + kompakcia
horniny (súvisí s vekom)



Obr. 3. Závislosť prirodzených hustôt na hĺbke panví. Vysvetlivky: 1 - viedenská panva, 2 - dunajská panva, 3 - Východoslovenská nížina (Šefara et al., 1987).

nepriame metódy určovania hustôt – zo seismológie

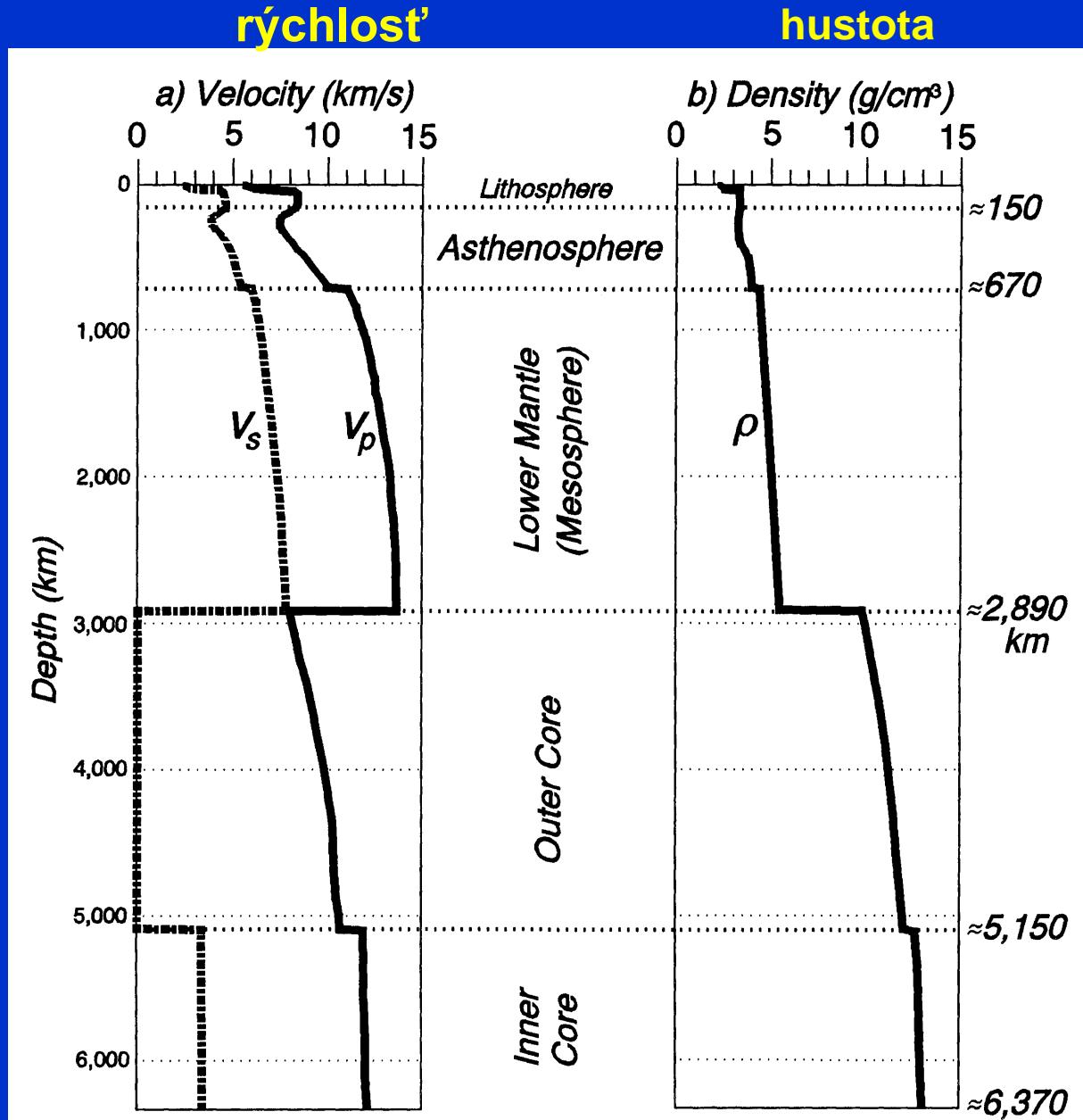


kvízové otázky:

Ako sa volá diskontinuita medzi plášťom a vonkajším jadrom?

A medzi vnútorným a vonkajším jadrom?

nepriame metódy určovania hustôt – zo seismológie



Ako sa volá diskontinuita medzi plášťom a vonkajším jadrom?
Gutenberg-Wiechert

A medzi vnútorným a vonkajším jadrom?
Lehmann-Bullen

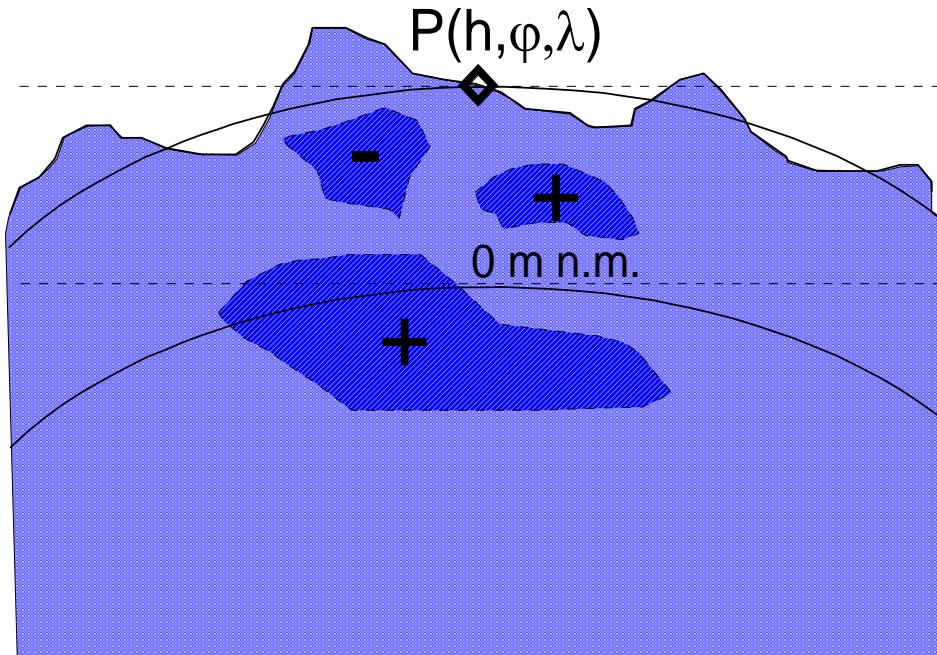
základy gravimetrie – spracovanie údajov

*v aplikovanej gravimetrii (na geologické účely)
sa však nevyhodnocuje priamo zrýchlenie g ,
ale sa počítajú tzv.*

**ÚPLNÉ
BOUGUEROVE
ANOMÁLIE (ÚBA)**

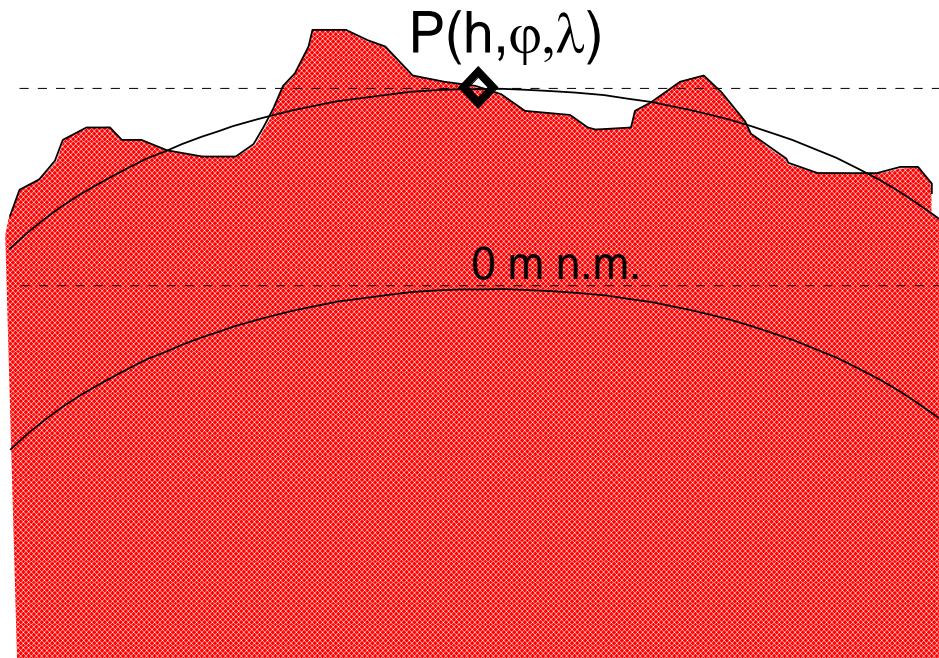
spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

od tiažového účinku celej (reálnej) Zeme...



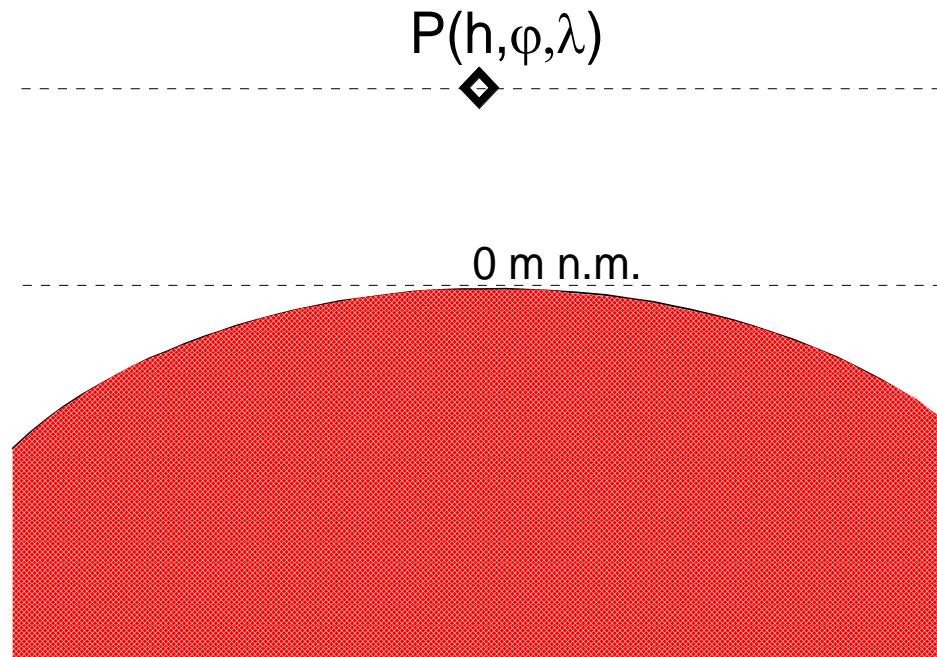
spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

... sa odpočíta tiažový účinok teoretickej Zeme...



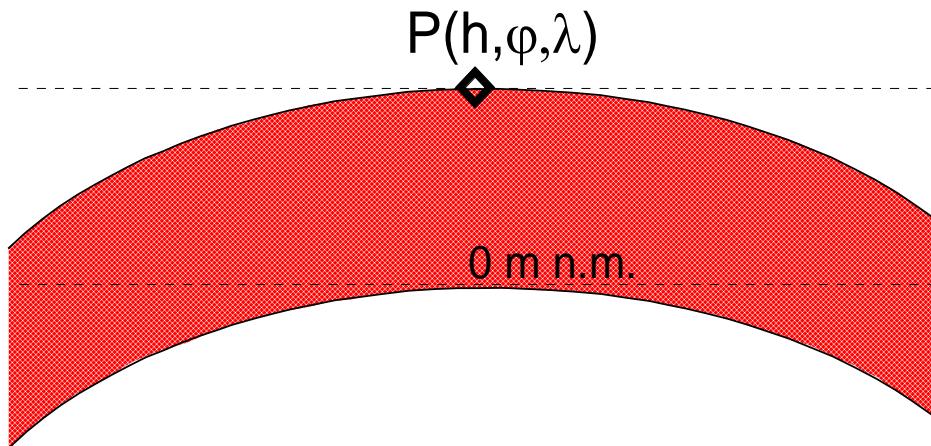
spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

*účinok teoretickej Zeme sa skladá z účinku
referenčného elipsoidu a ...*



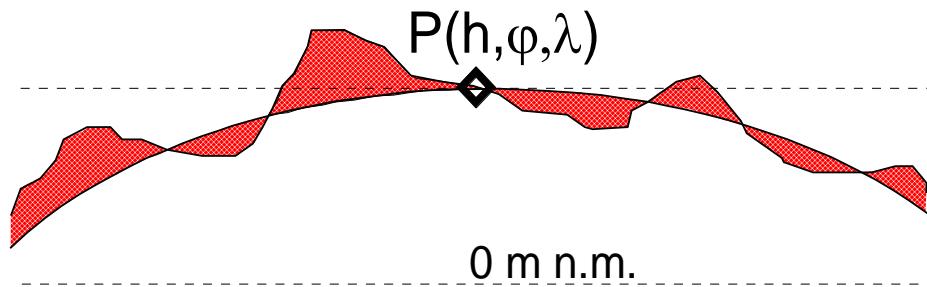
spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

účinok teoretickej Zeme sa skladá z účinku referenčného elipsoidu a sférickej dosky...



spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

účinok teoretickej Zeme sa skladá z účinku referen. elipsoidu a sférickej dosky a topografie



spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

$$\Delta g_B = UBA = g - g_n + 0.3086h - 0.0419hp - B + T$$

g – meraná tiaž (opravená o chod a prepočítaná na absolútne hodnotu)

g_n – normálne pole (účinok elipsoidu)

h – nadmorská výška bodu merania

ρ – tzv. korekčná (redukčná) hustota (často 2.67 g.cm^{-3})

$0.3086h$ – korekcia “vo voľnom vzduchu” (tzv. Fayeova)

$0.0419hp$ – Bouguerova korekcia (účinok rovinnej dosky)

B – Bullardov člen („ohýba“ rovinnú dosku)

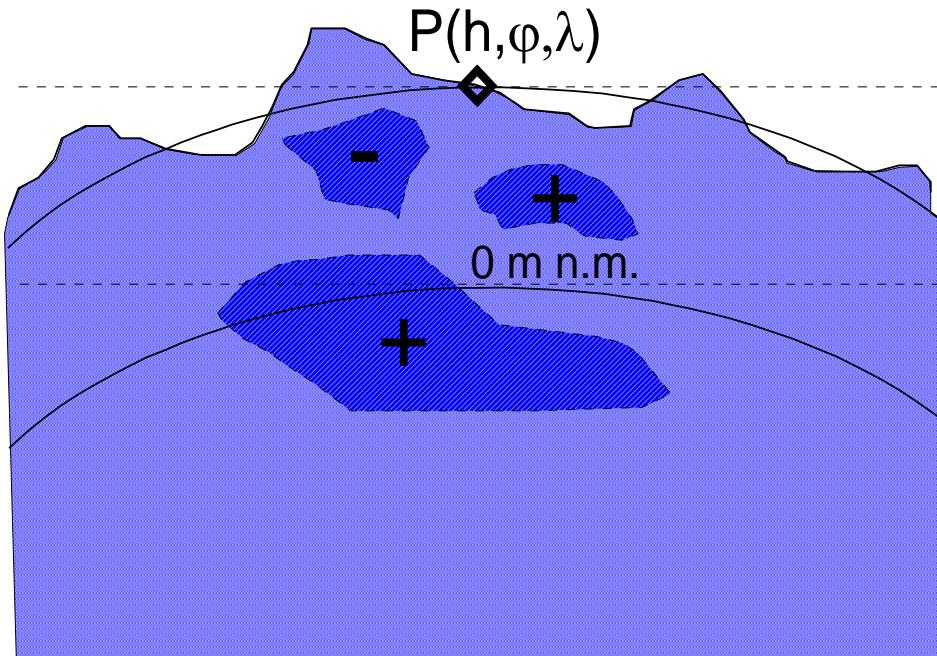
T – terénne korekcie (do vzdialenosťi 166.7 km od bodu)

spracovanie v gravimetrii (tvorba ÚBA)

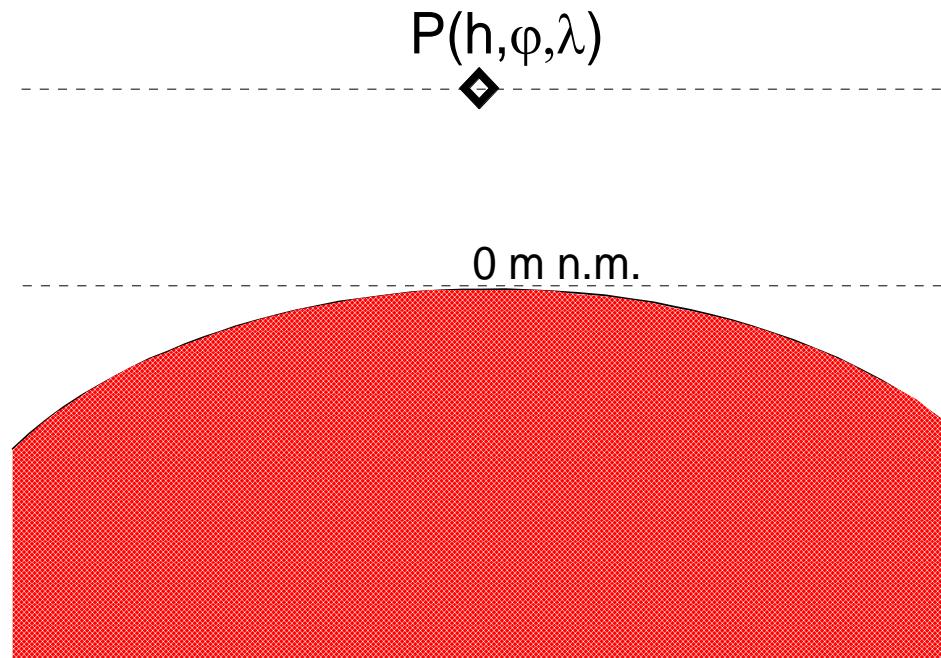
anomália **NUBA = $g - g_n + 0.3086h - 0.0419h\rho$**
sa nazýva ako tzv. neúplná Bouguerova anomália

anomália **$\Delta g_{Fay} = g - g_n + 0.3086h$**
sa nazýva ako tzv. Fayeova (odstránený vplyv výšok)

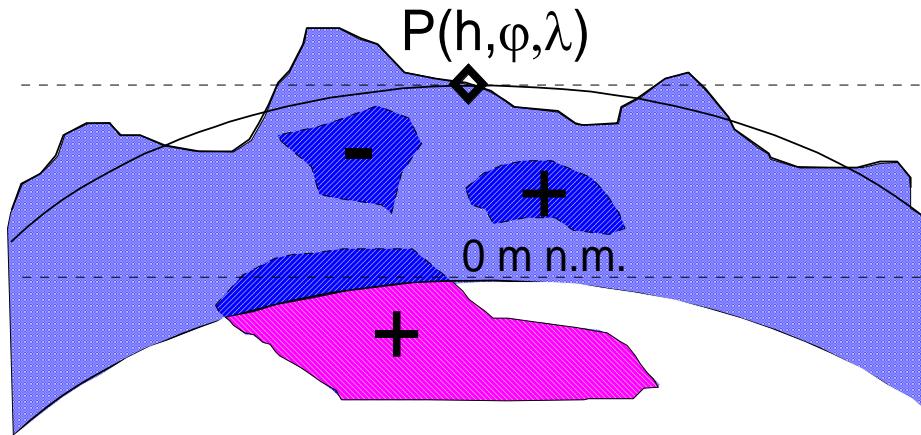
prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



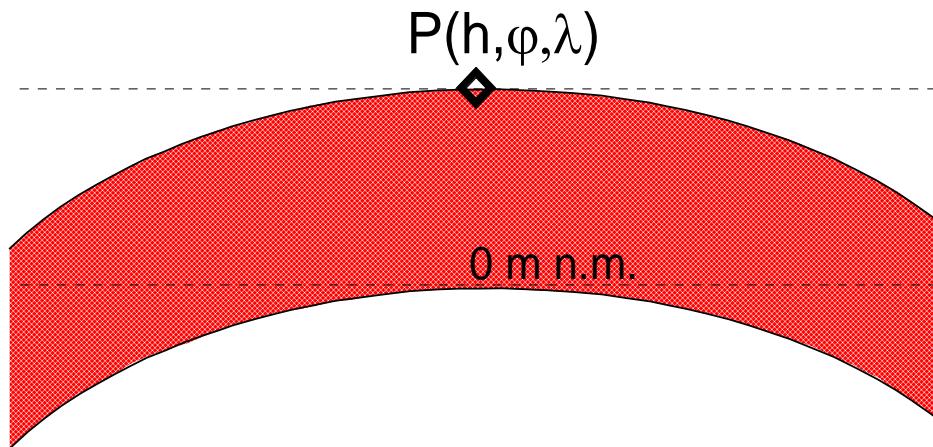
prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



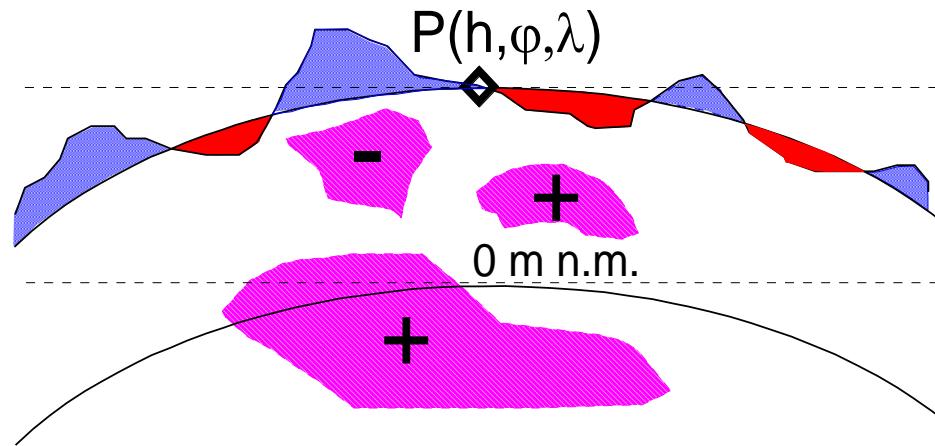
prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



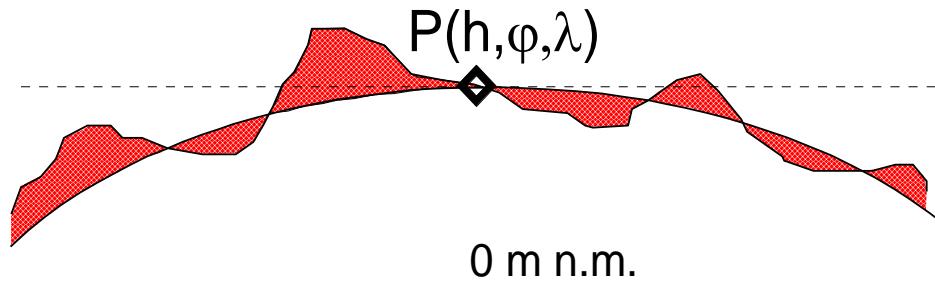
prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



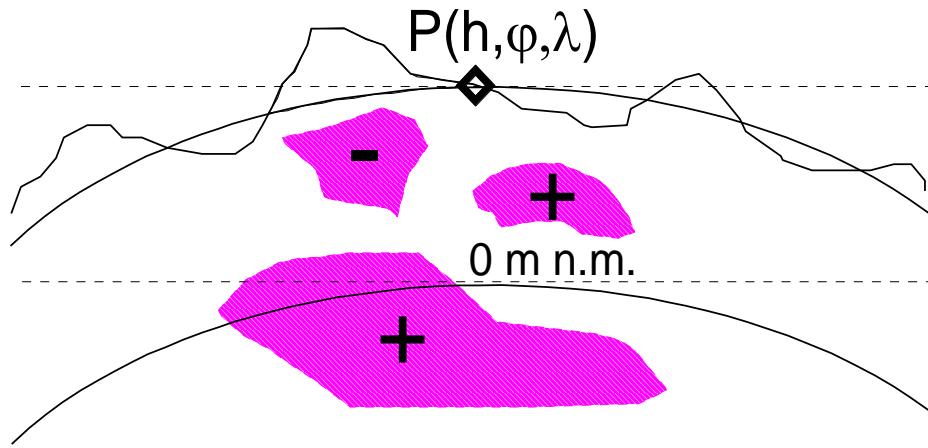
prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



prejav hustotných nehomogenít v poli ÚBA



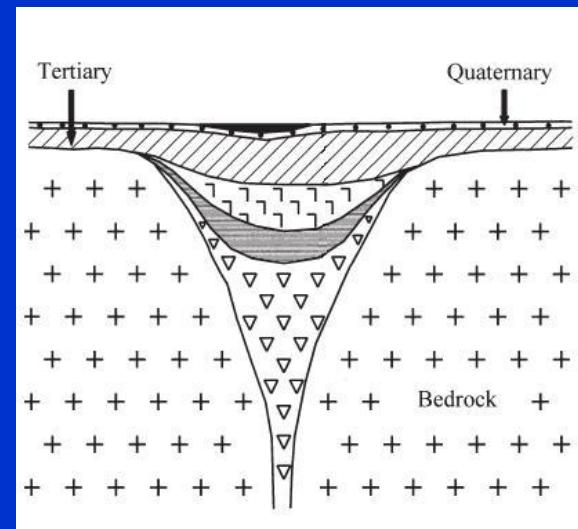
*výsledkom je prejav anomálnych
hustotných nehomogenít
v zemskej kôre (až vo vrchnom plášti)*

Praktické ukážky (výhod) výpočtu ÚBA:

- vymapovanie priebehu kanalizačného zberača, Bratislava, Gagarinova ul.
- vymapovanie rozsahu maarového telesa, Pinciná, Lučenec



súčasný maar, Nemecko

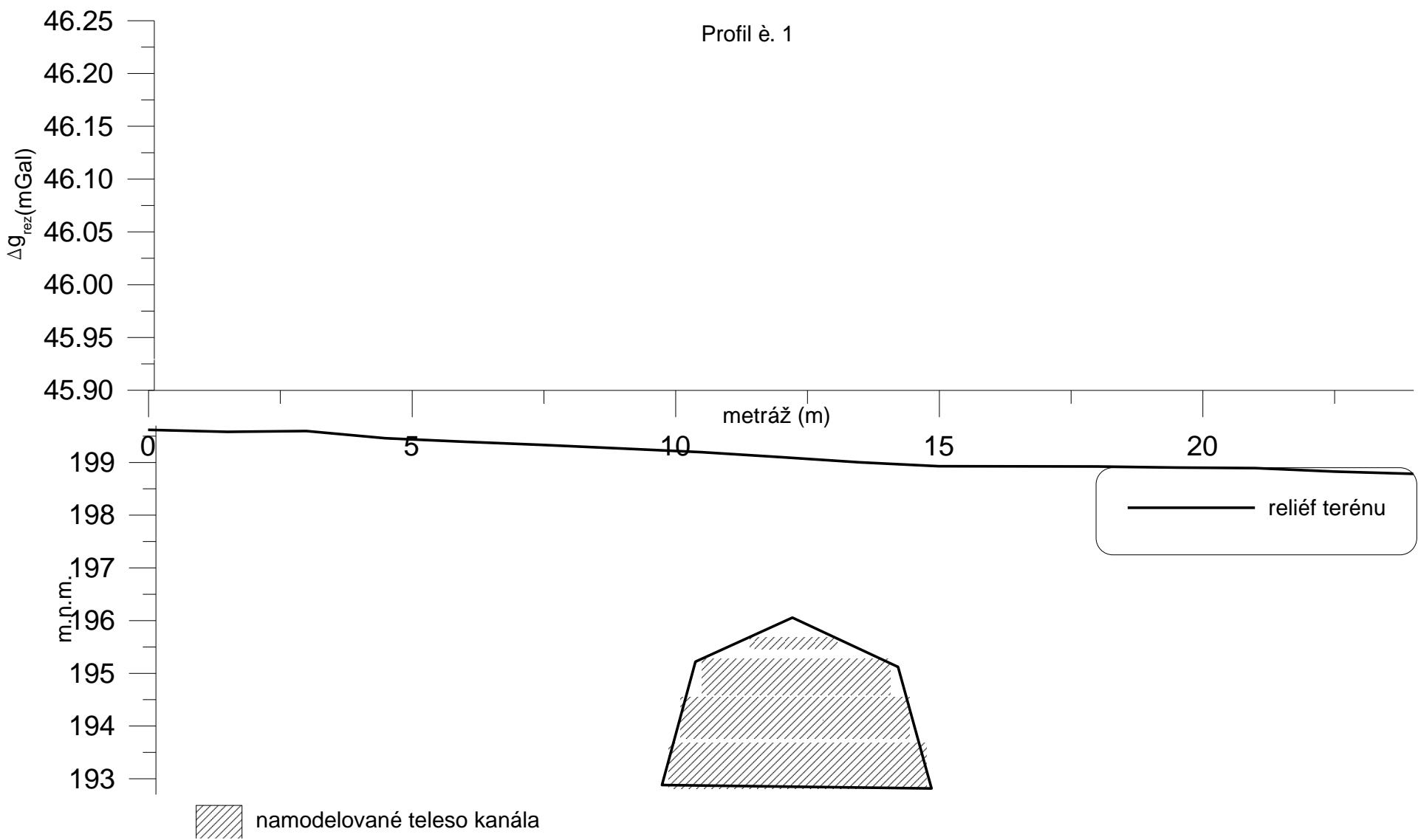


výplň maarového telesa

kanalizačný zberač, Gagarinova ul., BA

Gagarinova ulica
Modelovanie tiažového účinku kanalizačného zberača

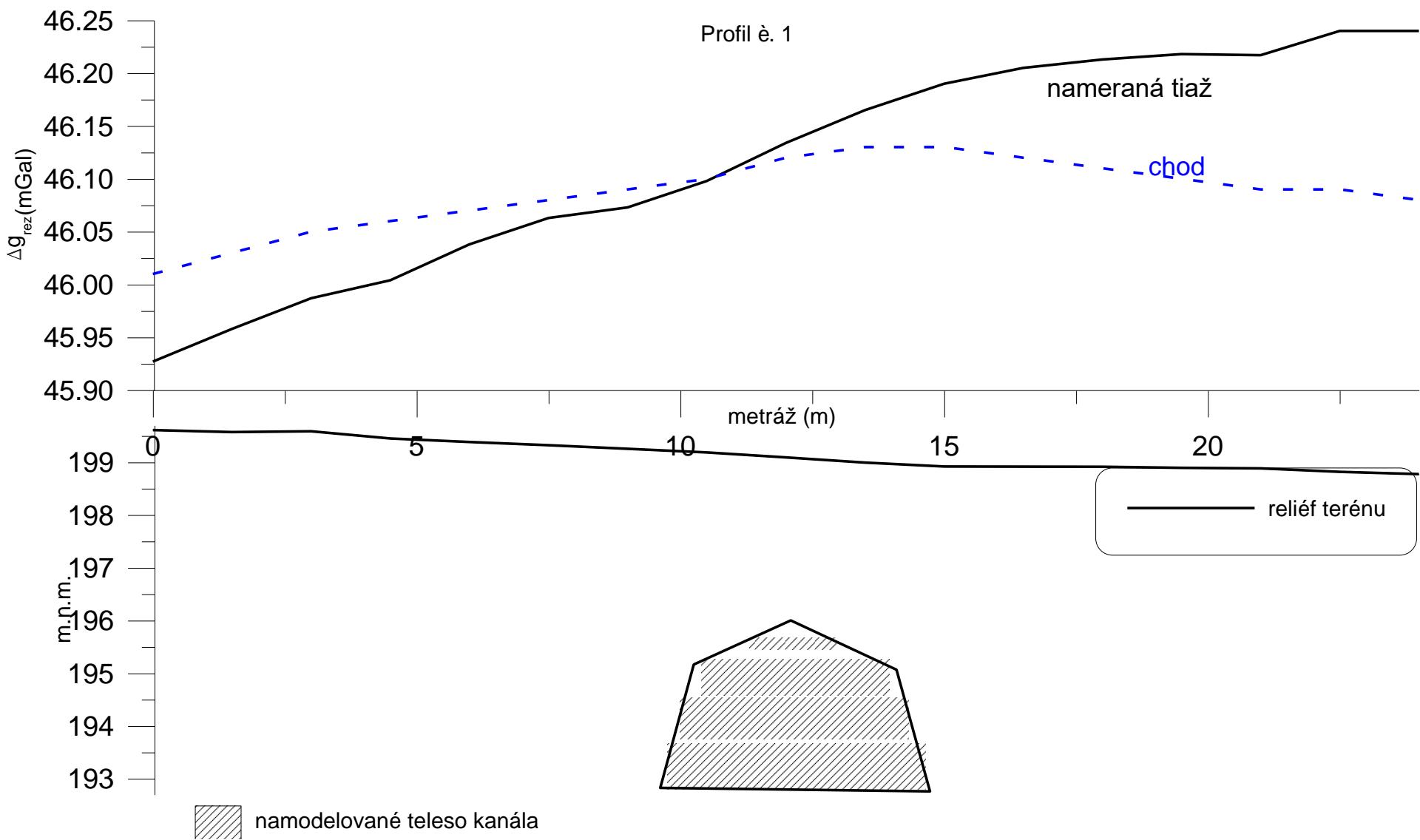
M 1:100



kanalizačný zberač, Gagarinova ul., BA

Gagarinova ulica
Modelovanie tiažového účinku kanalizačného zberača

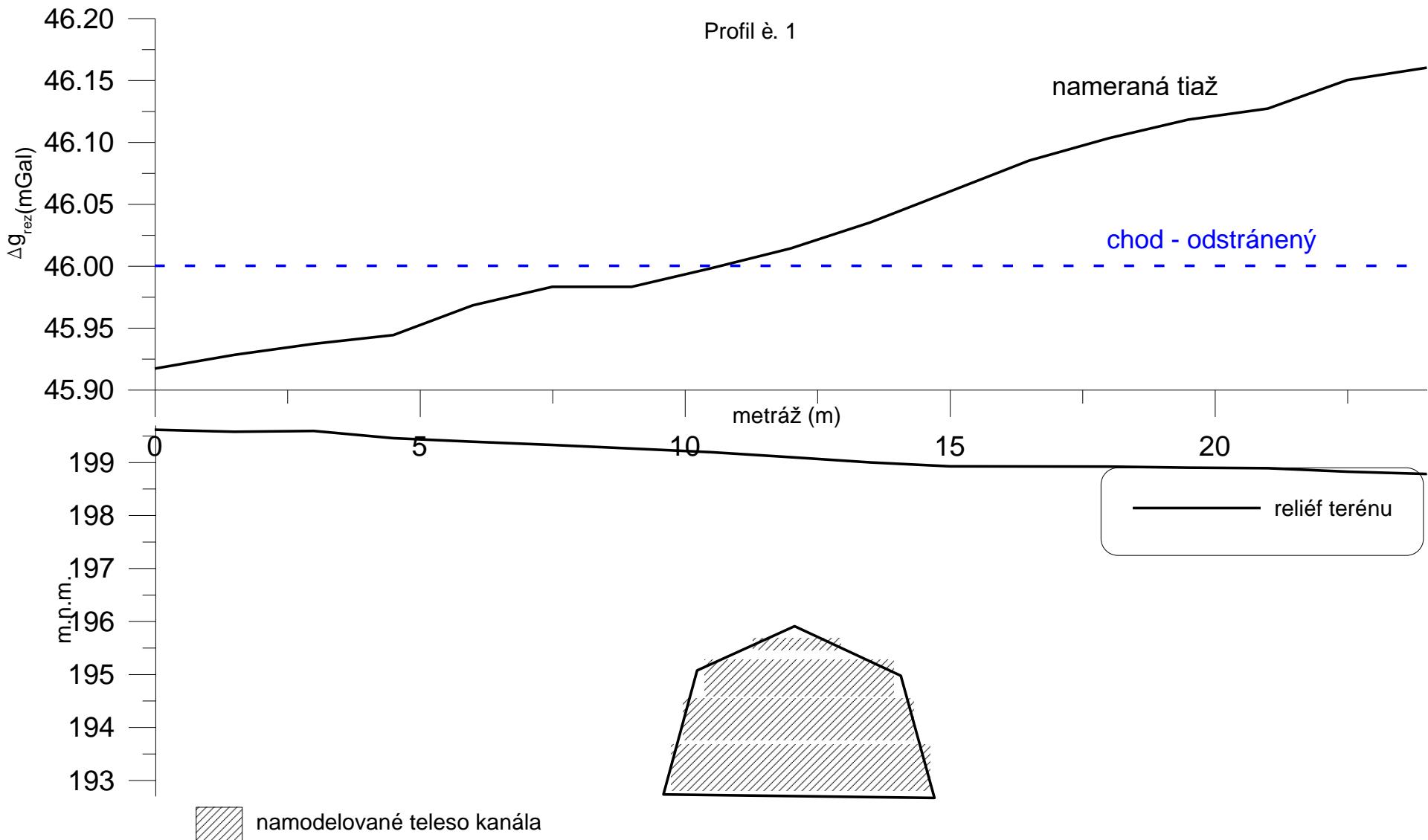
M 1:100



kanalizačný zberač, Gagarinova ul., BA

Gagarinova ulica
Modelovanie tiažového účinku kanalizačného zberače

M 1:100

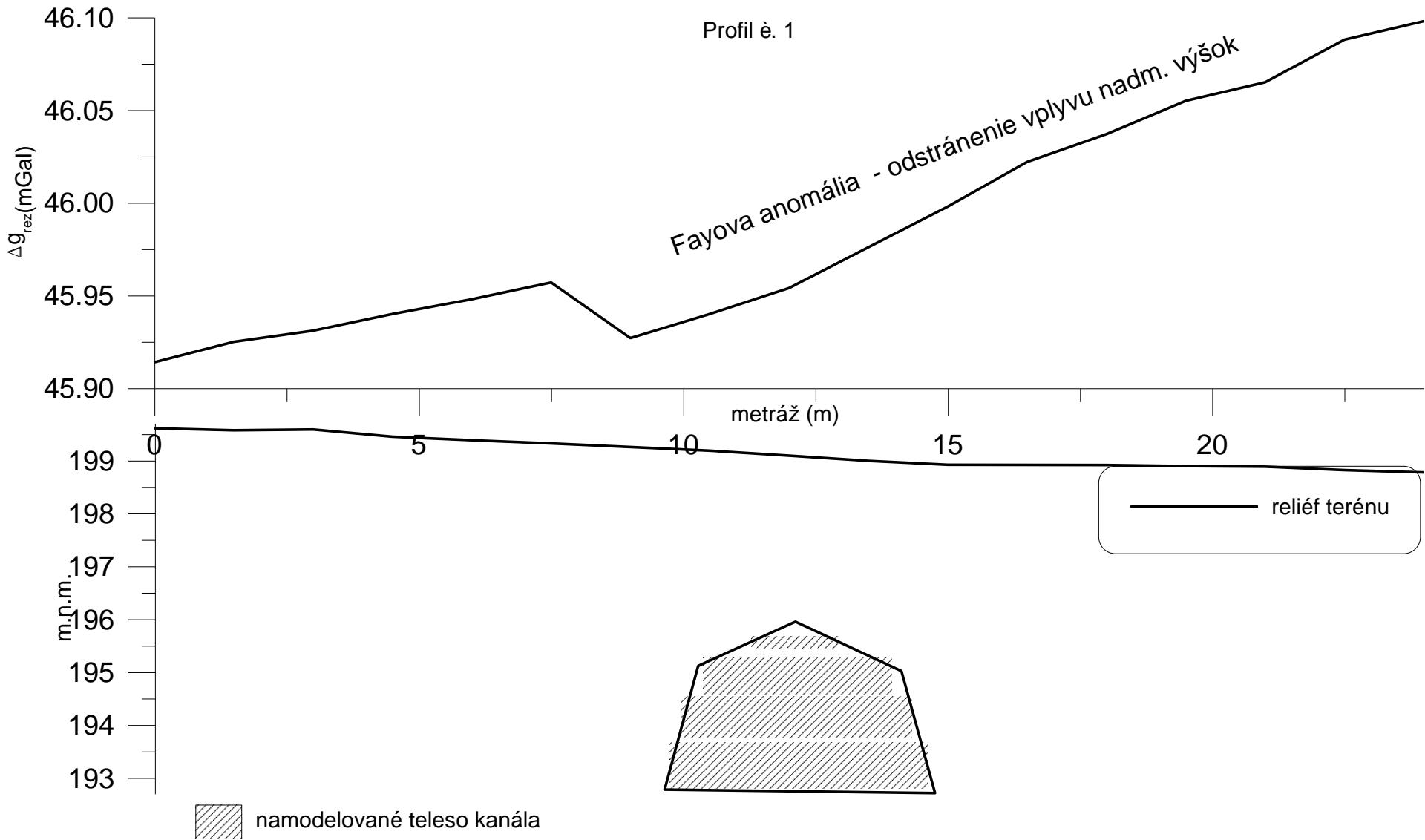


kanalizačný zberač, Gagarinova ul., BA

Gagarinova ulica
Modelovanie tiažového účinku kanalizačného zberača

M 1:100

Profil è. 1



kanalizačný zberač, Gagarinova ul., BA

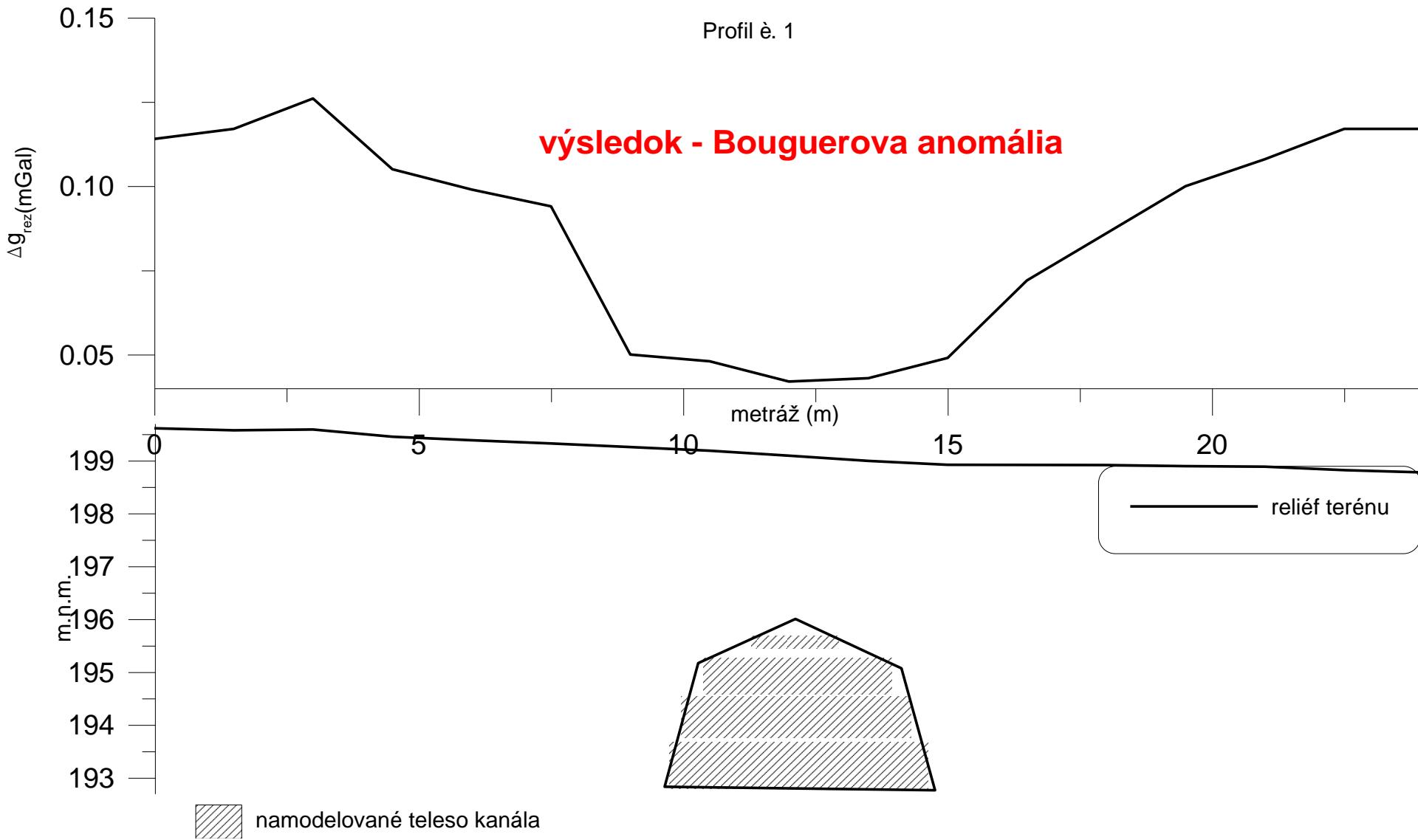
Gagarinova ulica

Modelovanie tiažového účinku kanalizačného zberače

M 1:100

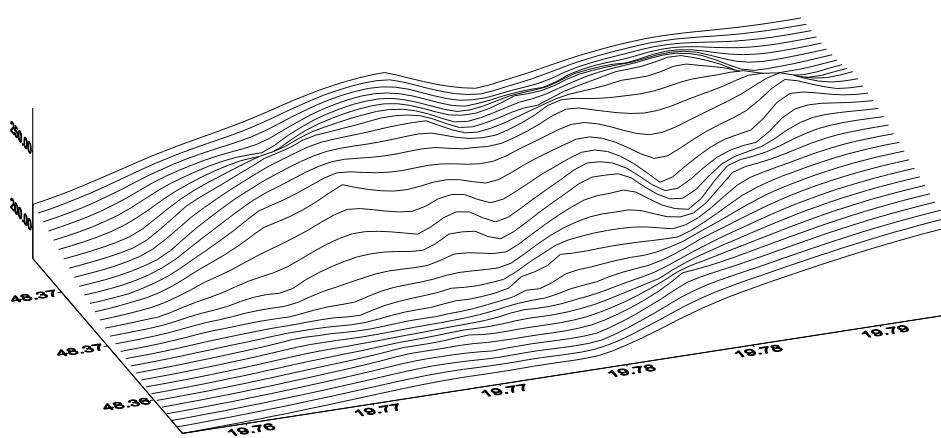
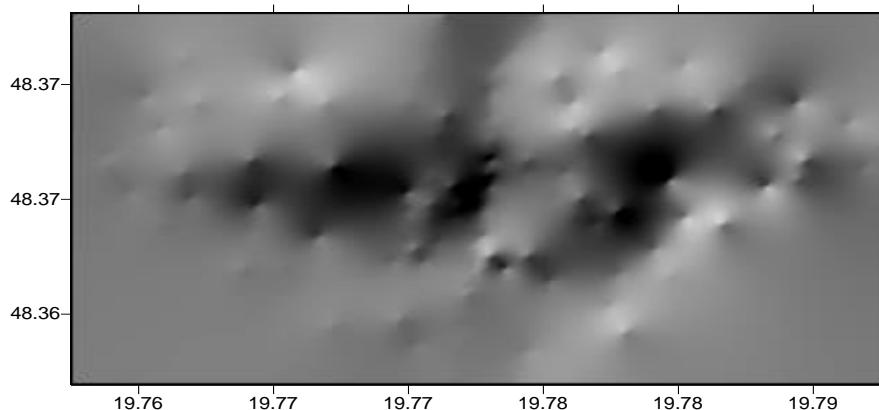
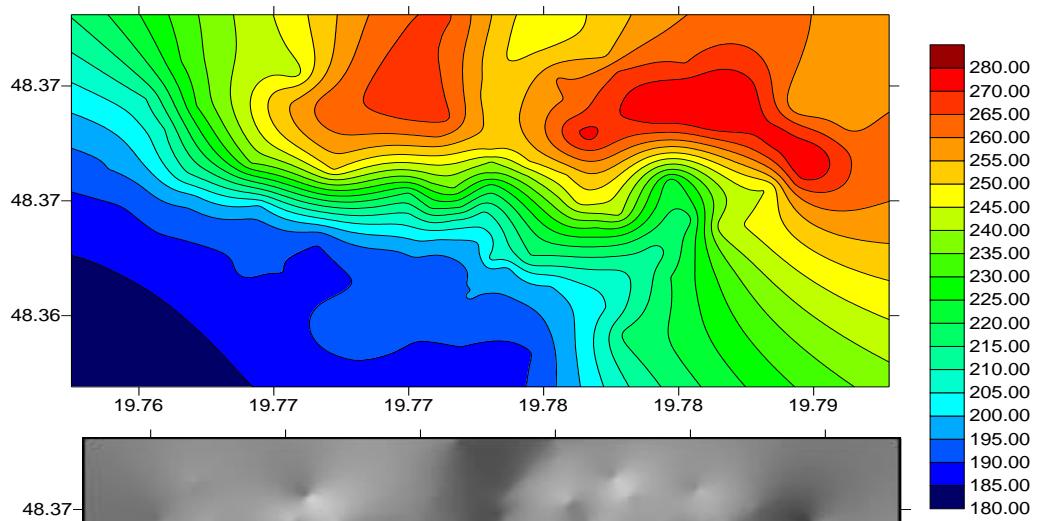
Profil č. 1

výsledok - Bouguerova anomália



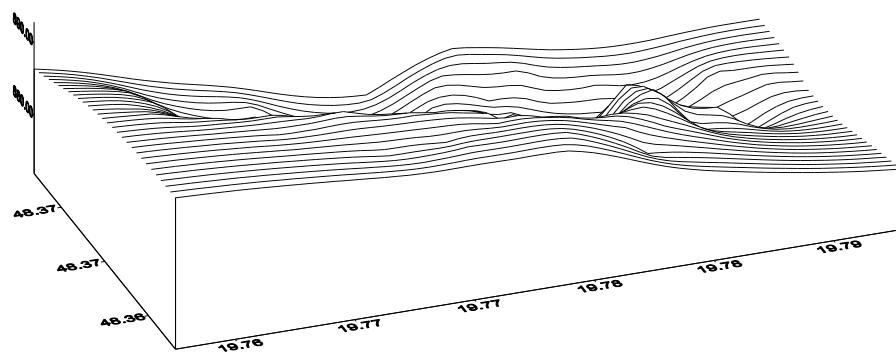
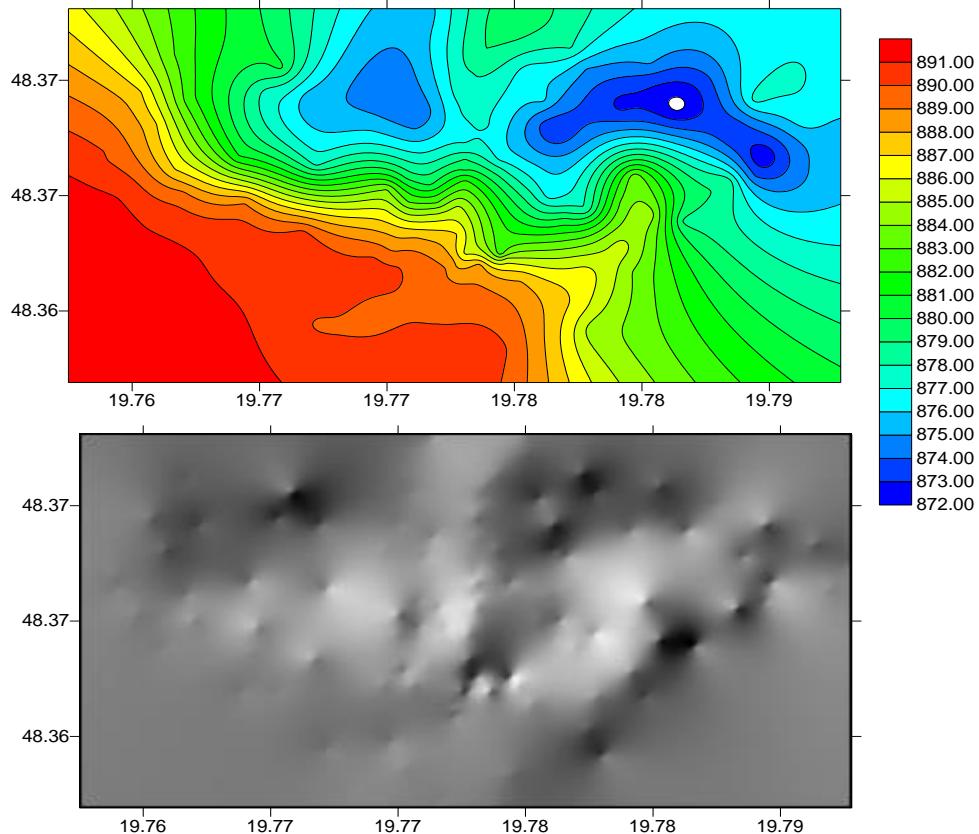
maarová štruktúra, Pinciná pri Lučenci

nadmorské
výšky



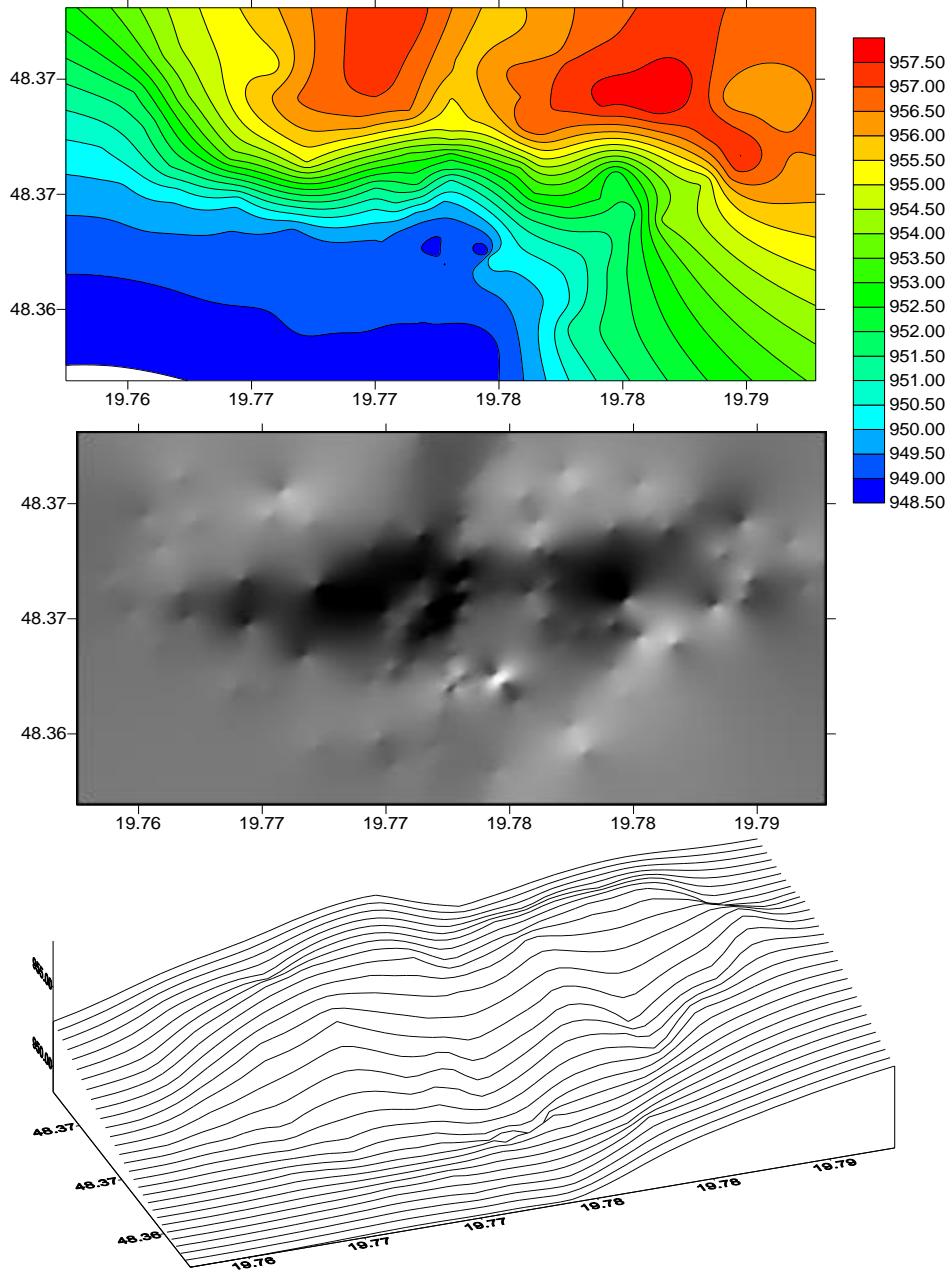
maarová štruktúra, Pinciná pri Lučenci

merané
tiažové
zrýchlenie g



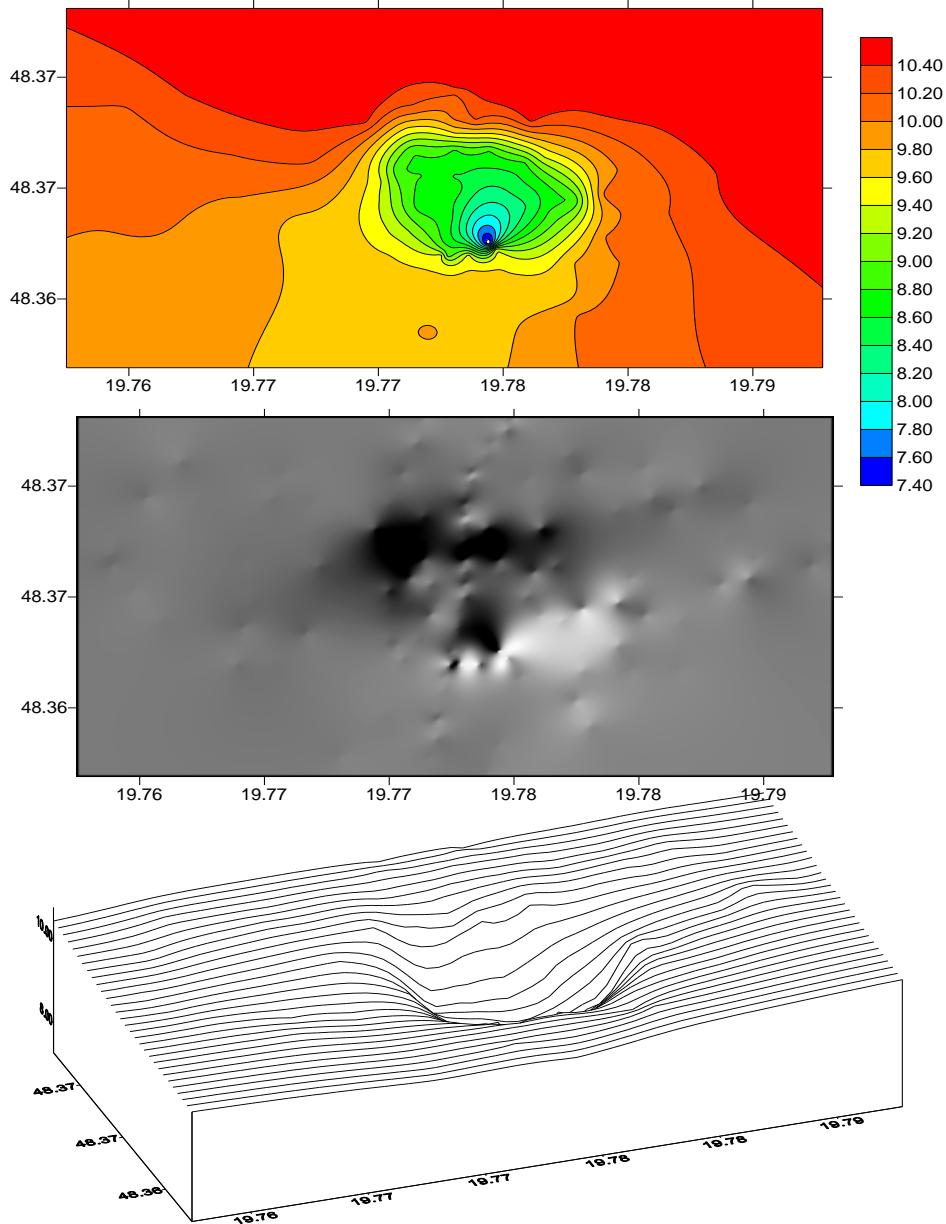
maarová štruktúra, Pinciná pri Lučenci

tzv. Fayeove
anomálie
(odstránený
hlavný vplyv
výšok)

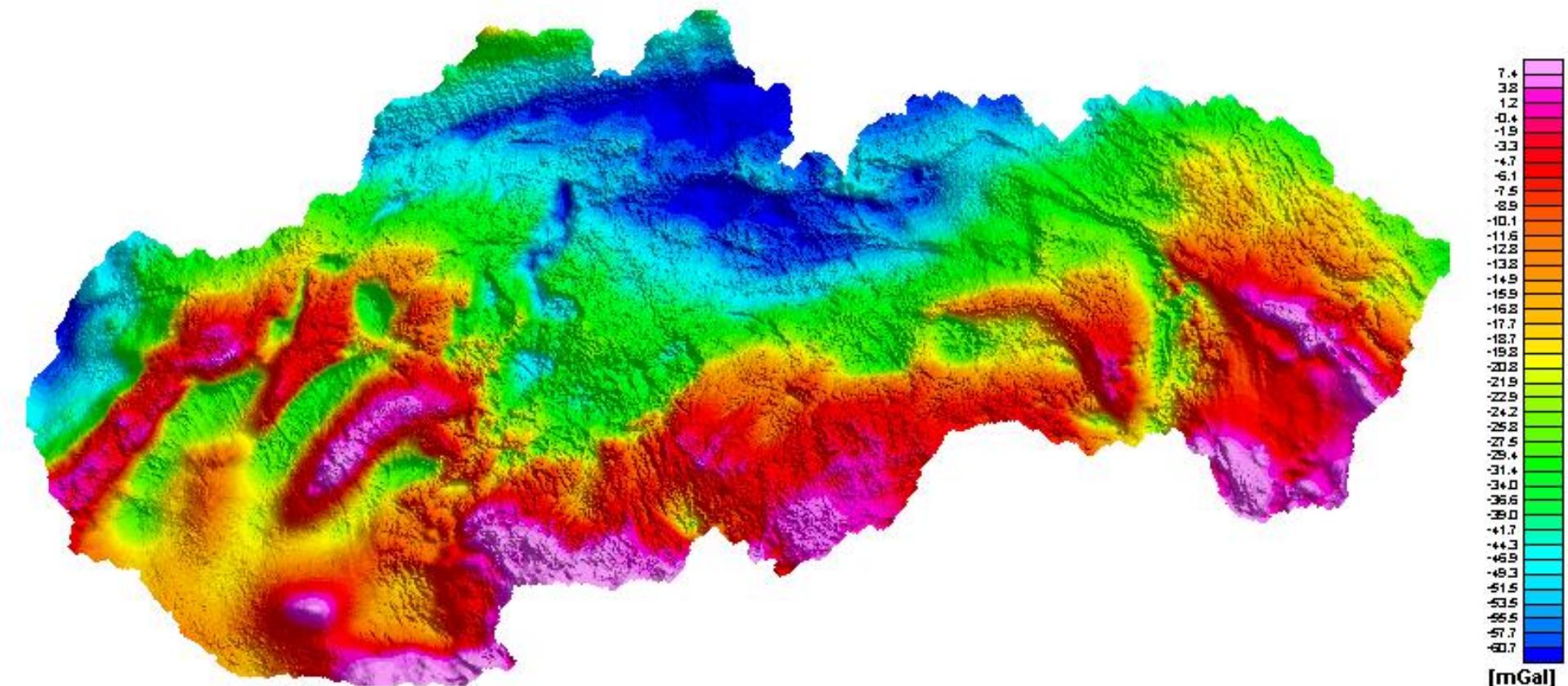


maarová štruktúra, Pinciná pri Lučenci

**Úplné
Bouguerove
Anomálie
(odstránené
všetky
negeologické
vplyvy)**



mapa ÚBA - SR



interpretácia v gravimetrii

INTERPRETÁCIA –

kvalitatívna/kvantitatívna

kvalitatívna – opisuje kvalitatívne pole ÚBA (znížené hodnoty = znížené hustoty objektov alebo vplyv geometrie telies, zvýšené... naopak)

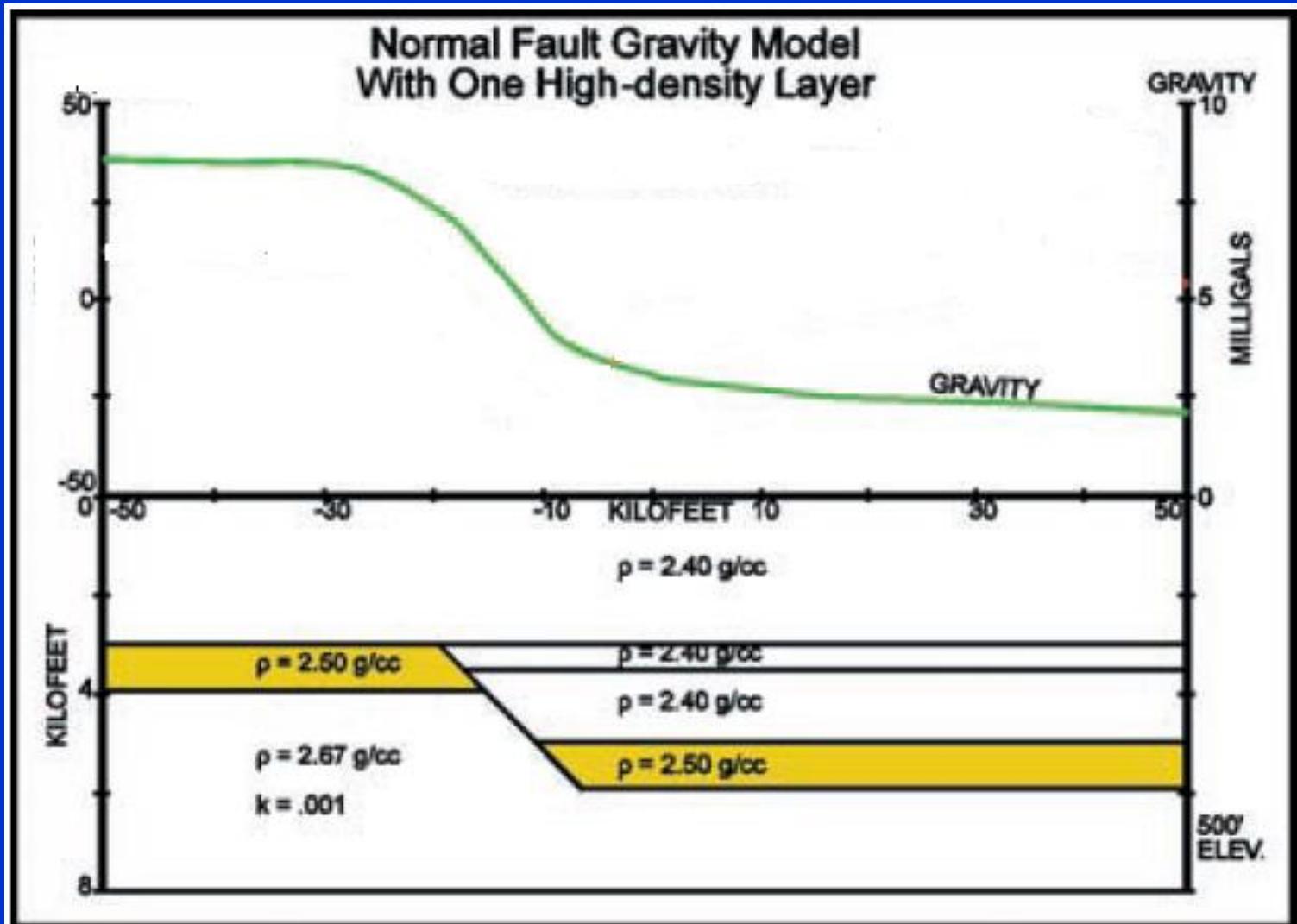
kvantitatívna – určuje hĺbkové, rozmenrové, tvarové a hustotné parametre študovaných geologických objektov

dôležité pojmy:

- a) ***priama úloha*** – pri zadaných parametroch telies vypočítať ich gravitačný účinok (tzv. modelovanie)
- b) ***obrátená úloha*** – opačná úloha (náročnejšia)

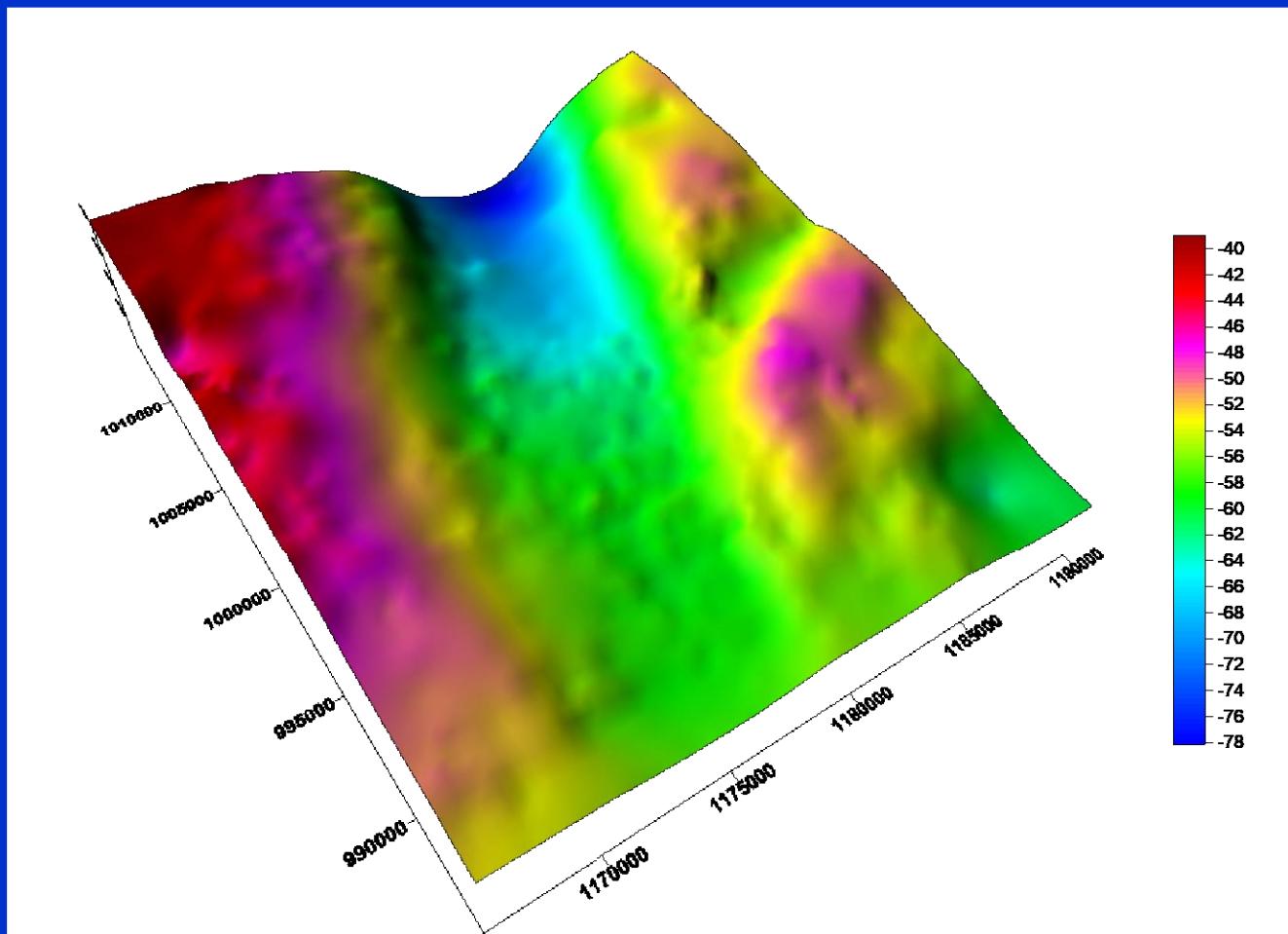
INTERPRETÁCIA – kvalitatívna

priebeh gravitačného účinku (ÚBA)
nad zlomom (poklesom)



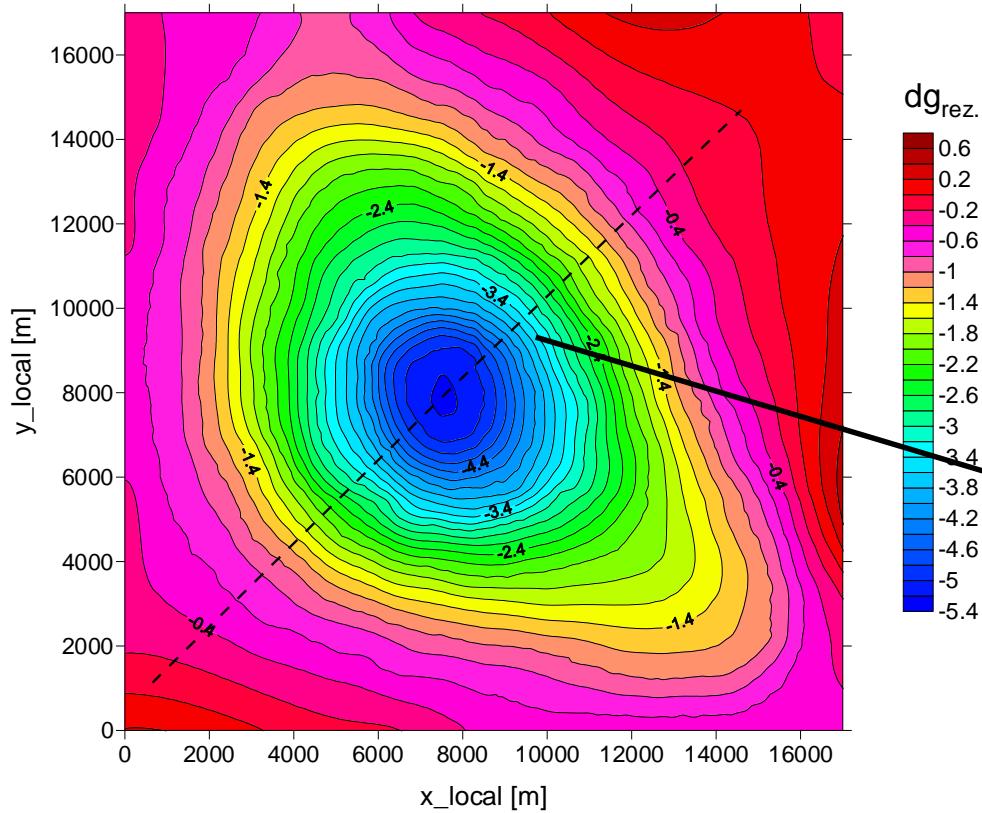
INTERPRETÁCIA – kvalitatívna

príklad: úplné Bouguerove anomálie z oblasti Mŕtveho mora (sedimenty mora sú ľahšie ako okolie)

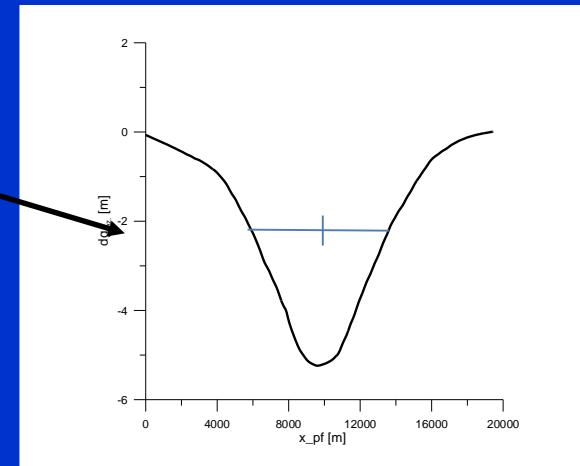


INTERPRETÁCIA – kvantitatívna tzv. metóda polovičnej šírky

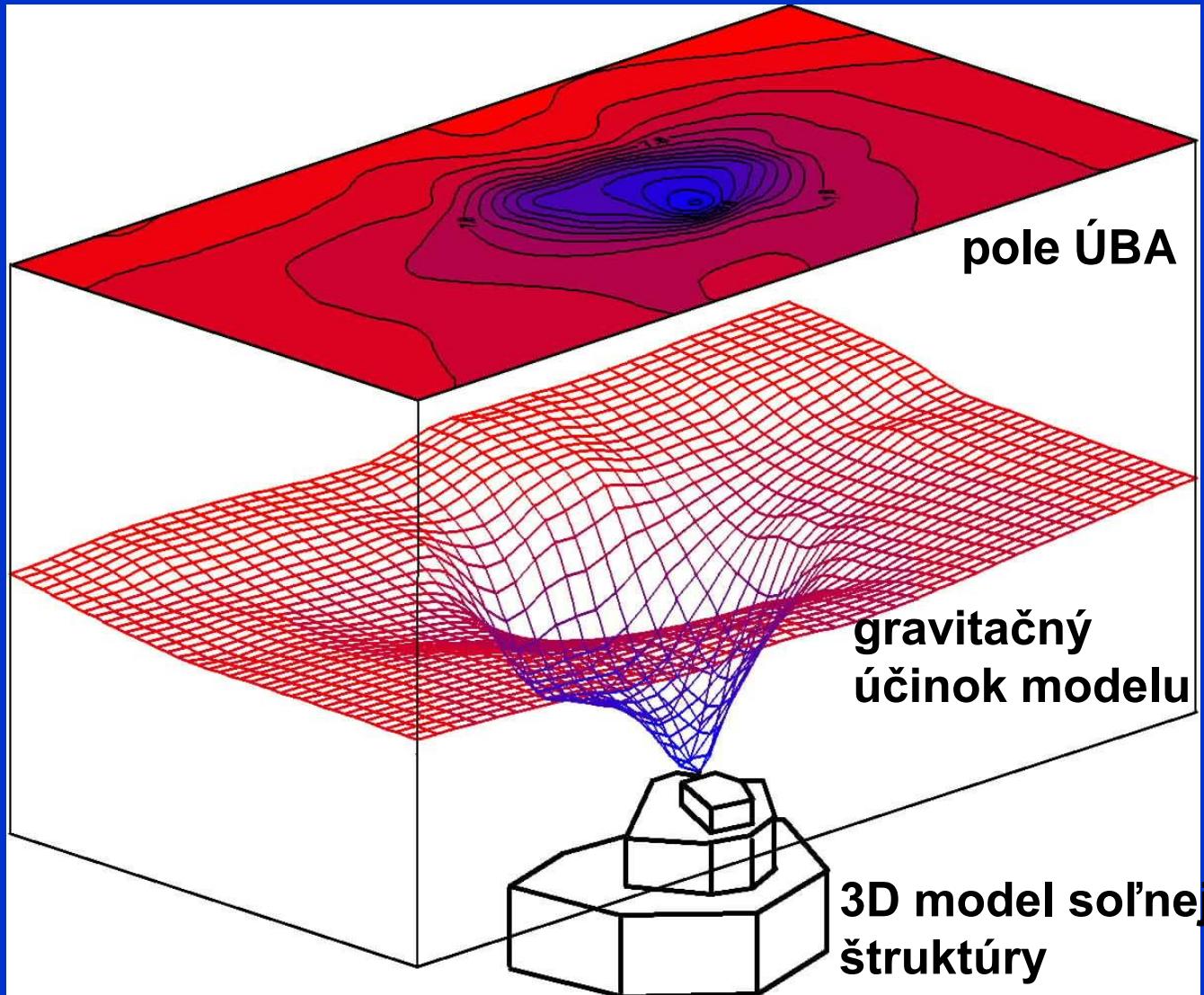
jednoduchý príklad – Bouguerova anomália prejavu soľného diapíru, lokalita Louisiana príbrežná oblast' (Nettleton, 1976)



**z polovičnej šírky
„odpichnutej“ anomálie
je možné odhadnúť
vrchný okraj soľného
diapíru**



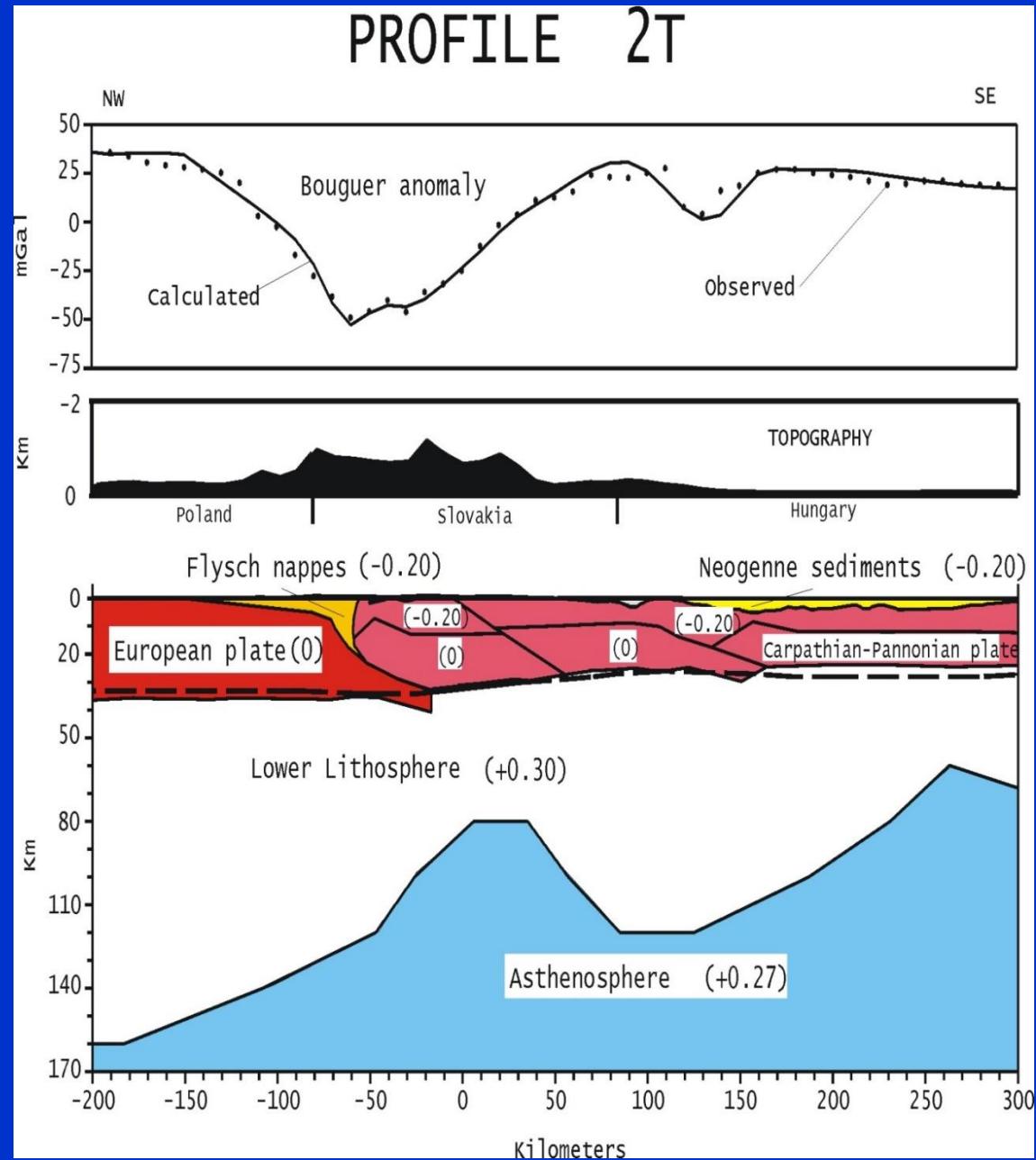
INTERPRETÁCIA – kvantitatívna tzv. hustotné modelovanie



INTERPRETÁCIA – hust. modelovanie

výsledok
hustotného
modelovania –
profil z Európskej
platformy
cez Západné
Karpaty do
Panónskej oblasti,

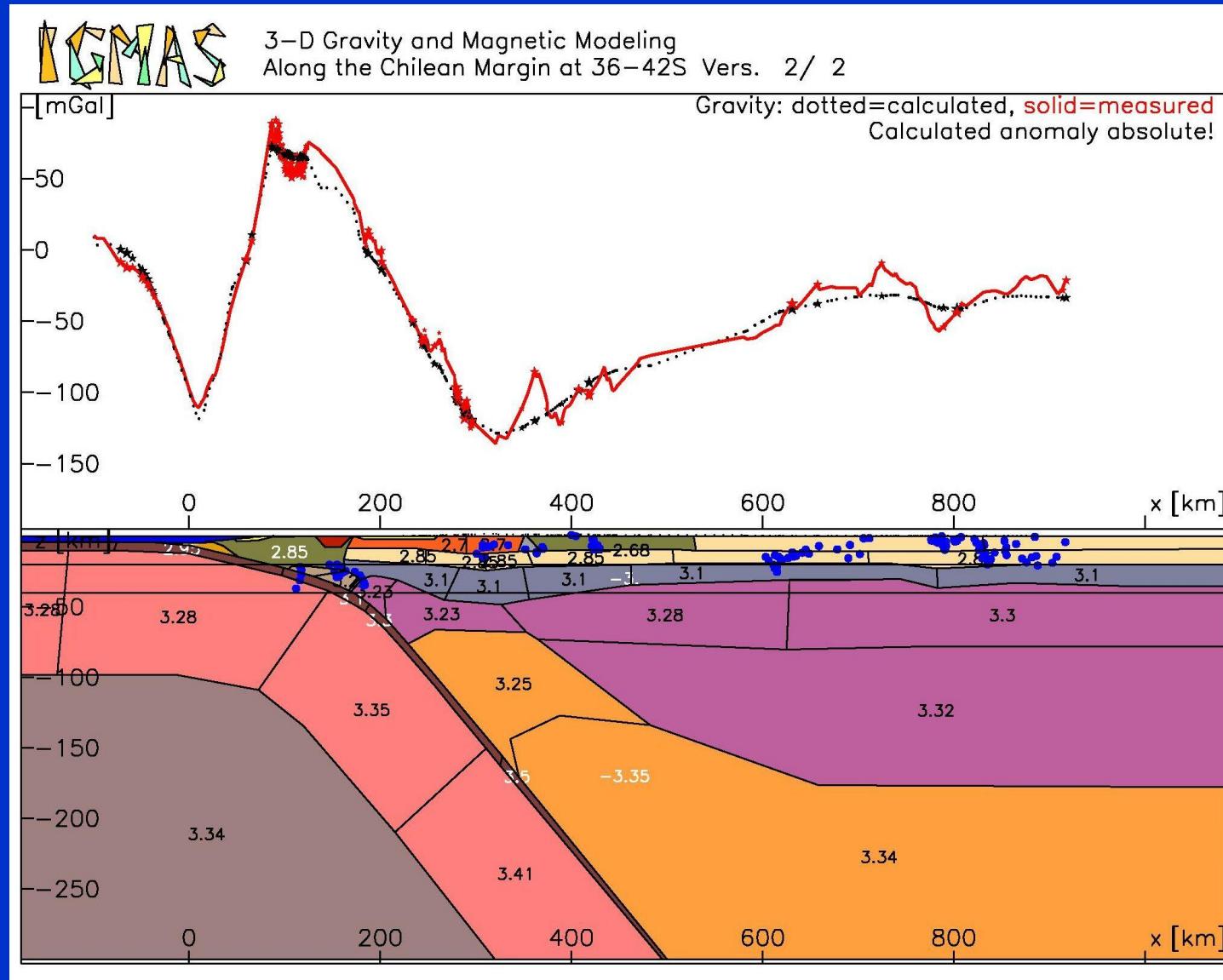
model siahá
až do hĺbky 170 km



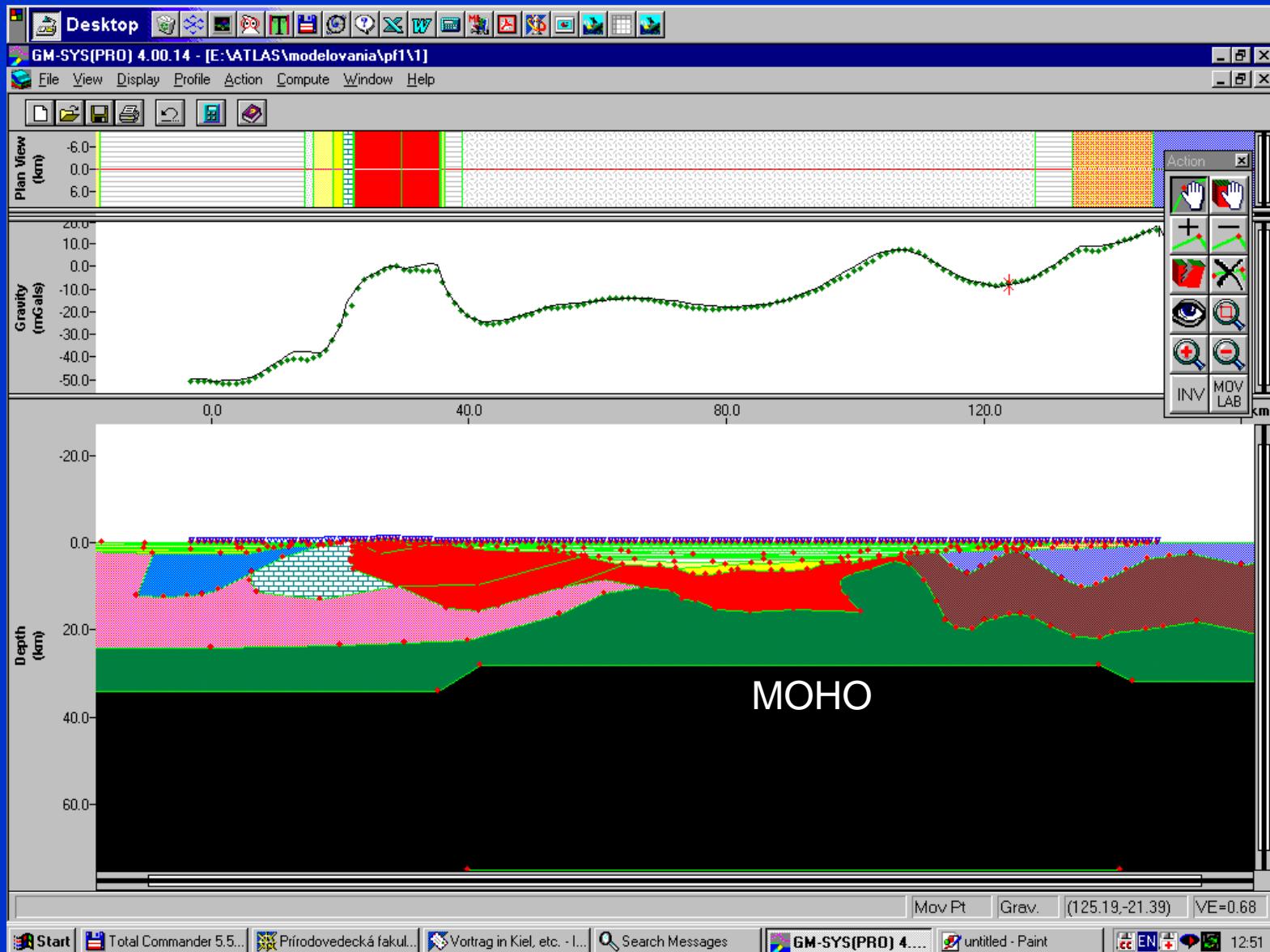
využitie gravimetrie

- v regionálnej a štruktúrnej geológii
- v ložiskovom a ropnom prieskume
- detekcia dutín
**(inžiniersky, environmentálny prieskum,
archeológia, ...)**
- atď. (hustotné nehomogenity)

výsledok hustotného modelovania – profil zo subdukcie oceánickej platne Nasca pod juhoamerický kontinent (model siahá až do 250 km)

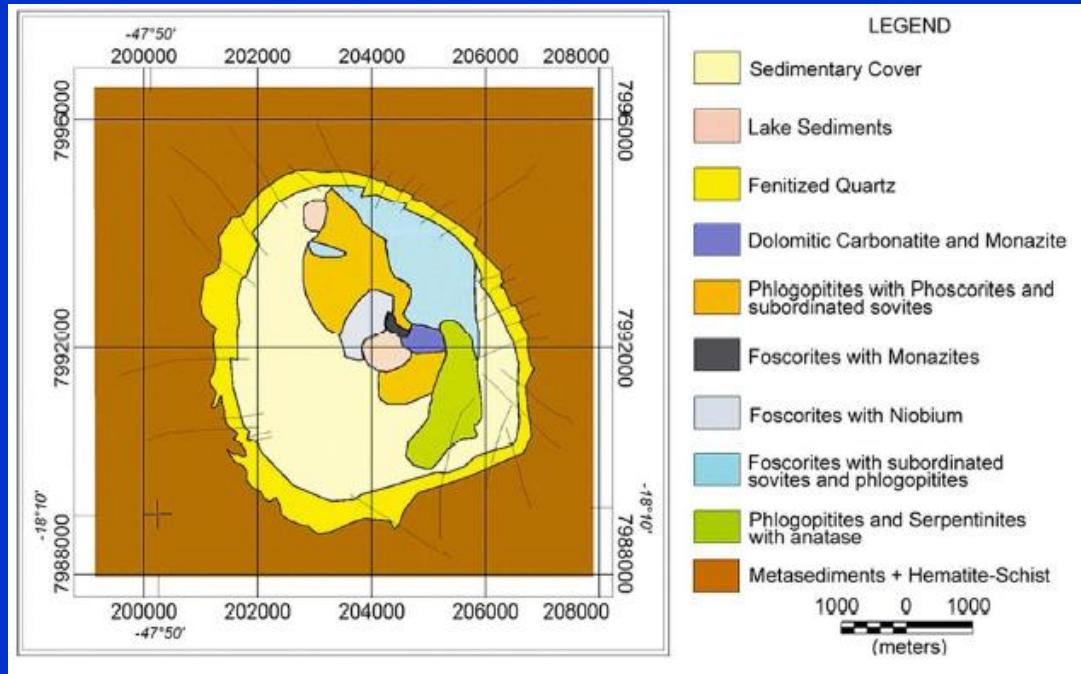


výsledok hustotného modelovania – profil cez Malé Karpaty a Dunajskú panvu, SR (model siahá do 70 km)

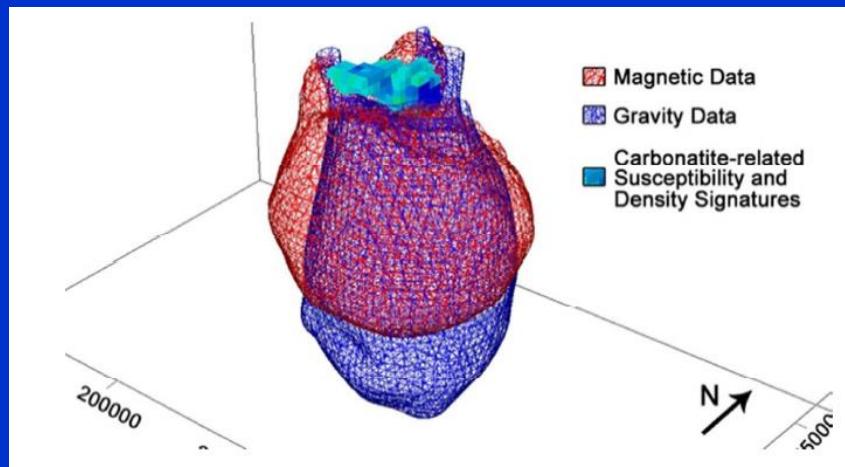
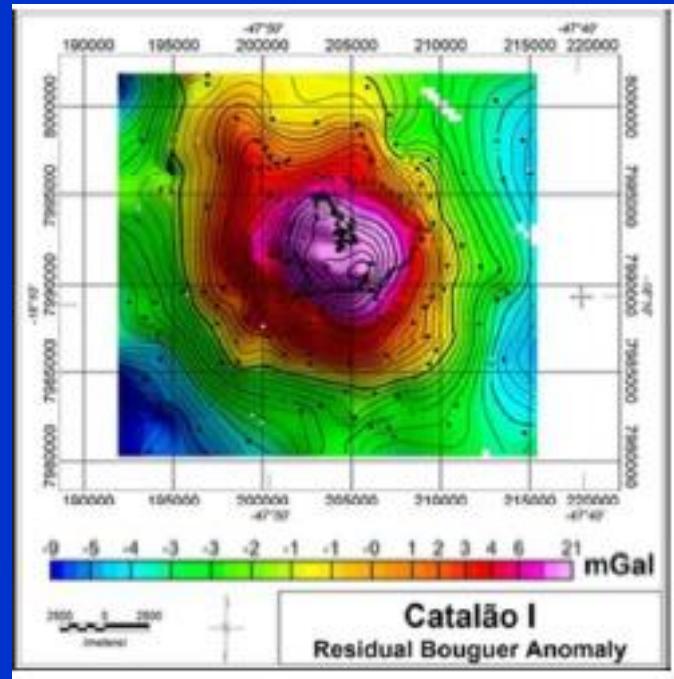


výsledky prieskumu karbonatitového ložiska Cataláo, Brazília

geologická mapa štruktúry

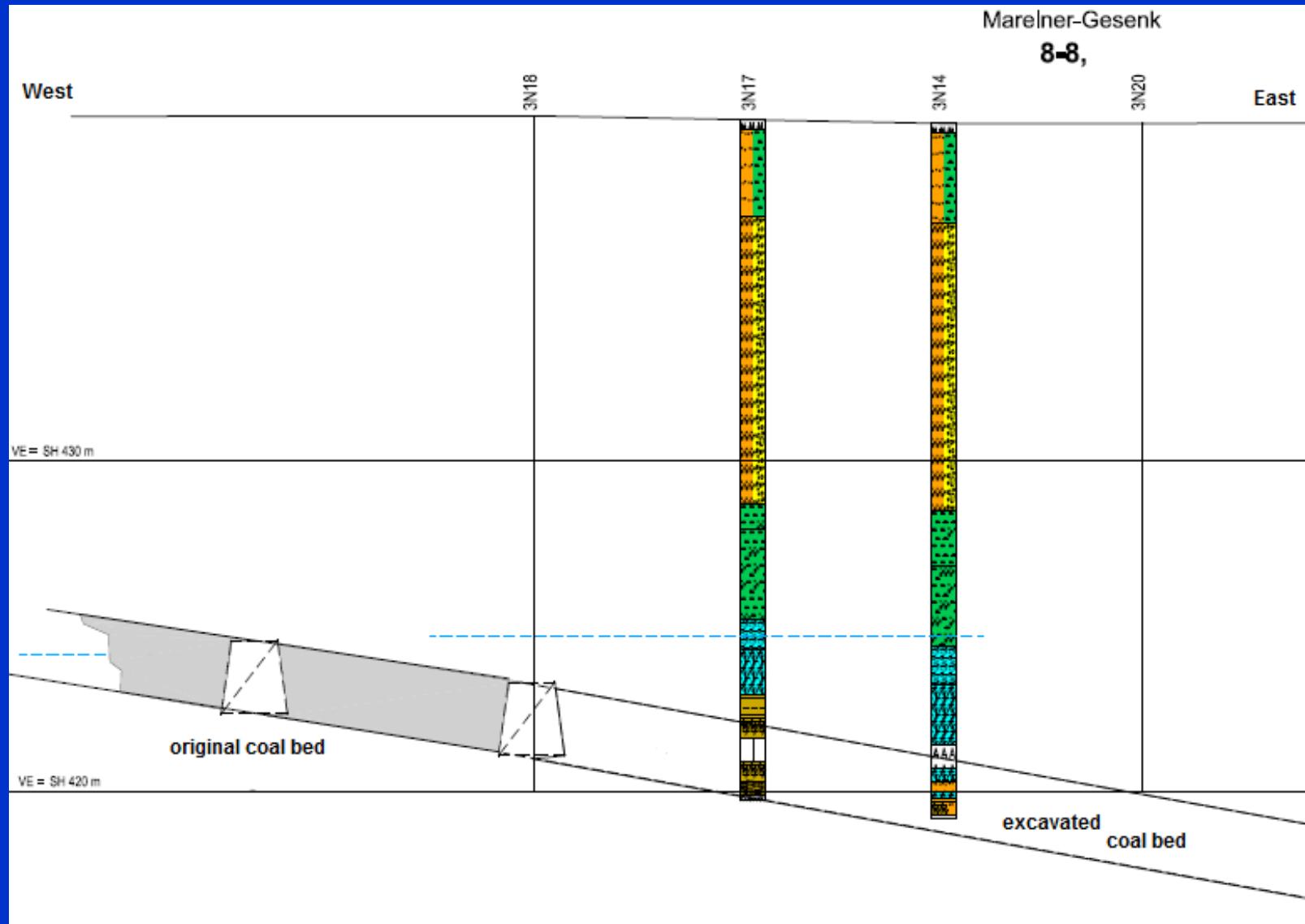


Bouguerove anomálie



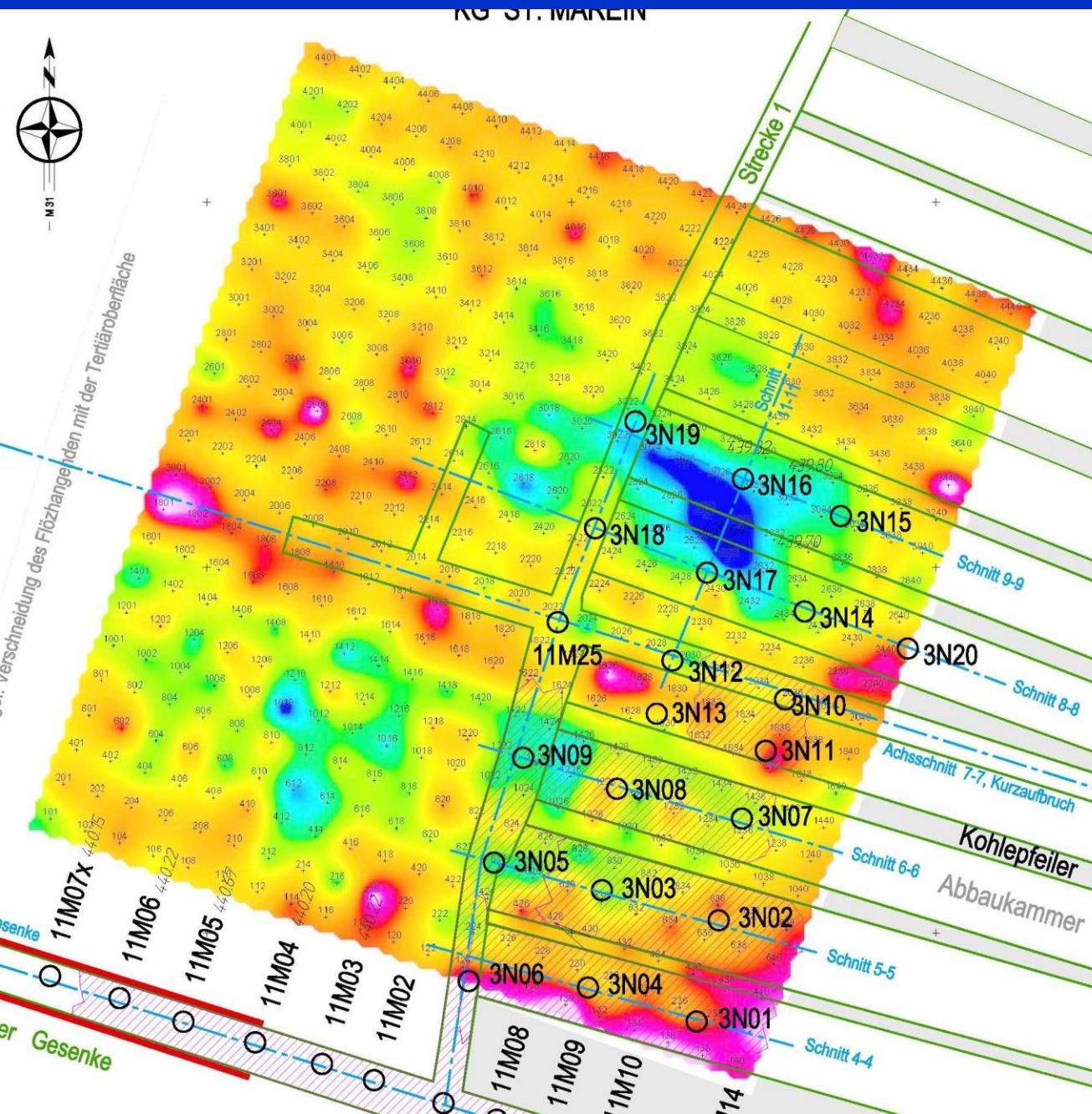
výsledok 3D hustotného
a suscept. modelovania

lokalita Wolfsberg, Rakúsko, 2012

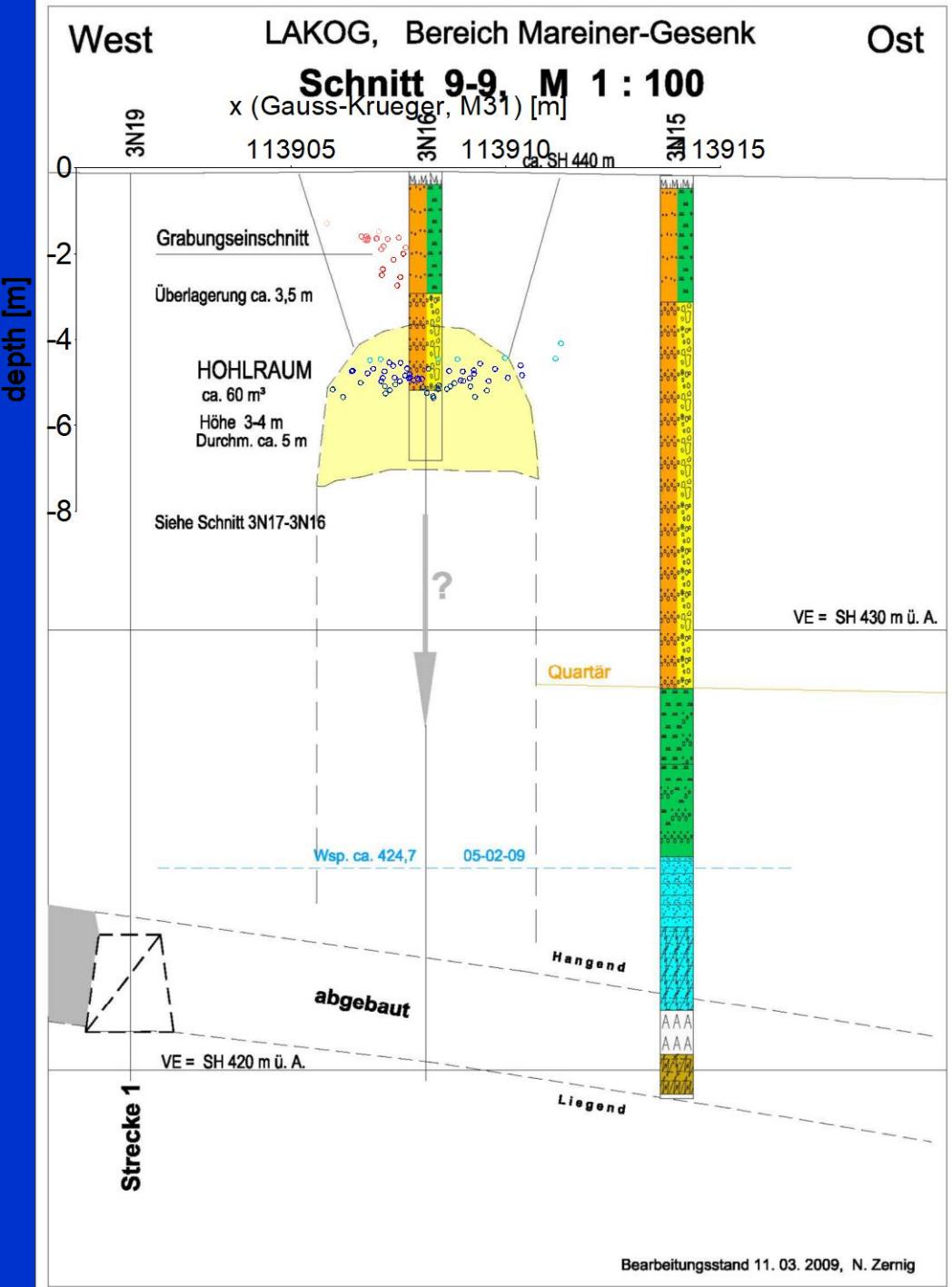


priestor bývalej bane na hnedé uhlie (neogénny vek)

lokalita Wolfsberg, Rakúsko, 2012



výsledná mapa
úplných
Bouguerových
anomálií
(krok: 2 x 2 m)



lokalita Wolfsberg,
Rakúsko, 2012

výsledky
vrtného
prieskumu
(spolu s našimi
hĺbkovými
odhadmi – tzv.
metóda Eulerovej
dekonvolúcie)

odkopaná dutina

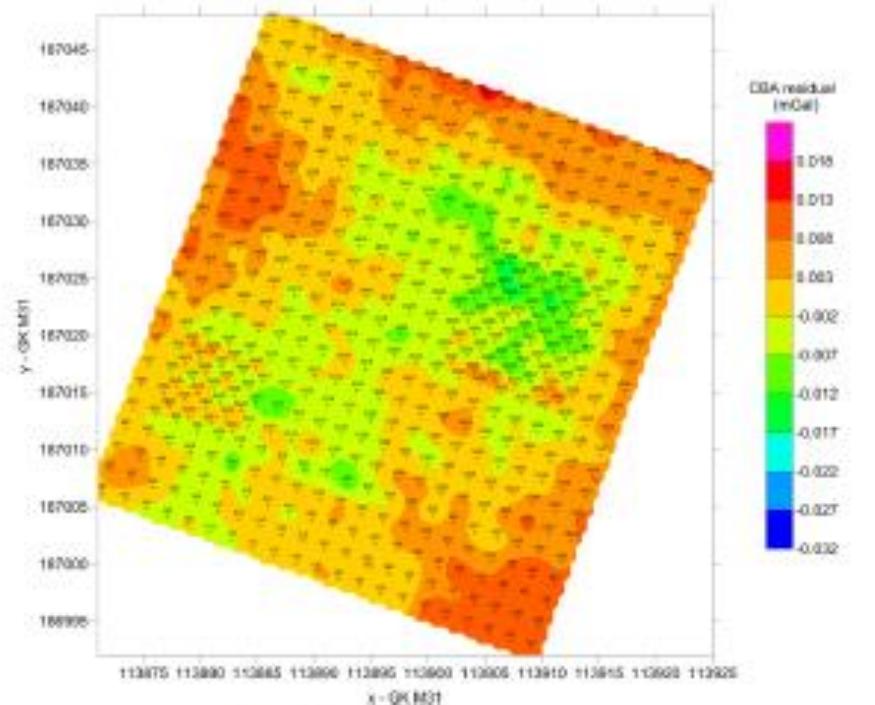
lokalita Wolfsberg,
Rakúsko, 2012



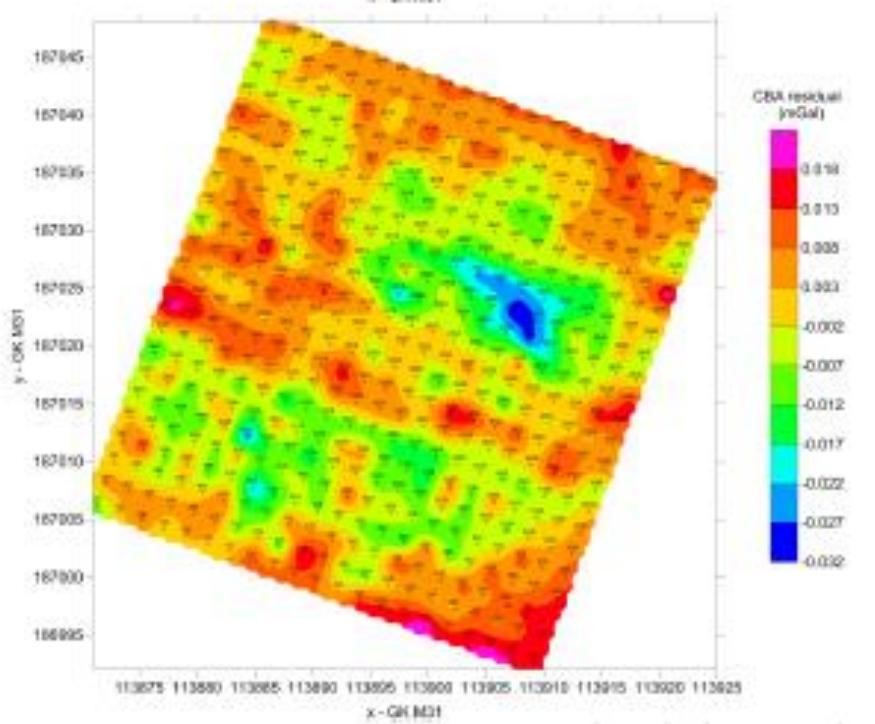
Abb. 4: Freilegung des durch die geophysikalische Untersuchung festgestellten Hohlraumes (ca. 60 m^3) mit einer Überlagerung von etwa 3,5 m

lokalita Wolfsberg,
Rakúsko,
porovnanie rokov
2012 a 2016
(kontrolné merania)

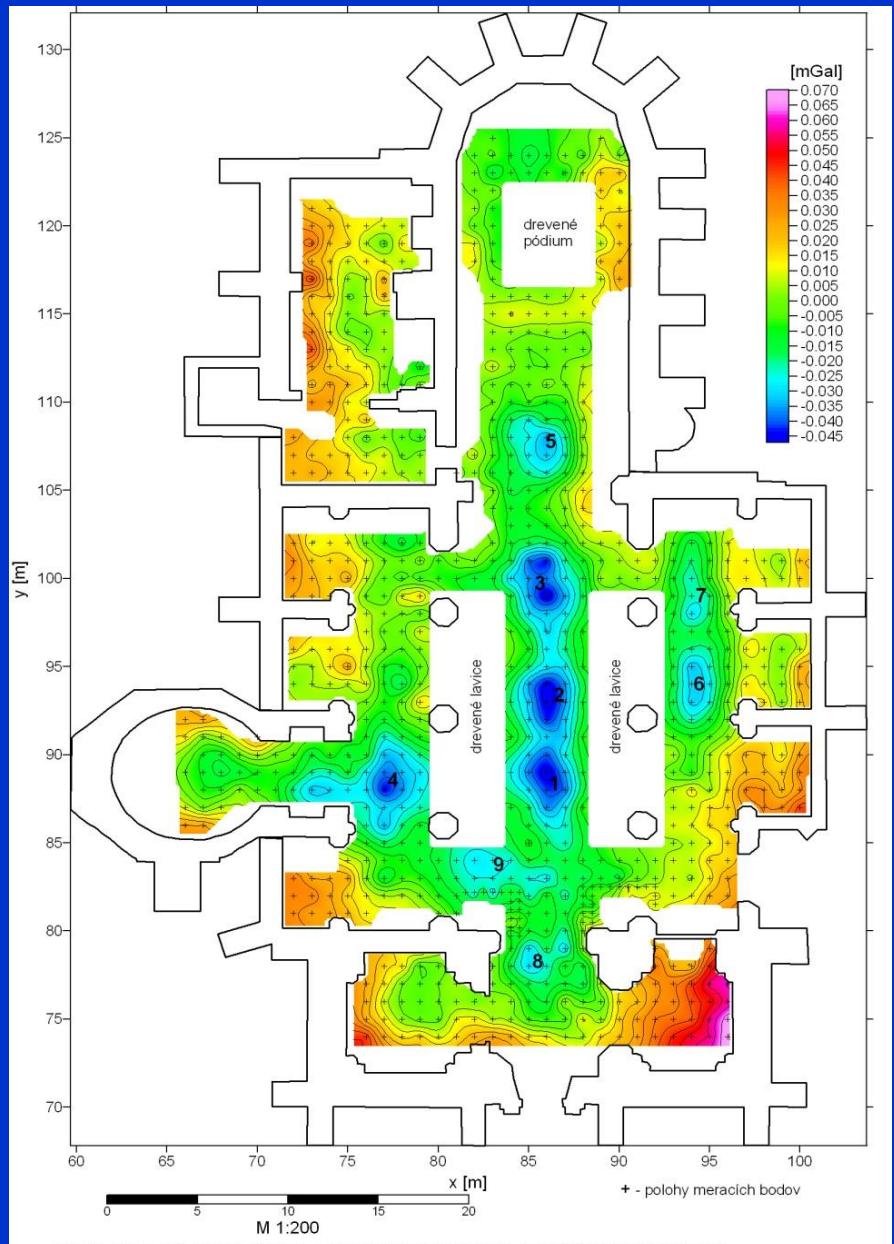
2016



2012



výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



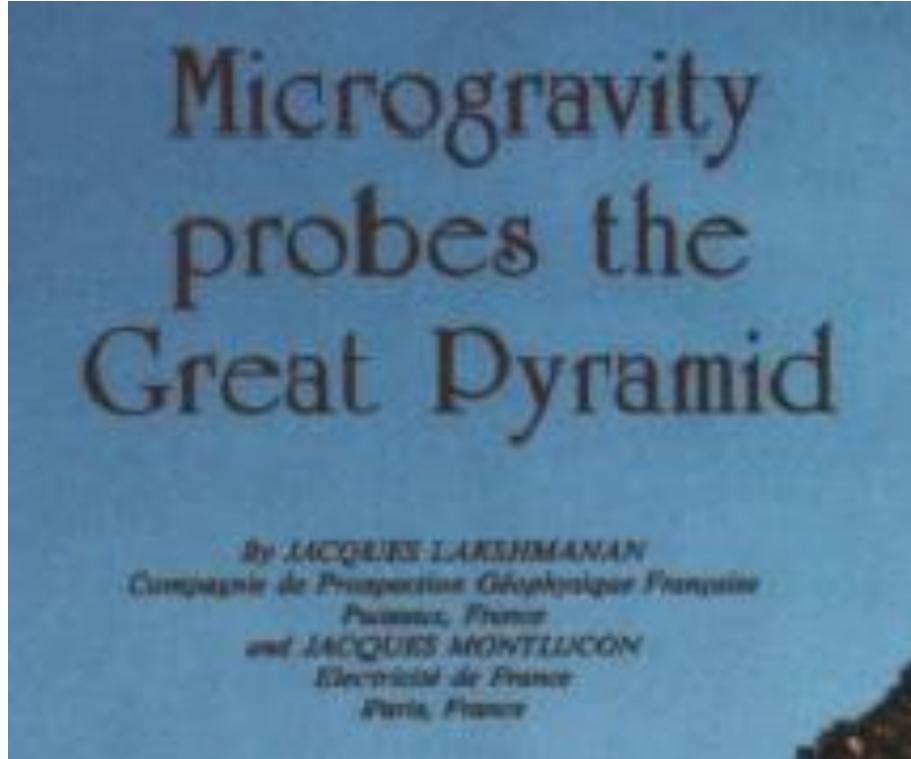
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomalií v priestore kostola
(so zavedením opráv o gravitačný účinok murov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



**spojenie výsledkov mikrogravimetrie
a metódy georadaru (GPR),
overené videoinšpekciou**

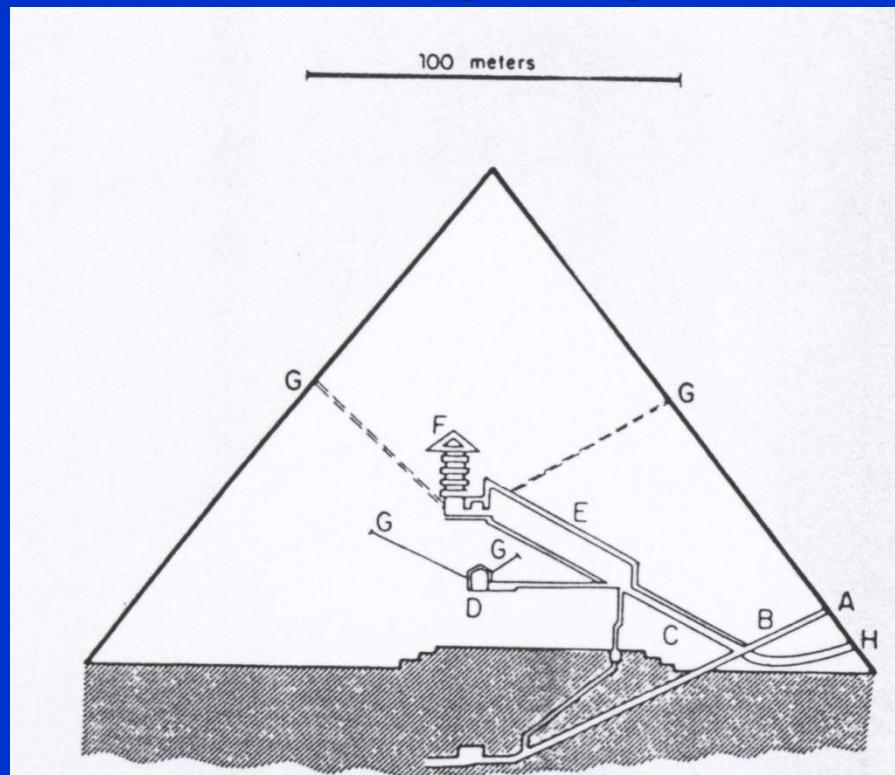


Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrogravimetrický projekt

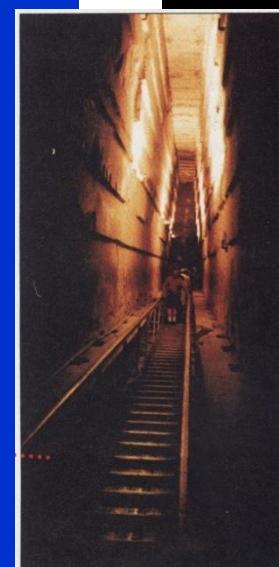
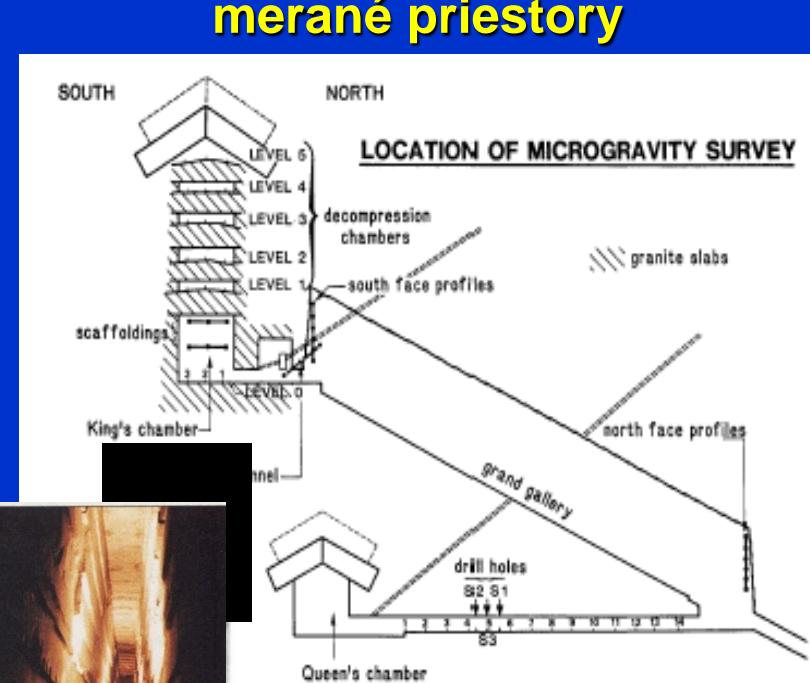


Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt

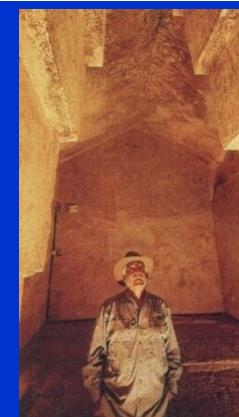
štruktúra pyramídy



- A. NORTHERN ENTRY
- B. DESCENDING CORRIDOR
- C. RISING CORRIDOR
- D. QUEEN'S CHAMBER
- E. LARGE GALLERY



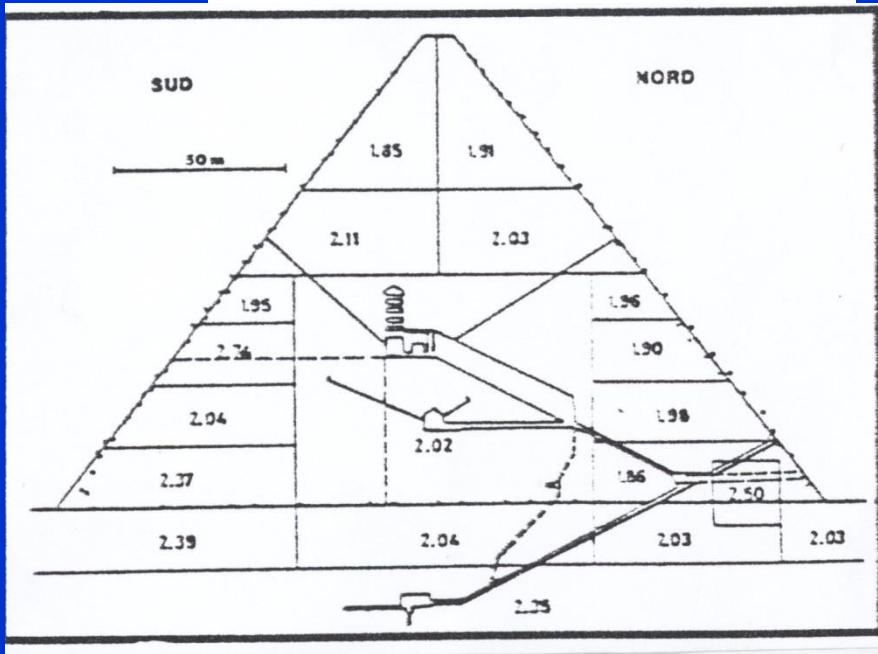
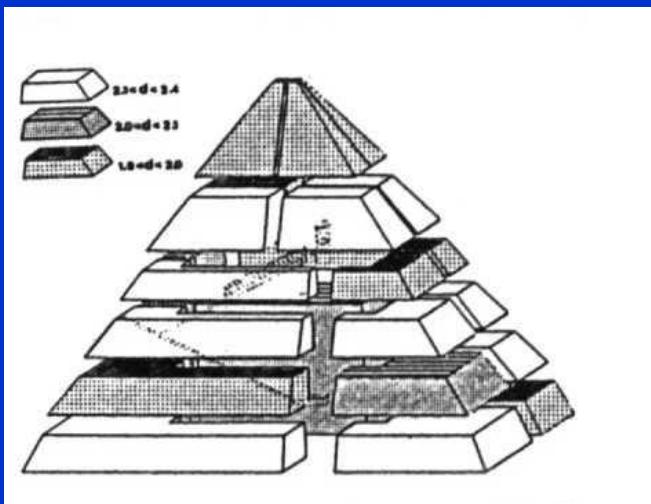
veľká
galéria



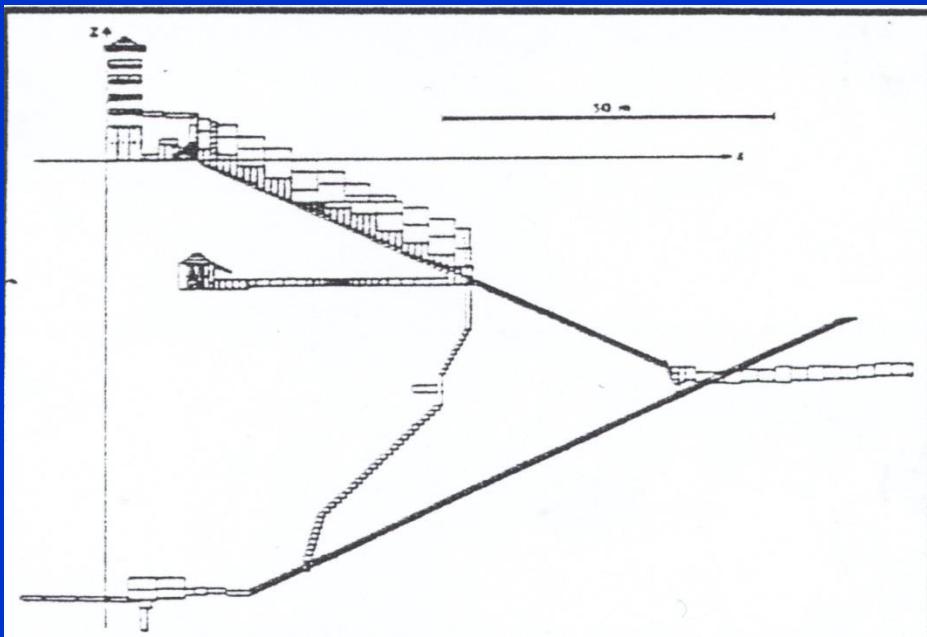
kráľovská
komnata

odhad. chyba: 2 - 10 μ Gal samotné meranie

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt



**tvorba Bouguerovej anomálie
- odstránenie gravitačných
účinkov známych štruktúr**



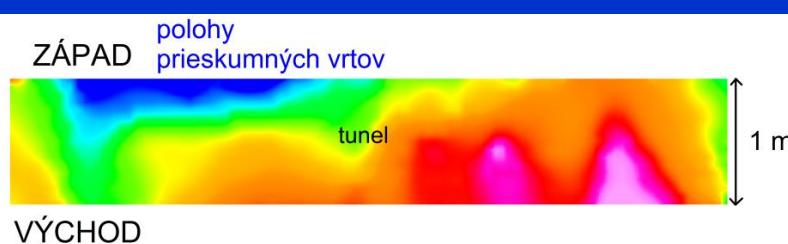
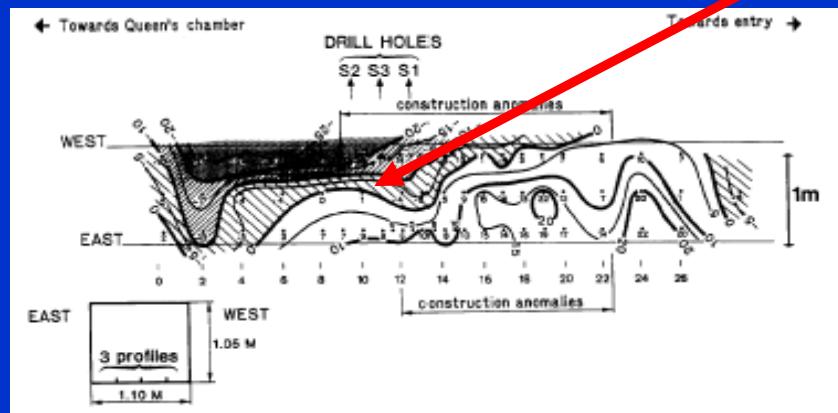
známe dutiny

model hustotného „rozvrstvenia“ pyramídy

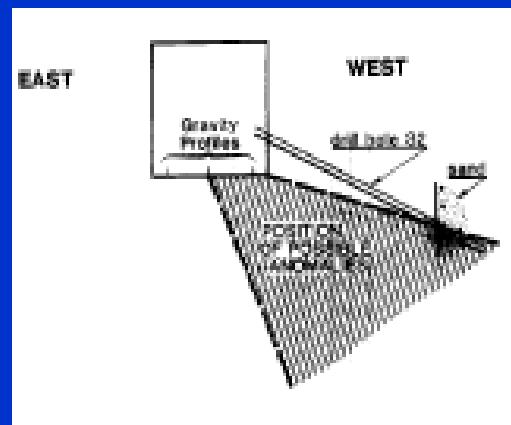
Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt výsledky

hlavný výsledok:

zistenie dominantnej negatívnej anomálie v západnej časti prístupovej chodby do „královninej“ pohrebnej miestnosti

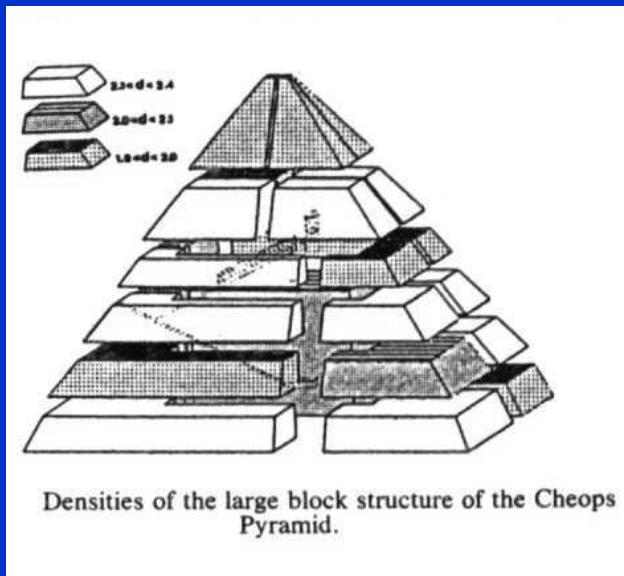


overenie anomálie:



**3 vrty dosiahli po 2.1 m dutinu vyplnenú pieskom,
(modelovaný objem dosahuje až 40 m^{-3})**

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt výsledky – možná interpretácia

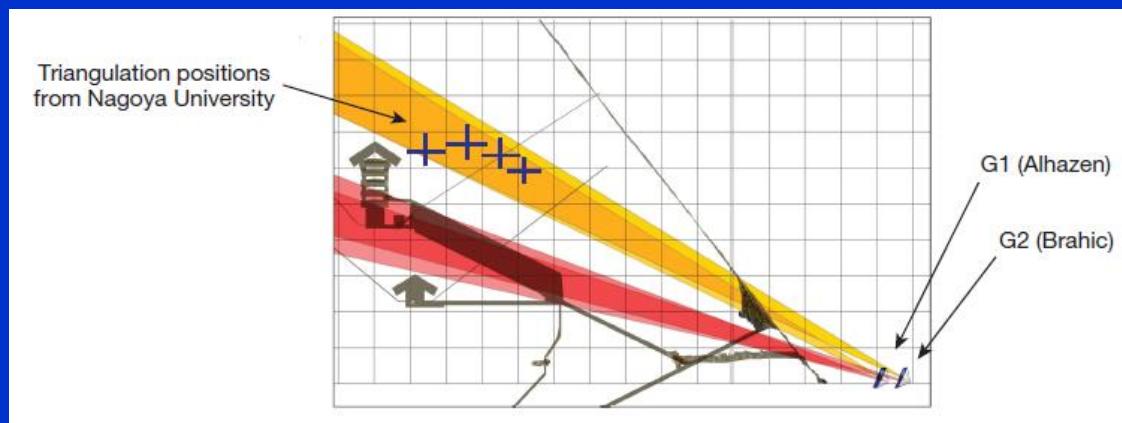
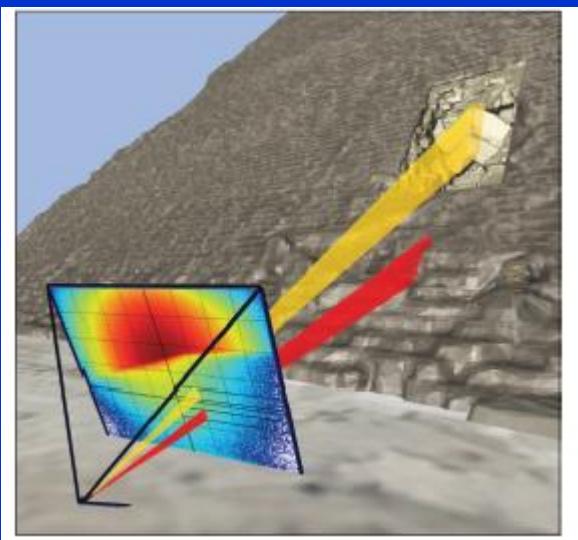
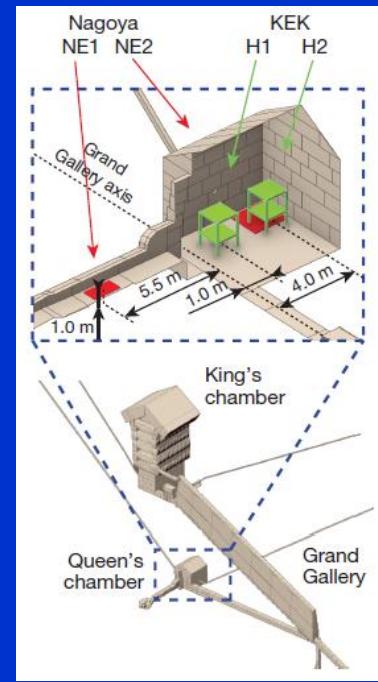


zvyšok pieskovej rampy

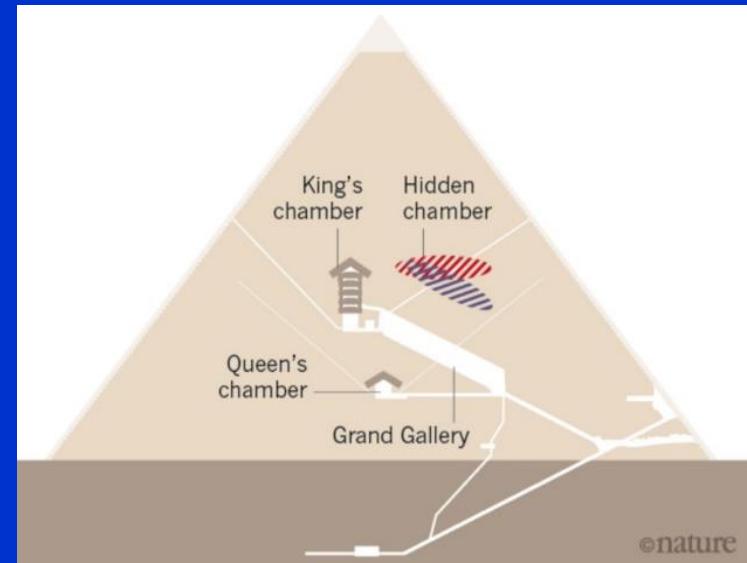
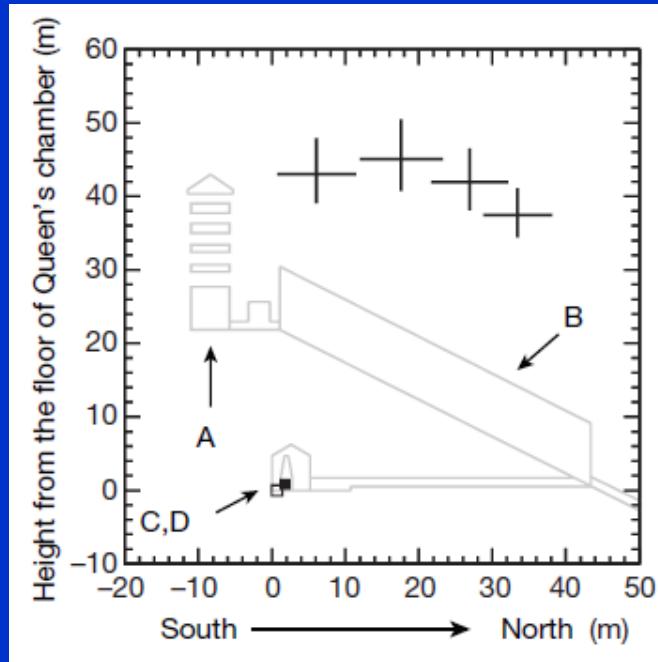
INTERPRETÁCIA PRIEBEHU
VNÚTORNEJ ŠPIRÁLOVEJ
RAMPY V CHUFUOVEJ
PYRAMÍDE



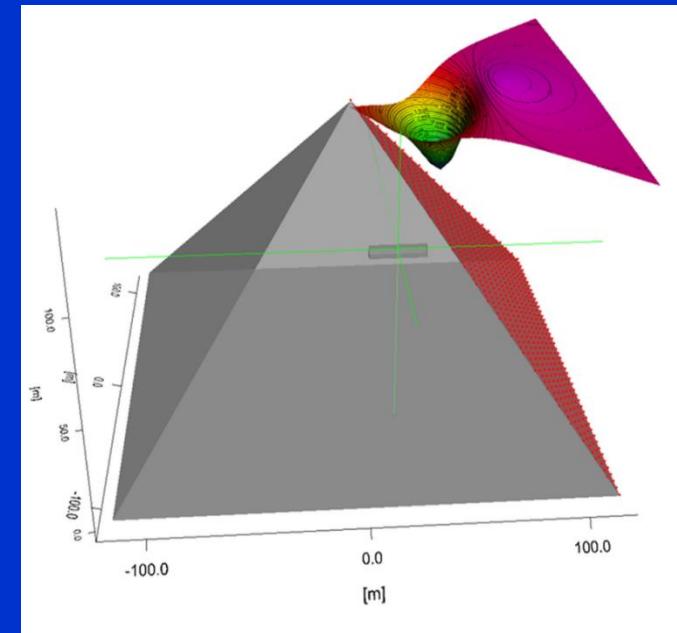
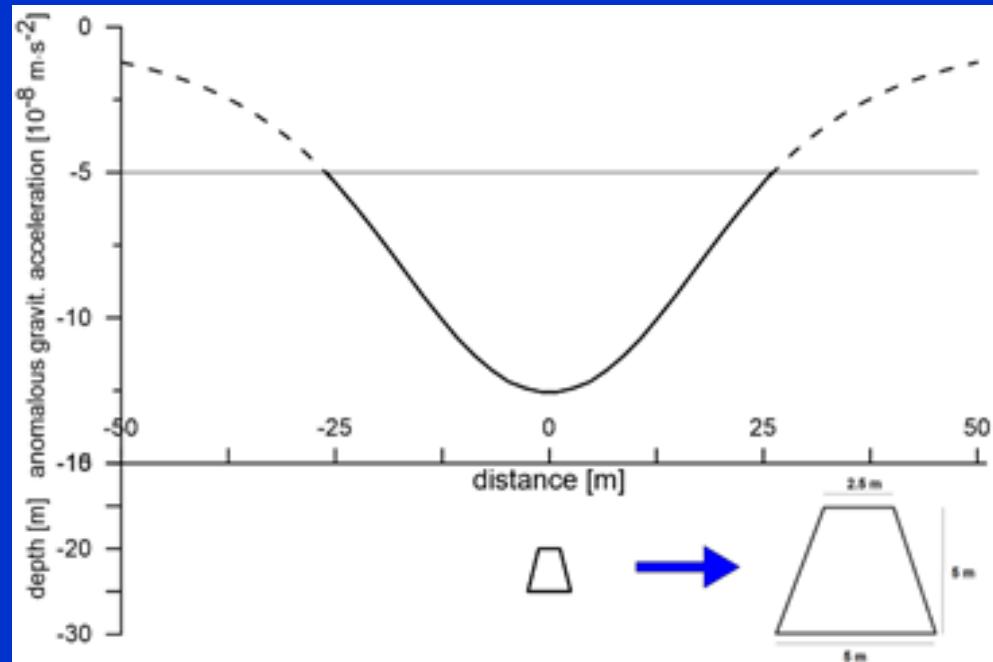
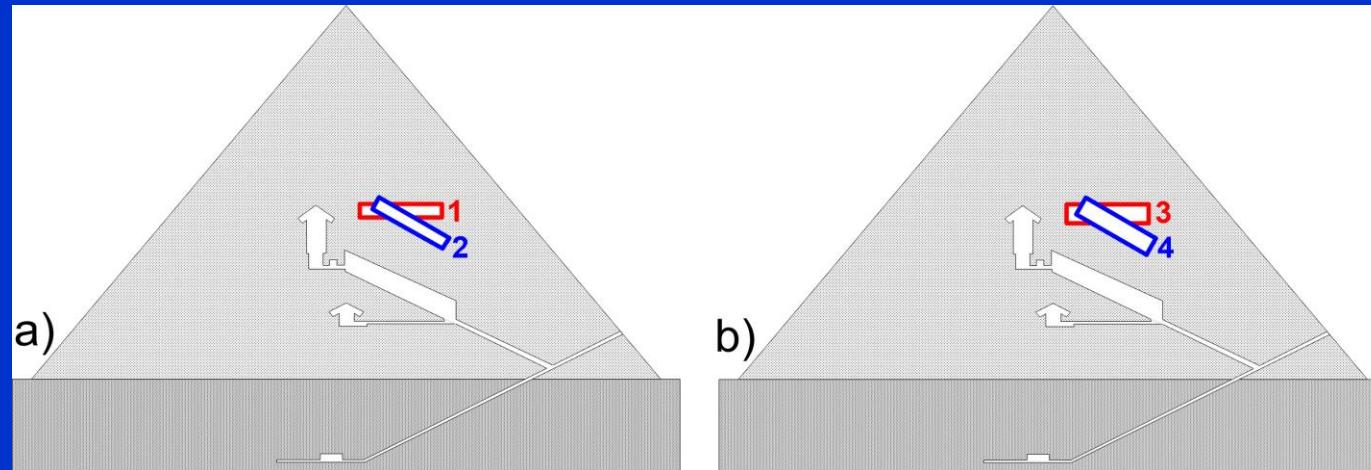
Zaujímavosť – rok 2017: objavenie novej dutiny (tzv. Big Void) v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).



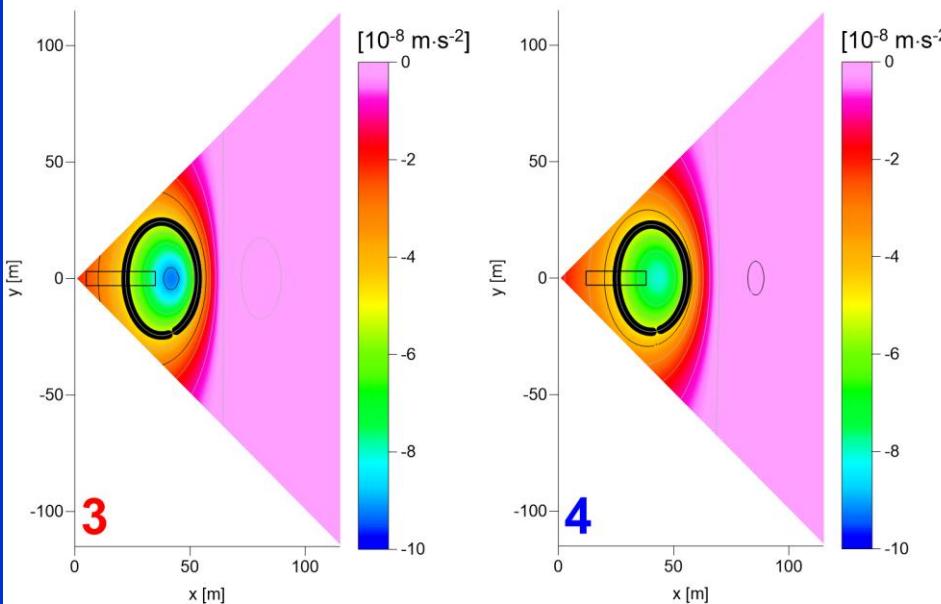
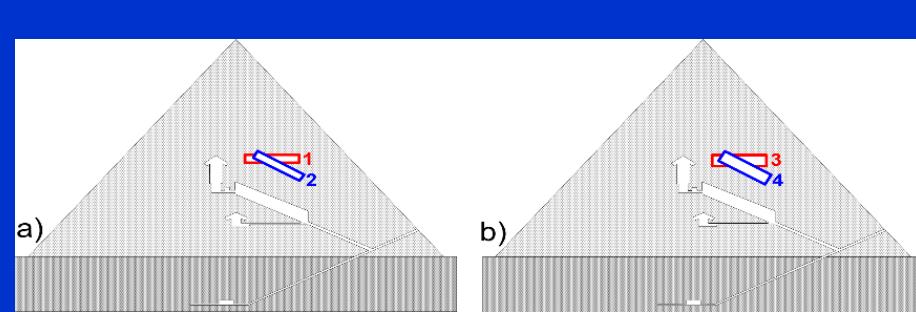
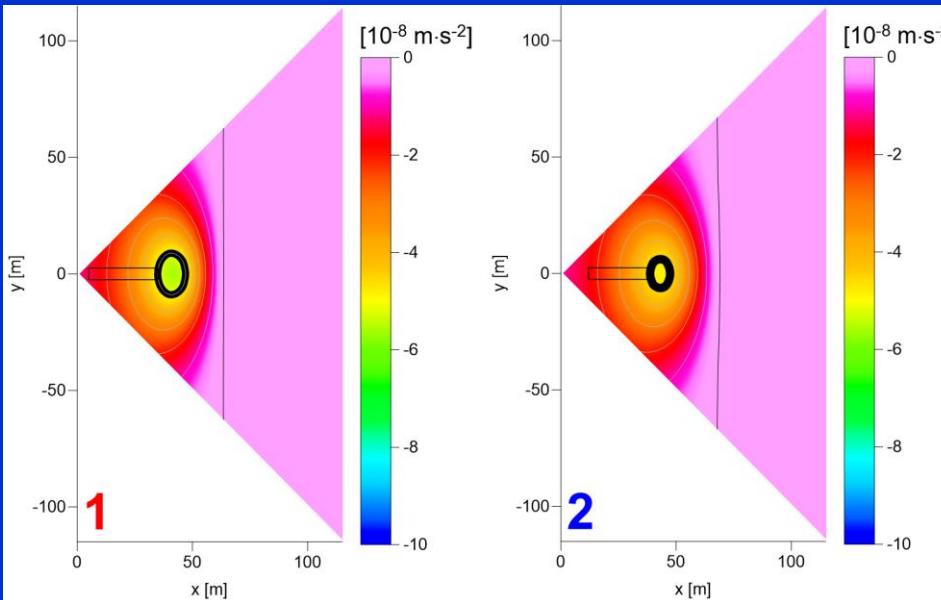
Zaujímavosť – rok 2017: objavenie novej dutiny (tzv. Big Void) v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).



Bolo by možné prítomnosť tejto dutiny overiť presnými gravimetrickými meraniami na povrchu pyramídy?

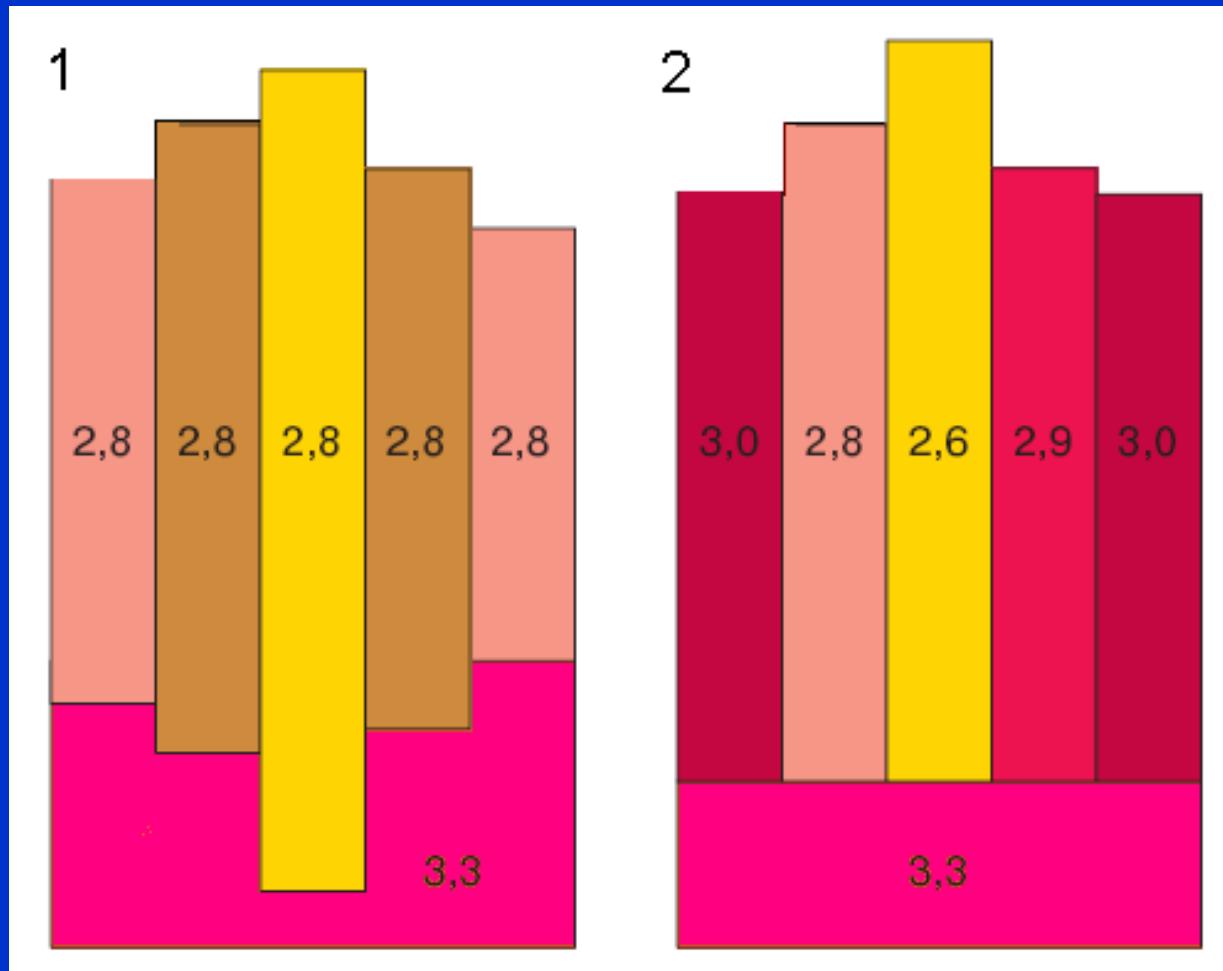


Bolo by možné prítomnosť tejto dutiny overiť presnými gravimetrickými meraniami na povrchu pyramídy? – asi áno...



Hrubá izočiara približne vymedzuje plochu, na ktorej by mohla byť daná dutina „merateľná“ pomocou súčasných moderných gravimetrov.

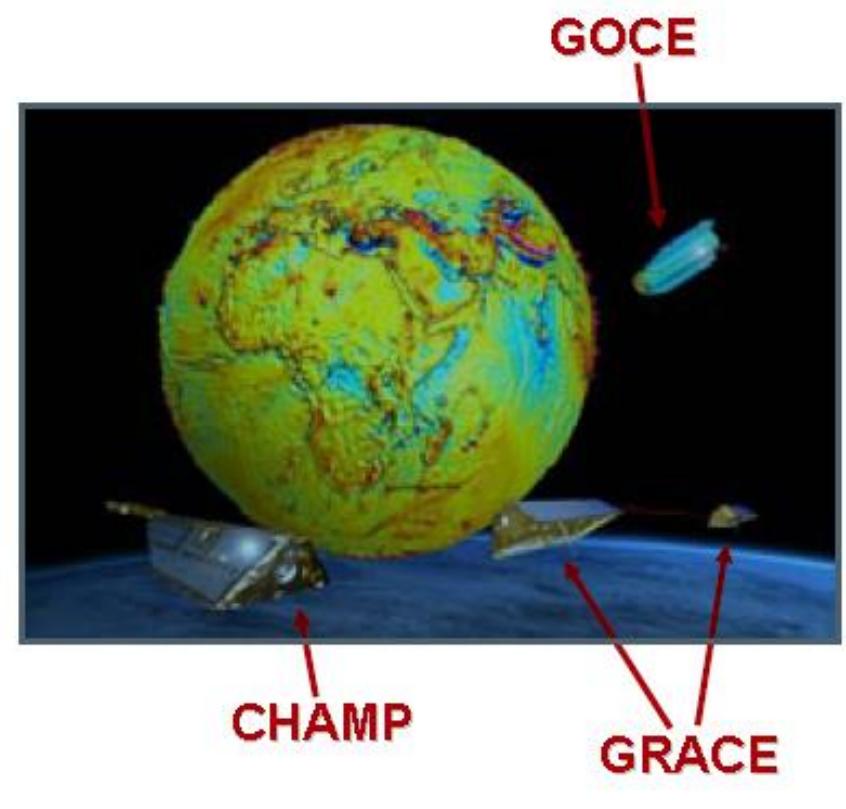
Izostázia predpokladá kompenzáciu litostatických tlakov od horninových celkov litosféry v určitej hĺbke (astenosféra).



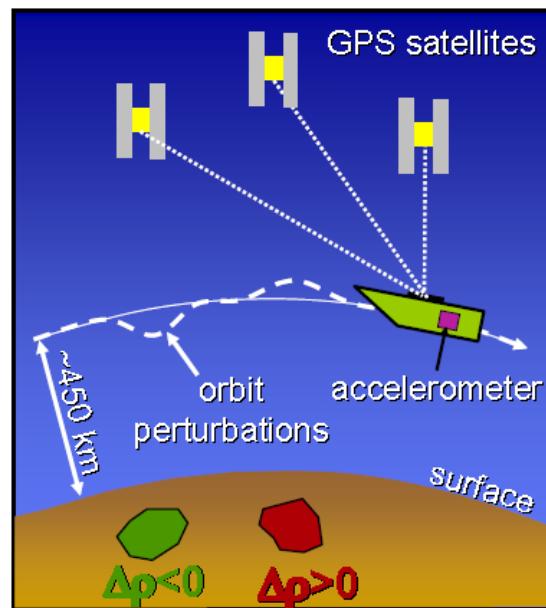
tzv. Airyho model a Prattov model

staršie satelitné systémy: GRACE a CHAMP

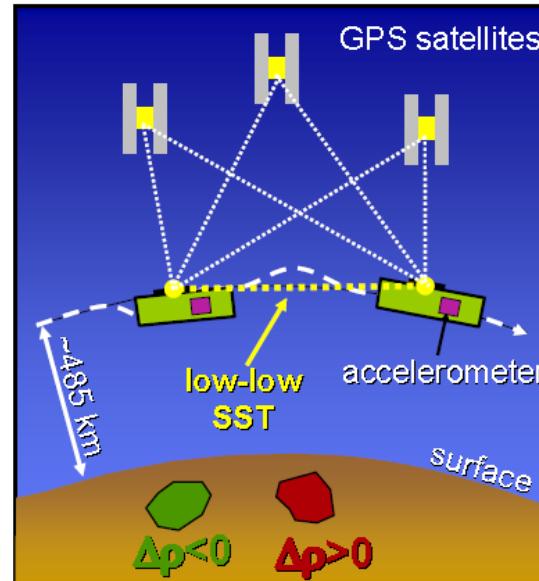
nový systém: GOCE



- Launched 2000.
- Single satellite.
- High-low SST.
- Polar gap $\sim 3^\circ$.
- Instruments:
 - vector and scalar magnetometers,
 - accelerometer,
 - star cameras,
 - GPS.



- Launched 2002.
- Two-satellites.
- High-low-SST & low-low-SST.
- Polar gap $\sim 1^\circ$.
- Time-varying gravity field.
- Instruments:
 - accelerometer,
 - star cameras,
 - GPS.



SST: Satellite-to-Satellite Tracking

nový systém: GOCE

štart: 17. marec 2009

koniec: 11. november 2013

výška preletu nad
povrchom Zeme: 260 km



GOCE re-enters Earth's atmosphere