## ***transformácie polí (ÚBA)***
## ***(tvorba odvodených polí)***

<u>ciele:</u>

- zvýraznenie (separácia) regionálnej a/alebo reziduálnej zložky
  (regionálna zložka – väčšinou hlbšie zdroje)
  (reziduálna zložka – väčšinou plytšie zdroje)
- zvýraznenie prejavov zdrojov v pôvodnom poli

<u>technická realizácia:</u>

- dolno- a hornopriepustné filtre
  (low- and high-pass filters)
  v <u>priestorovej</u> alebo <u>spektrálnej</u> oblasti

## ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii***

**– separácia lokálnych (reziduálnych) anomálií**

**– analytické pokračovanie nahor/nadol**

**– výpočet vyšších dervácií (vertikálnych, horizontálnych)**

**– iné špeciálne transformácie (zdanlivá hustota, konvexnosť/konkávnosť, „hyperbolickosť“, atď.)**

# transformácie polí

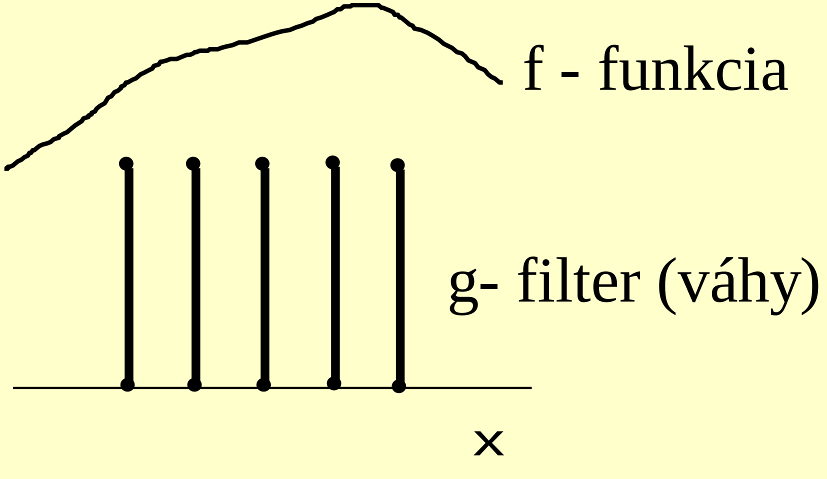
***numerická realizácia – v priestorovej oblasti:***

tzv. kĺzajúce konvolučné filtre (okná):

konvolúcia:

$$f * g = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)\, g(x-\tau)\, d\tau = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x-\tau)\, g(\tau)\, d\tau = \sum_{i=-m/2}^{+m/2} f_{j-i}\; g_i$$

Prakticky to potom znamená, že hodnoty poľa násobíme určitými koeficientami a výsledok uložíme pre centrálny bod okna.



# ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii***

## transformácie polí

***numerická realizácia – v spektrálnej (Fourierovej oblasti)***

využíva sa pri tom tzv. konvolučná teoréma

konvolúcia:

$$f * g = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) g(x-\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x-\tau) g(\tau) d\tau$$

konvolučná teoréma:

$$\Im\{f * g\} = F(k) G(k) \;, \quad \text{kde}$$

$$F(k) = \Im\{f\} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-ikx} dx \;, \quad G(k) = \Im\{g\} = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) e^{-ikx} dx \;,$$

z uvedeného vyplýva, že konvolučné operácie sa dajú veľmi jednoducho realizovať <u>v spektrálnej oblasti – iba násobením spektier</u>

# transformácie polí

***numerická realizácia – v spektrálnej (Fourierovej oblasti)***

využíva sa pri tom tzv. konvolučná teoréma

z uvedeného vyplýva, že konvolučné operácie sa dajú veľmi jednoducho realizovať <u>v spektrálnej oblasti – iba násobením spektier</u>

Praktická realizácia:

1. Najprv prevedieme transformované dáta do spektrálnej (Fourierovskej) oblasti pomocou <u>priamej FT</u>,
2. V spektrálnej oblasti sa vykoná násobenie spektra so spektrálnou charakteristikou transformácie
3. Napokon sa výsledok prevedie naspäť do priestorovej oblasti pomocou <u>inverznej FT.</u>

# transformácie polí

***numerická realizácia – v spektrálnej (Fourierovej oblasti)***

využíva sa pri tom tzv. konvolučná teoréma

**spektrum funkcie sa násobí spektrálnou charakteristikou operácie**

určenie spektrálnych charakteristík transformácií –

- pomocou využitia vlastností Fourierovej transformácie a jej aplikácii na priestorové ekvivalenty transformácií

príklady:

horizontálna derivácia: $(ik)^n$

vertikálna derivácia: $|k|^n$

analytické pokračovanie: $e^{\pm|k|z}$

(kde k je spektrálna premenná alebo vlnové číslo)

# transformácie polí

***numerická realizácia – v spektrálnej (Fourierovej oblasti)***

Jedna zo základných vlastností FT – spektrum z derivácie:

$$F\left\{\frac{\partial g}{\partial x}\right\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x}\left[g(x)e^{-ikx}\right]dx = \int_{-\infty}^{+\infty} (-ik)g(x)e^{-ikx}dx =$$

$$= (-ik)\int_{-\infty}^{+\infty} g(x)e^{-ikx}dx = (-ik)F\{g(x)\}$$

Výsledkom je spektrum pôvodnej funkcie, násobené s členom (–*ik*).

## ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii***

# **separácia lokálnych (reziduálnych) anomálií**

# separácia lokálnych (reziduálnych) anomálií

***numerická realizácia – v priestorovej (Fourierovej oblasti)***

– grafické metódy (v priestorovej oblasti)

– prekladanie funkcií (lineárnej alebo jednoduchého polynómu) (pomocou metódy LSQ – najmenších štvorcov)

– využitie „vystreďovacích" vzorcov v priestorovej oblasti (tzv. Griffinov vzorec)

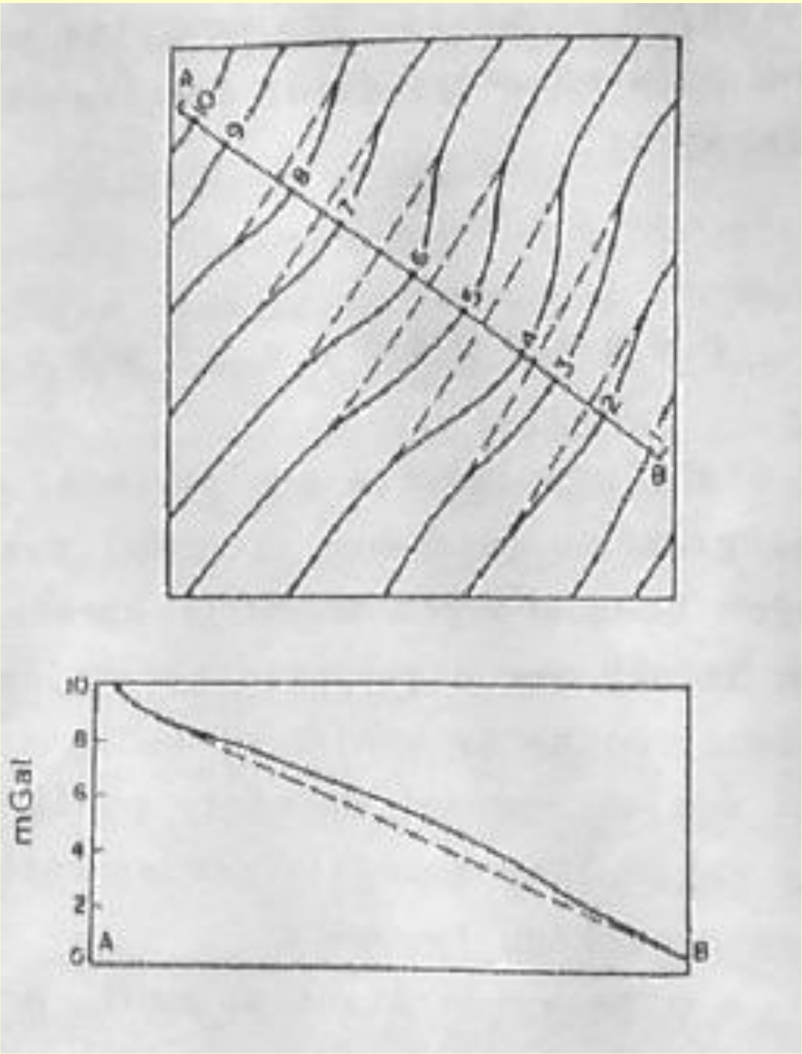
– využitie regionálnej informácie o tvare a hodnotách poľa ÚBA

– využitie tzv. geopotenciálnych modelov (GGM)

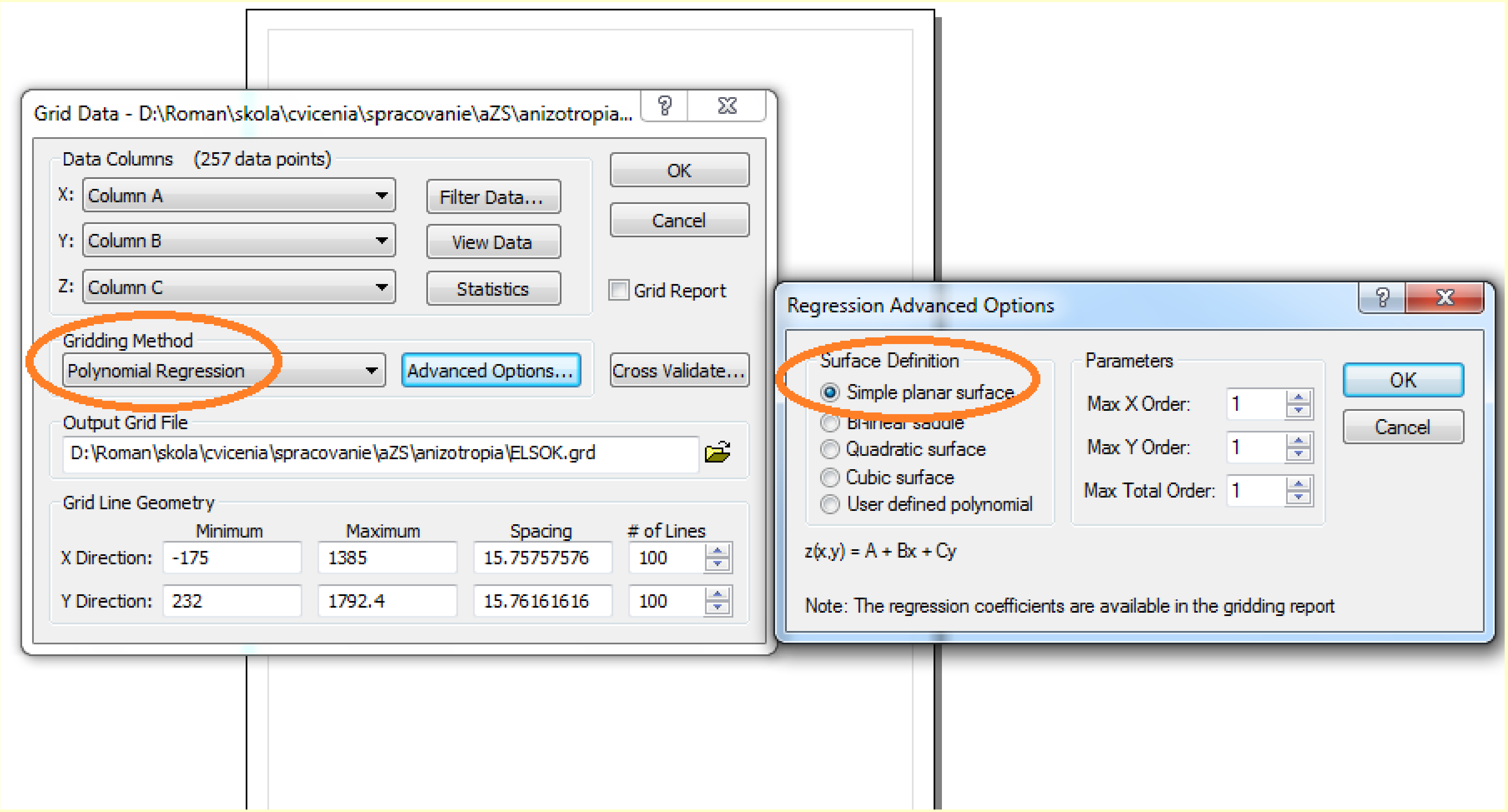
– separácia v spektrálnej oblasti zadefinovaním horno-priepustn. filtra (Butterworth, Lancsos, Haning, Gaussian, Cosine-rollof, atď.) alebo pomocou analytického pokračovania nahor

## *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii - separácia anomálií*

### grafická metóda – staršší prístup



numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (Surfer)

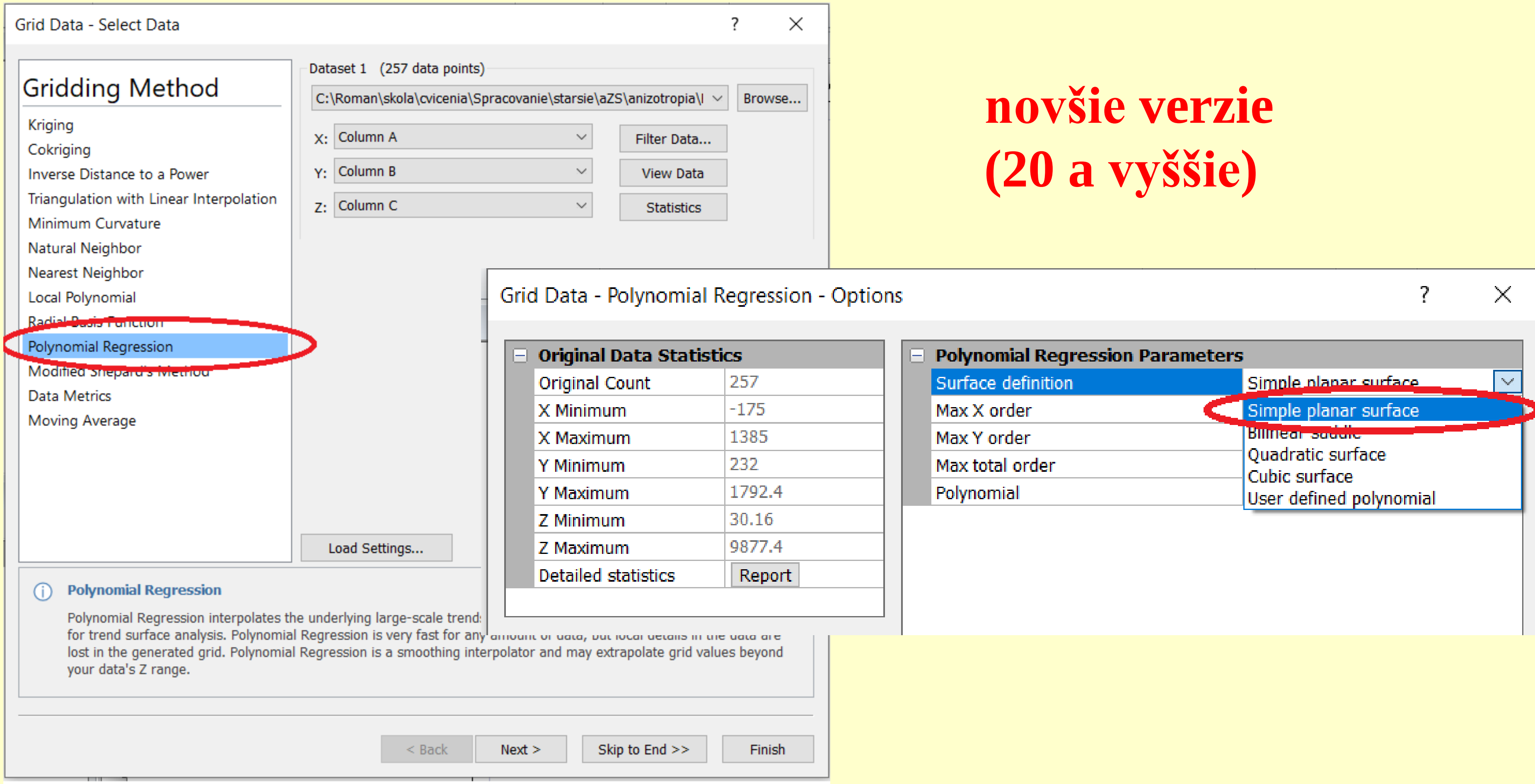



Grid Data -> Gridding Method -> Polynomial Regression ->

-> Simple planar surface

numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (Surfer)

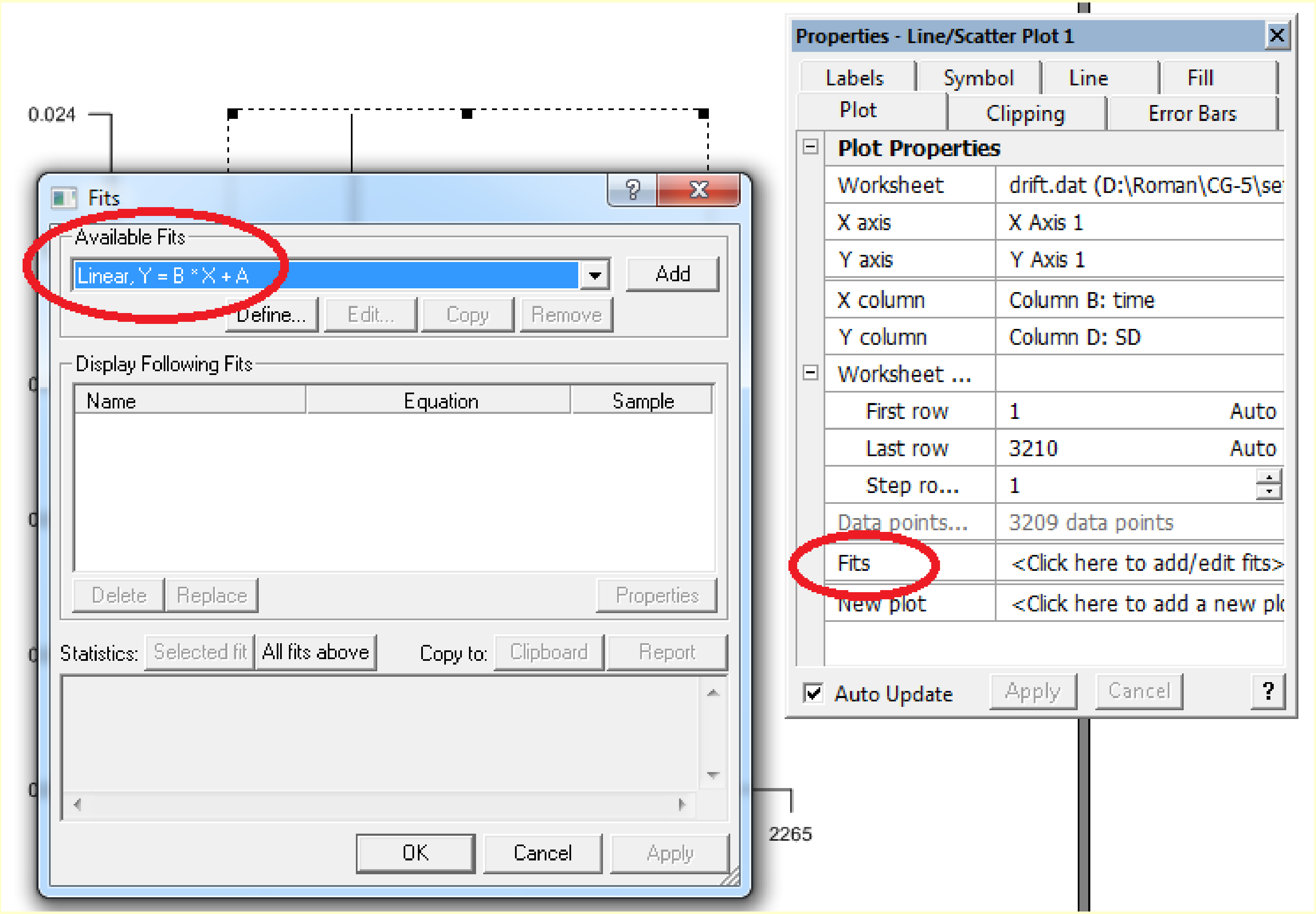
**novšie verzie (20 a vyššie)**




Grid Data -> Gridding Method -> Polynomial Regression ->

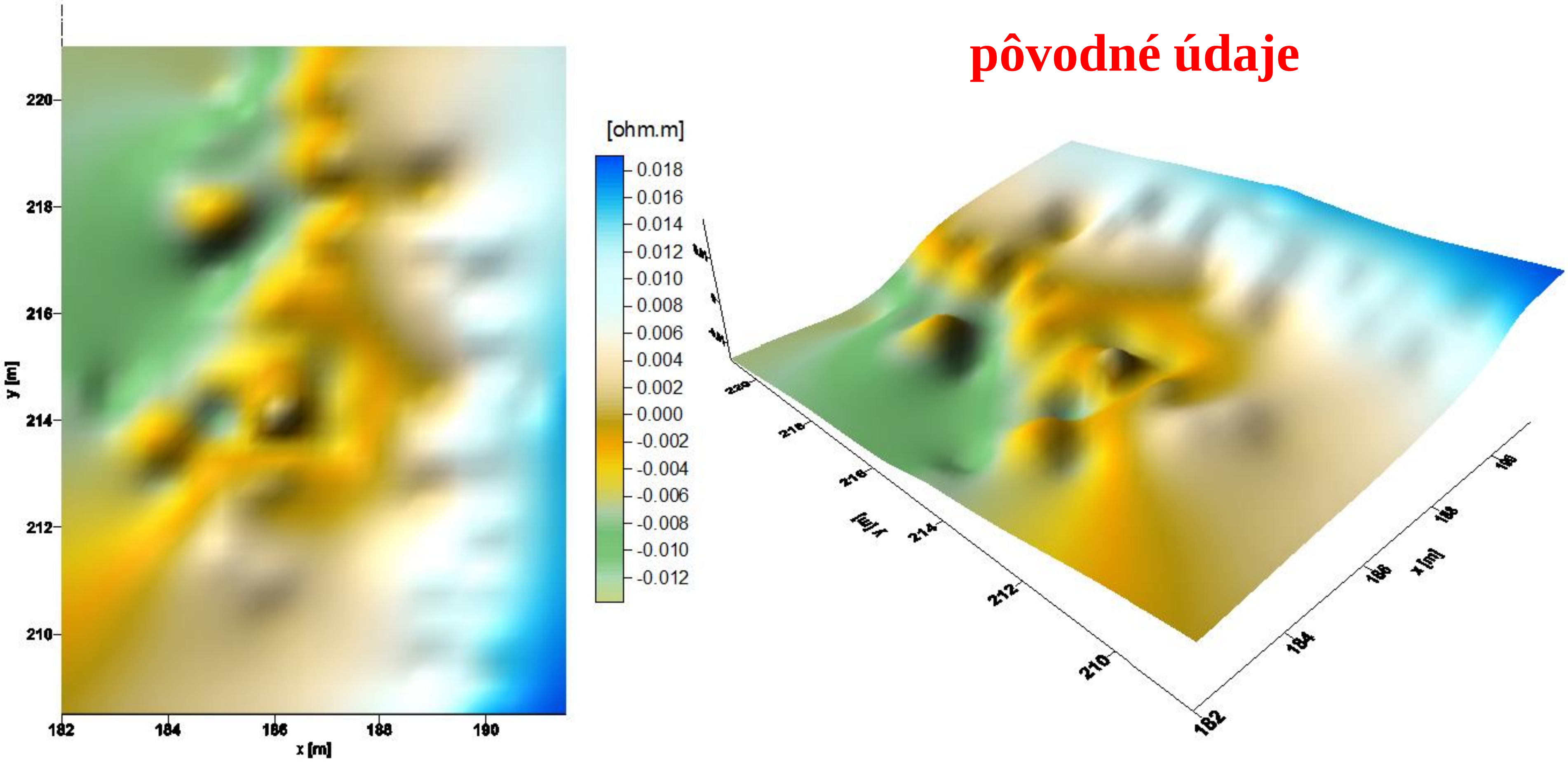
-> Simple planar surface

numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (Grapher)



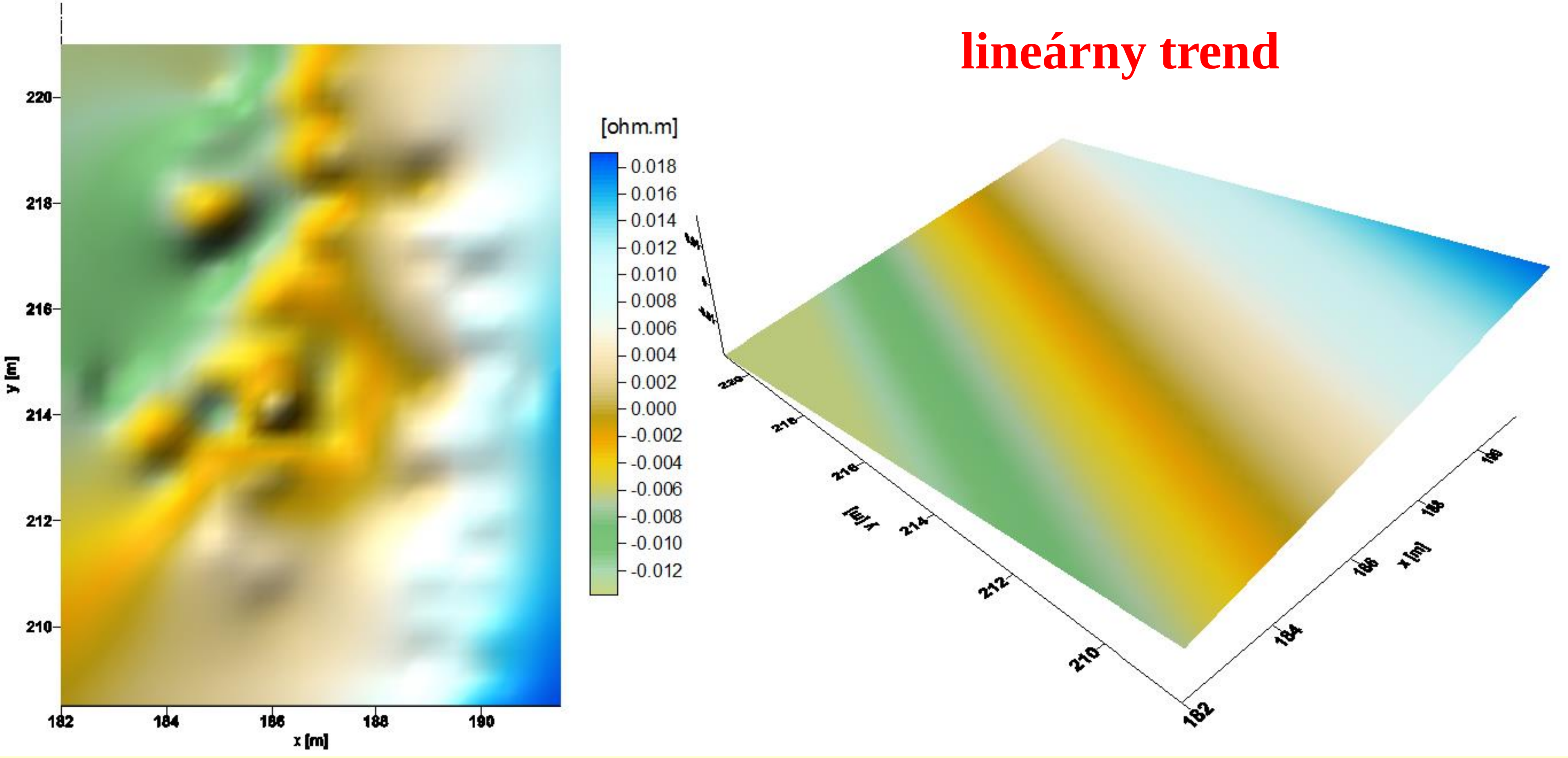

Graph -> Line/Scatter -> Properties -> Fits -> Linear

numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (napr. Surfer, Grapher)



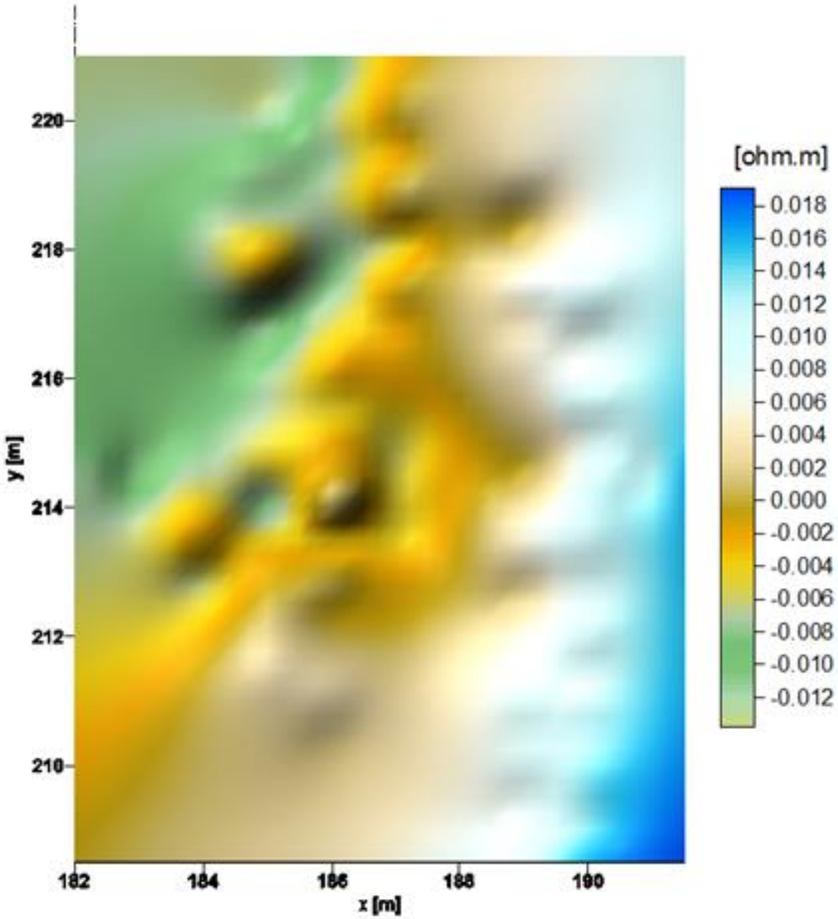

príklad – plošná mapa rozdelenia hodnôt s výrazným trendom

numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (napr. Surfer, Grapher)

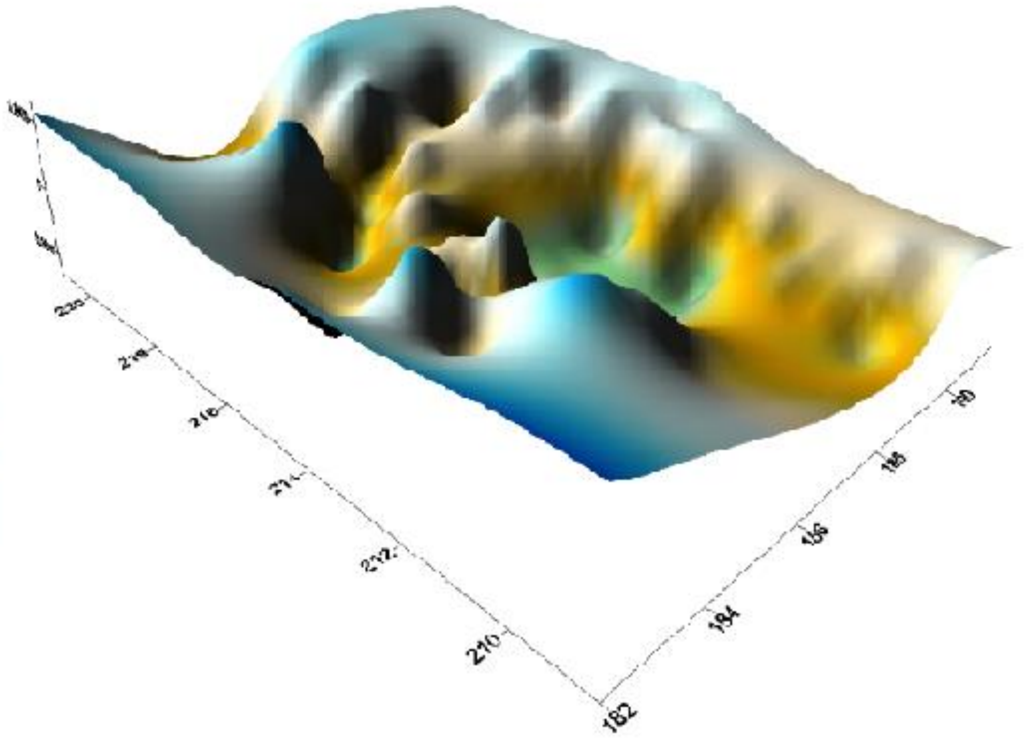



príklad – plošná mapa rozdelenia hodnôt s výrazným trendom

numerická realizácia prekladania polynómov (lineárnej funkcie) metódou najmenších štvorcov - LSQ (napr. Surfer, Grapher)

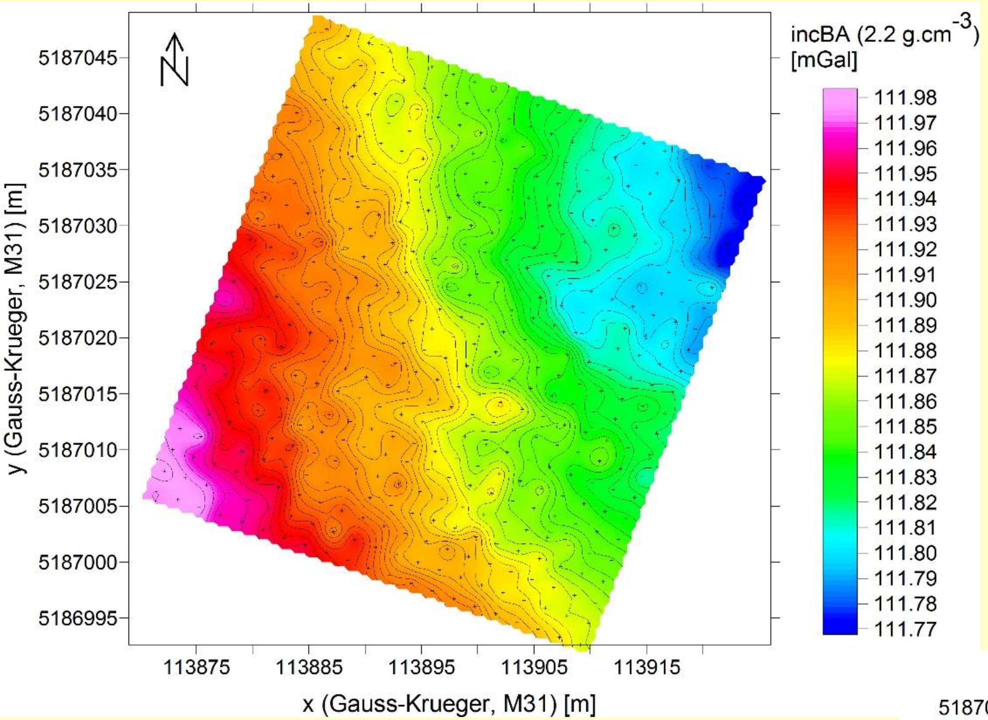



**reziduálne anomálie**



príklad – plošná mapa rozdelenia hodnôt s výrazným trendom

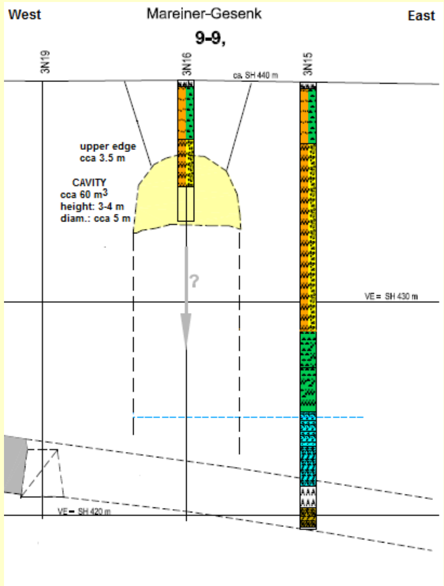
# lokalita Wolfsberg (Rakúsko) - mikrogravimetria

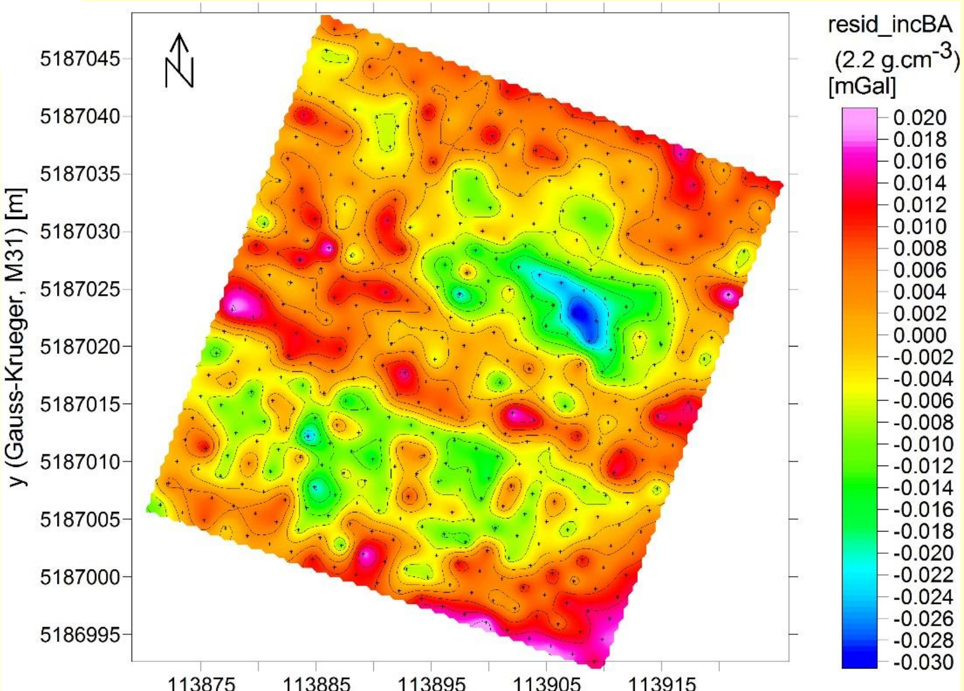



mapa ÚBA

reziduálne anomálie

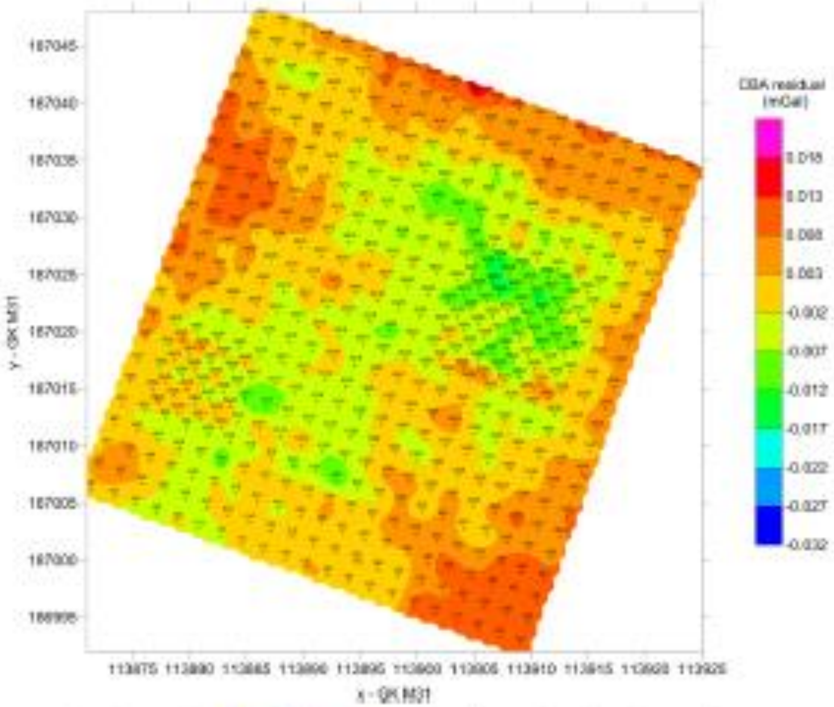
navŕtaná dutina



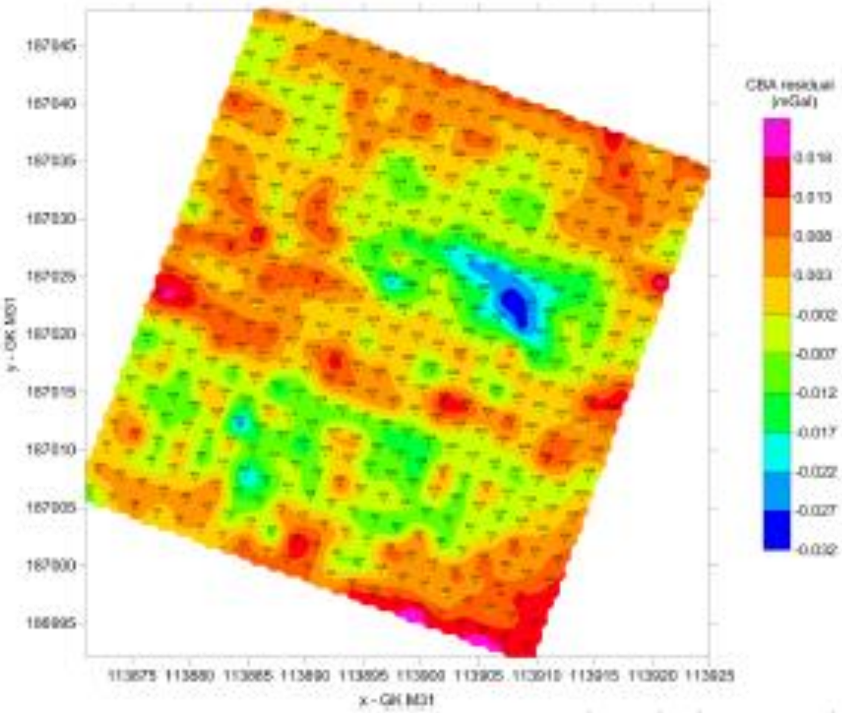



porovnanie rokov
2012 a 2016
(kontrolné merania)

2016

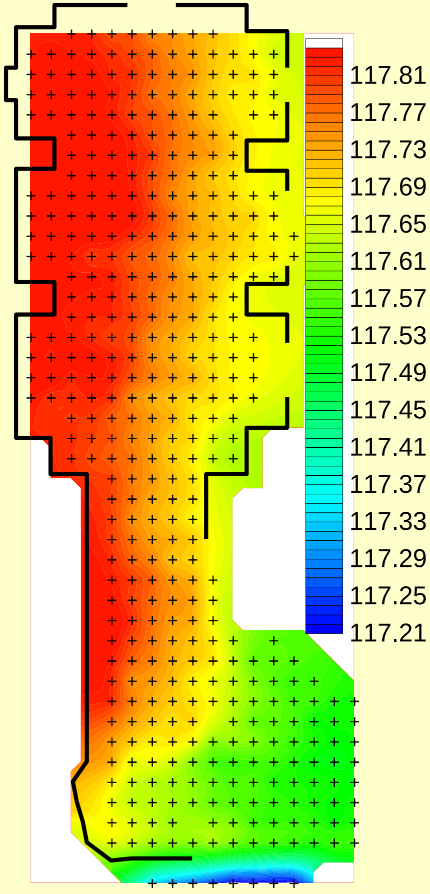



2012

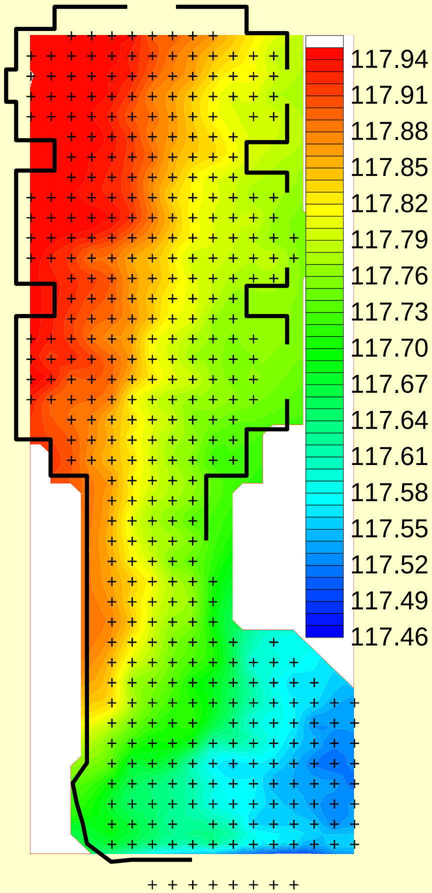



# lokalita Katarínka - vývoj mapy reziduálnych anomálií

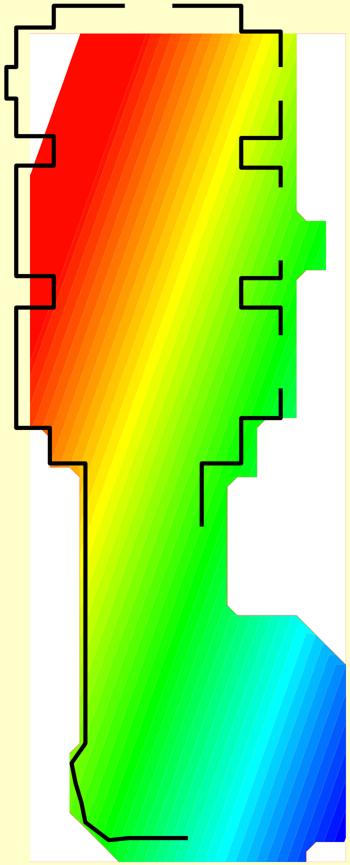
**úplné Bougerove anomálie pre red. hustotu 2.4 g.cm $^{-3}$**



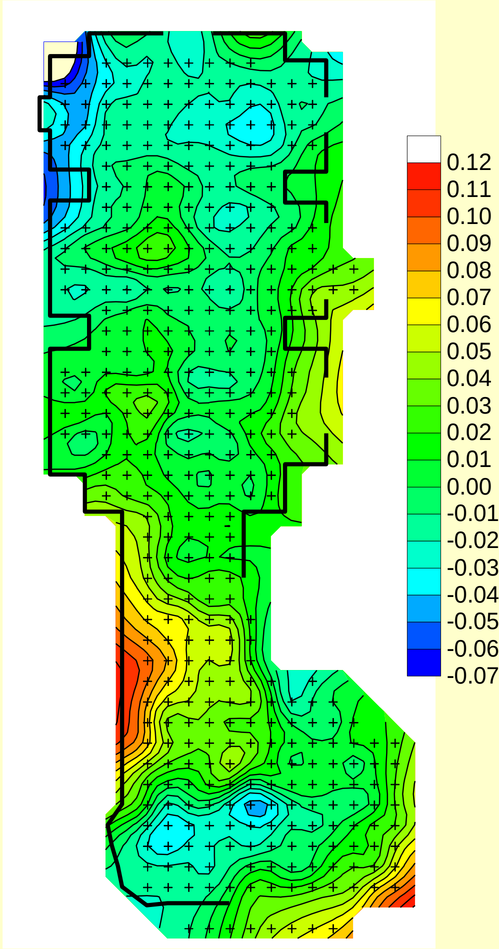

**úplné Bougerove anomálie pre red. hustotu 2.4 g.cm $^{-3}$ + oprava na múry**



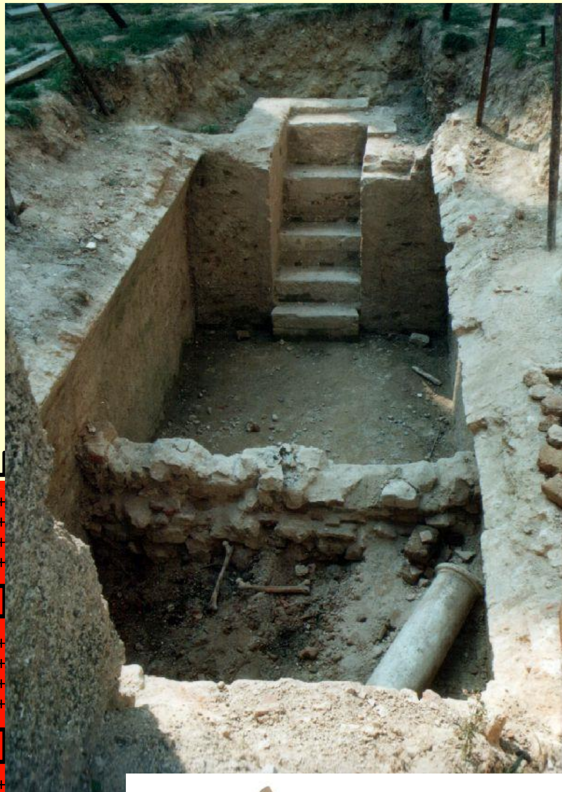

**regionálny trend**

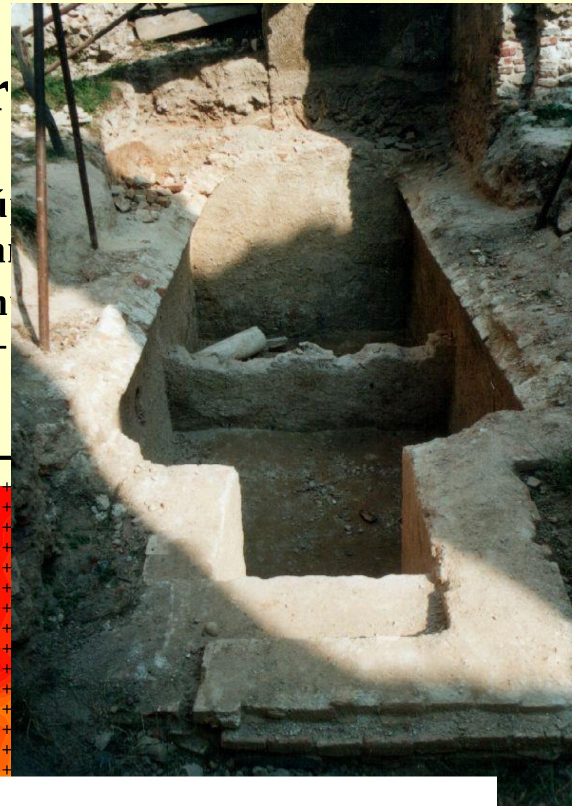


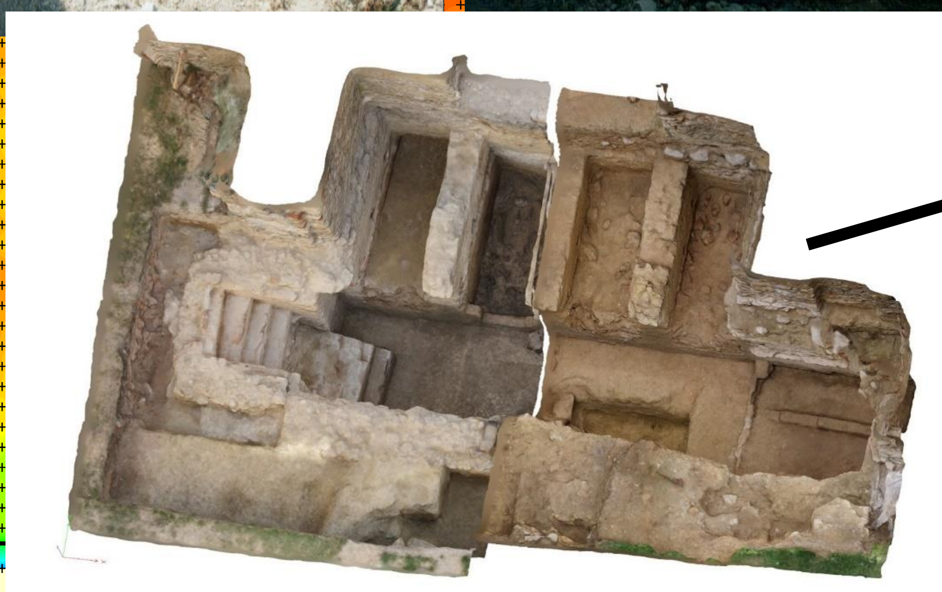
**reziduálne anomálie pre 2.4 g.cm $^{-3}$**

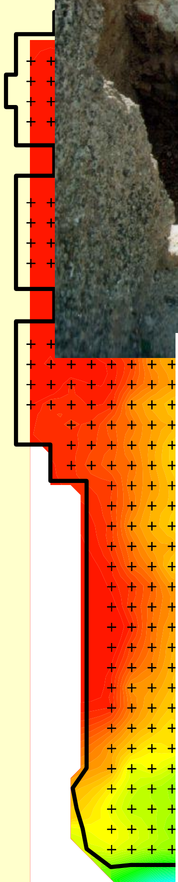


# ...duálnych anomálií



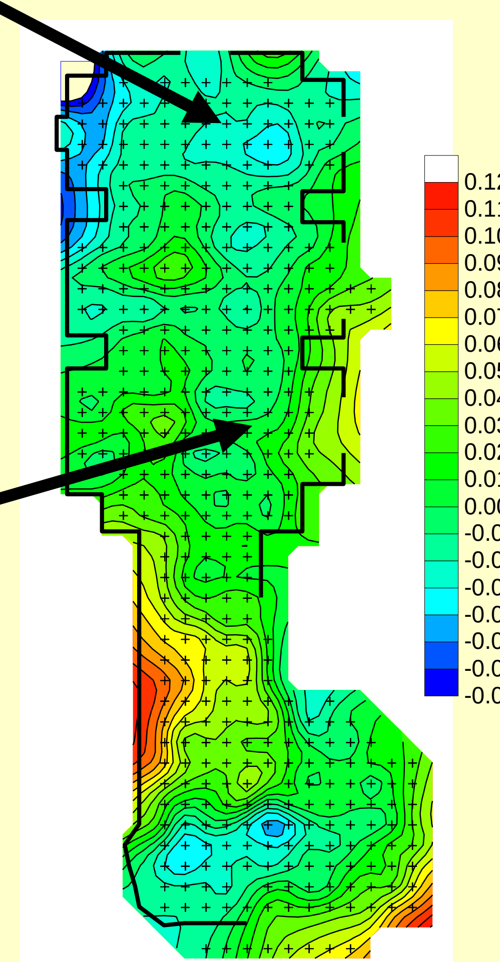






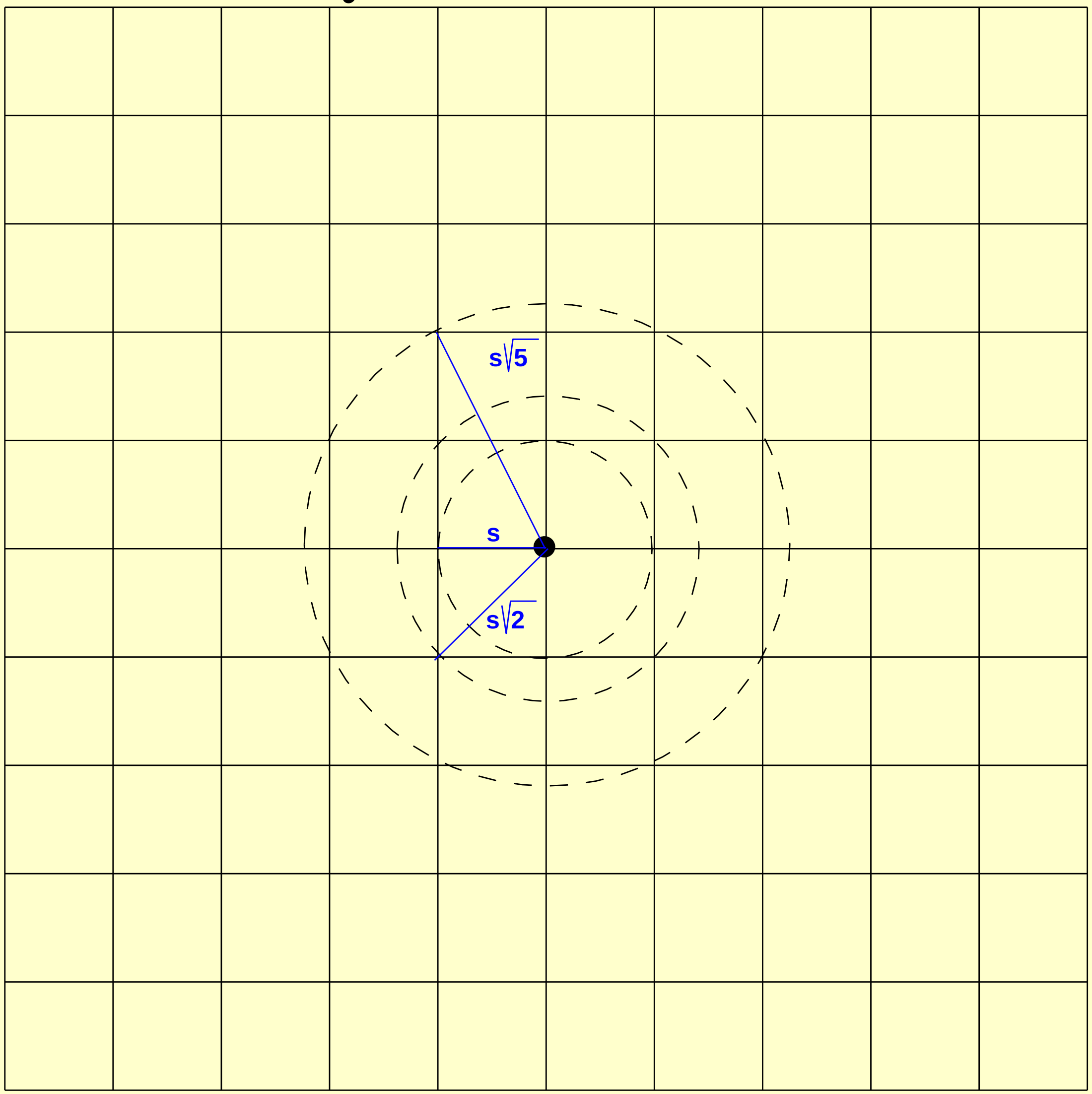
...y trend

reziduálne anomálie
pre 2.4 $g.cm^{-3}$



# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii - separácia anomálií*

## Griffinov vystreďovací vzorec




počítajú sa priemery z hodnôt, ležiacich na kružnici s určitým polomerom

(odporúča sa, aby sa rovnal 2 až 3 krát predpokladanej hĺbke anomálnych hmôt, ktoré chceme zvýrazniť)

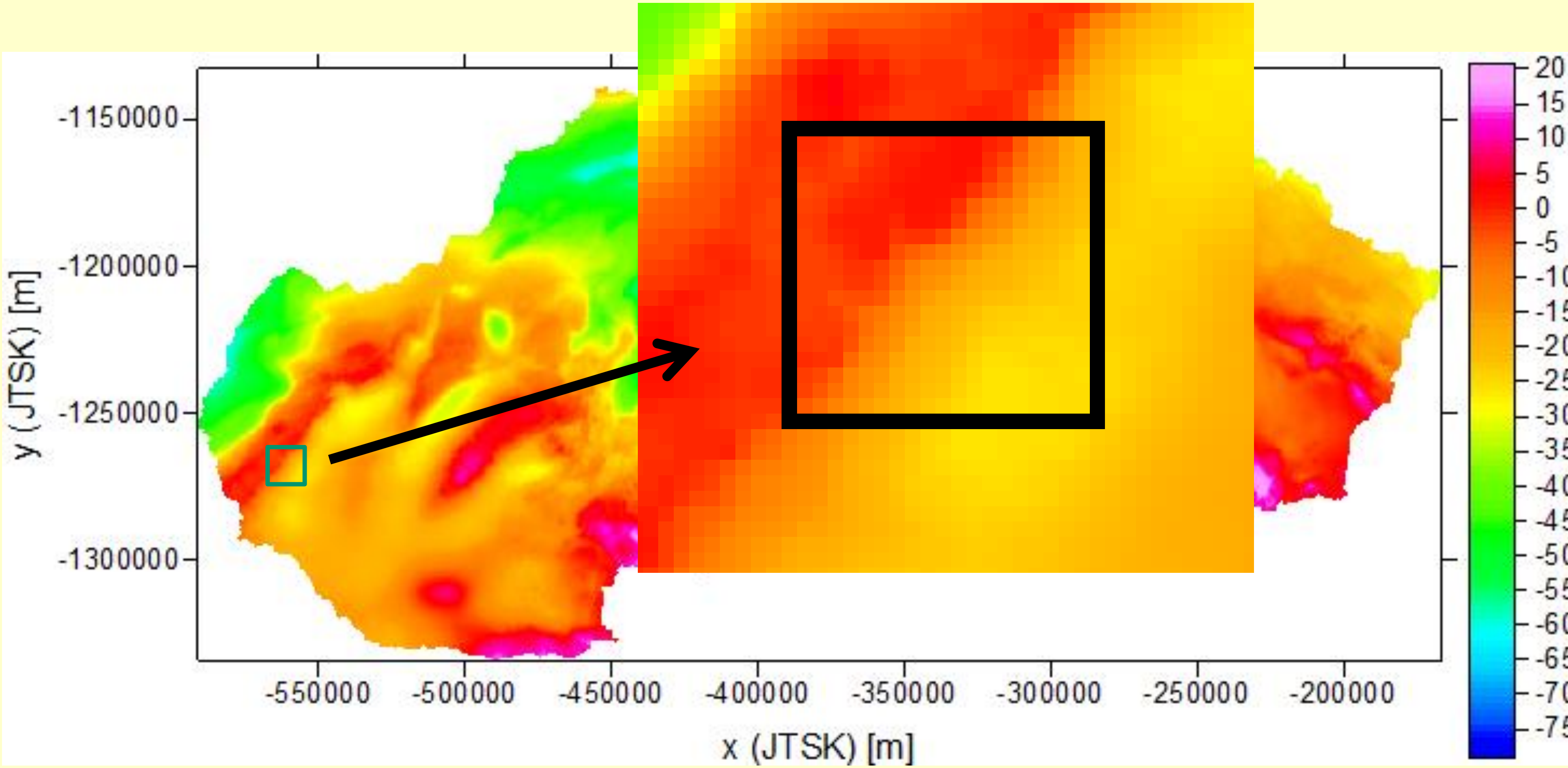
**(používa sa menej –**

**– vznik umelých prstencov okolo vyseparovaných anomálií,**

**– tzv. ringing)**

# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii - separácia anomálií*

**pri prieskumoch s menšou plochou je možné využiť aj regionálne pole ÚBA (z regionálnych pozemných meraní)**



## ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii - separácia anomálií***

**pri prieskumoch s menšou plochou je možné využiť aj regionálne pole ÚBA, zrátané z tzv. geopotenciálnych modelov (GGM)**

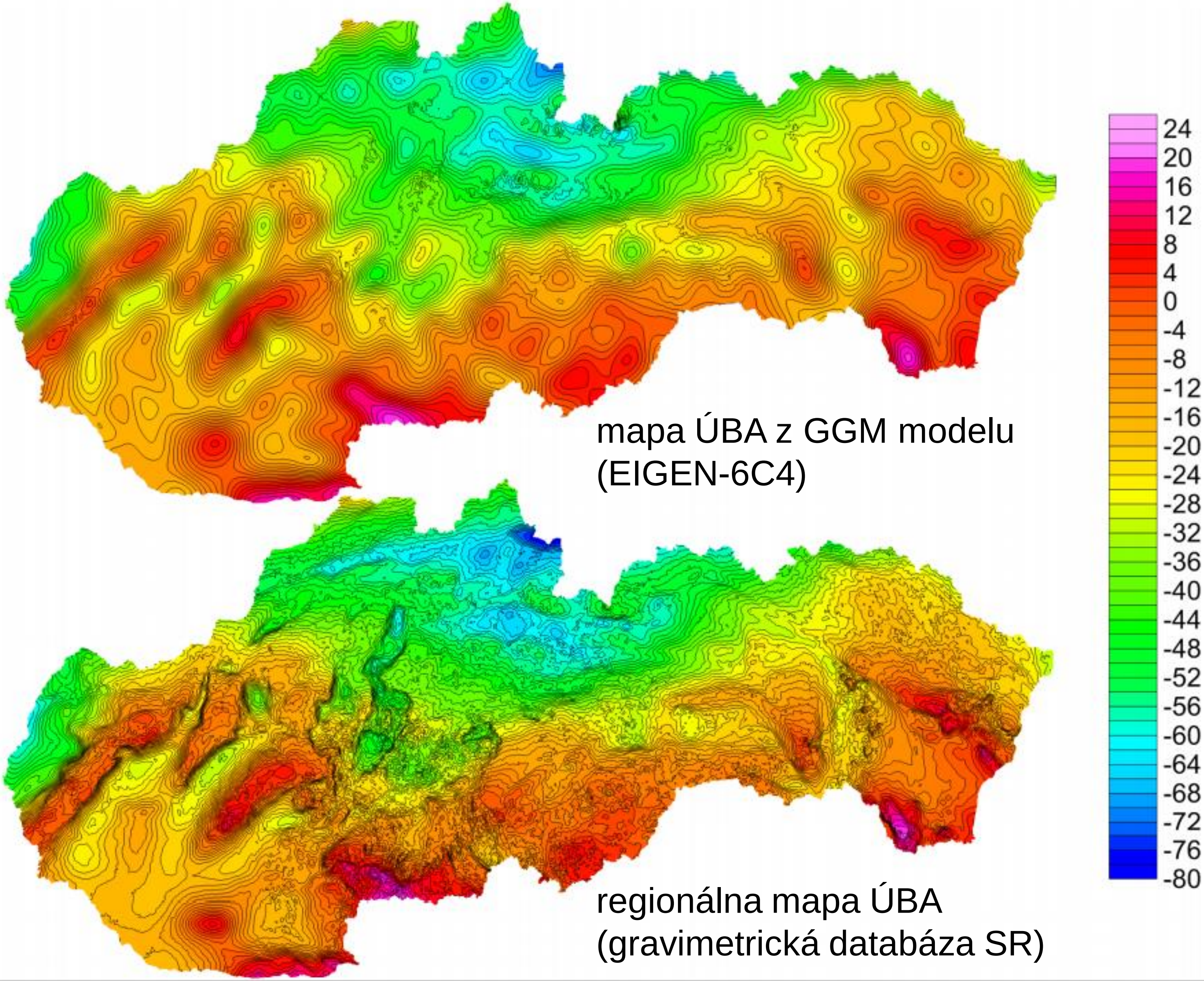
- geopotenciálne modely sú založené na aproximácii tiažového potenciálu (aj jeho vyšších derivácií) na základe rozvojov sférických funkcií (s relatívne vysokým počtom členov – až po 2190),

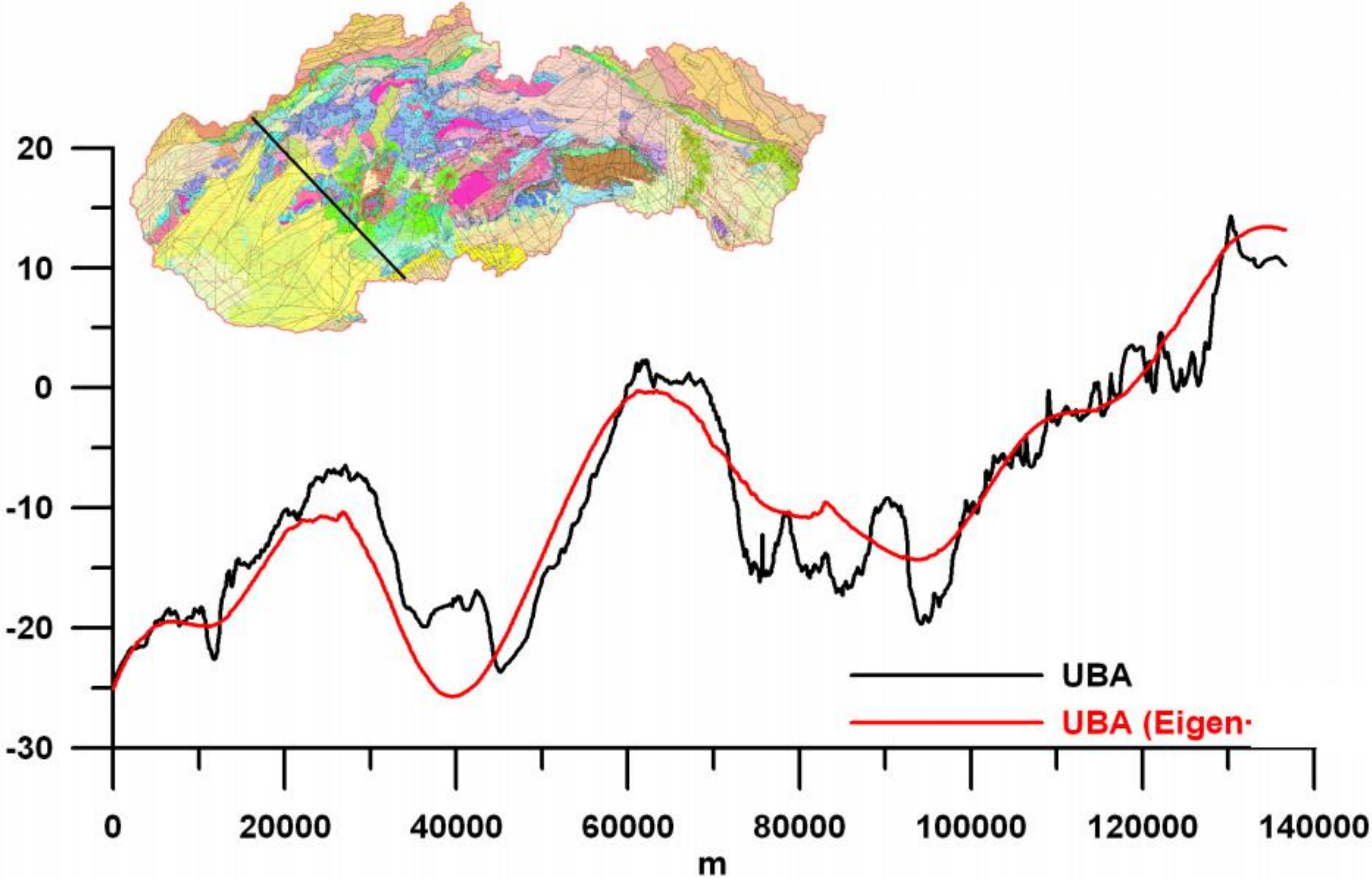
- známe modely: EGM2008, EIGEN-6C4, atď.

- dobré informácie na stránke GFZ v Potsdame:

  http://icgem.gfz-potsdam.de

- pomocou nich sa spočítajú aproximované hodnoty tiažového zrýchlenia vo výškach vpýpočtových (meracích) bodov a po aplikácií patričných korekcií (najmä masové, ale aj batymetrické) sa spočíta ÚBA.


mapa ÚBA z GGM modelu
(EIGEN-6C4)
regionálna mapa ÚBA
(gravimetrická databáza SR)
24
20
16
12
8
4
0
-4
-8
-12
-16
-20
-24
-28
-32
-36
-40
-44
-48
-52
-56
-60
-64
-68
-72
-76
-80

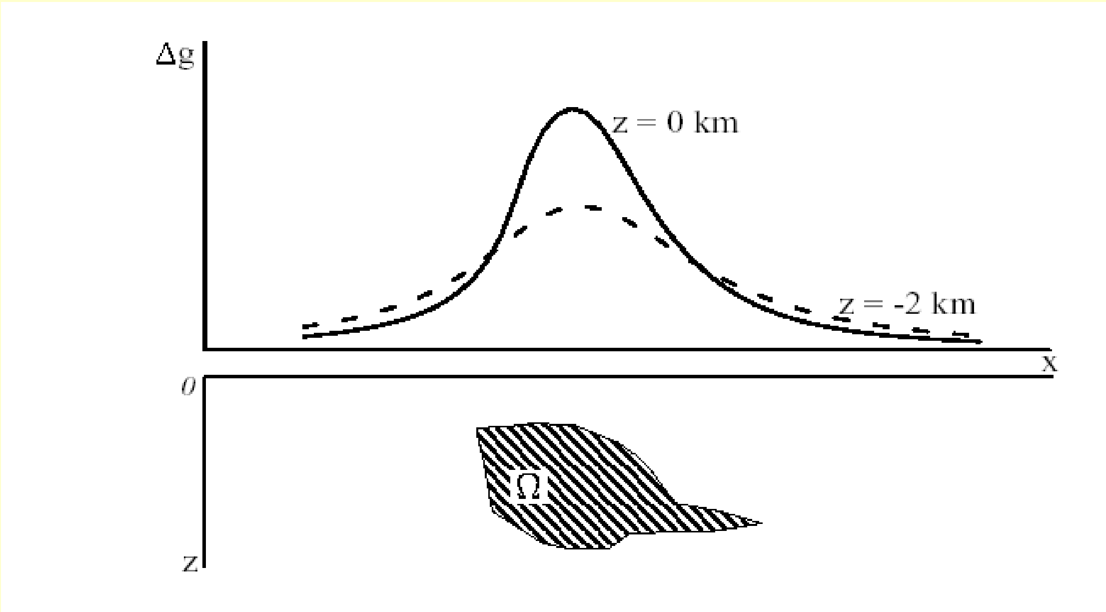

20
10
0
-10
-20
-30
mGal
0
20000
40000
60000
80000
100000
120000
140000
m
UBA
UBA (Eigen·

# ***<u>transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii</u>***

**analytické pokračovanie poľa (nahor, nadol)**

# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

## analytické pokračovanie poľa (nahor, nadol)




Obr. 1.7

**pole sa prepočíta na inú výškovú úroveň**

– <u>prepočet je možné realizovať iba v priestore bez významných anomálnych zdrojov</u> (pri porušení tejto podmienky môže dôjsť ku vzniku vážnych defektov)

riešenie tejto transformačnej úlohy je založené na riešení Laplaceovej diferenciálnej rovnice ($\nabla^2 U = 0$) v kartézsych súradniciach

(skriptá: Matem. základy teórie geof. metód, II.diel, str.35 – 37)

výsledkom je Fourierova transformácia riešenia = spektrálna charakteristika riešenia = $= e^{|k|z}$ (kde k-spektrálna premenná, z-hĺbková úroveň prepočtu)

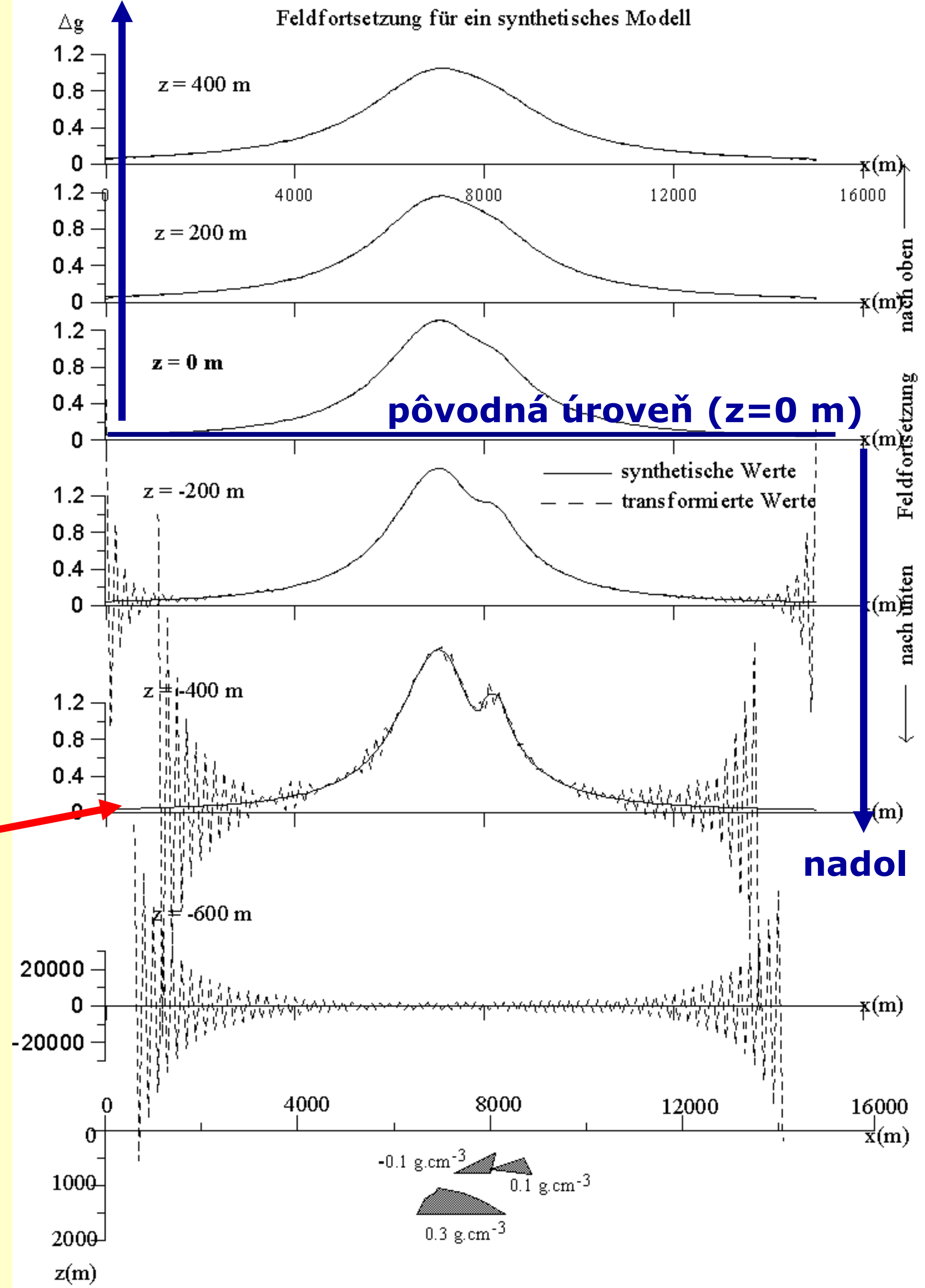
**(predpokladá sa, že namerané pole ÚBA je definované na rovine – obmedz.)**

# analytické pokračovanie poľa

**nahor: smerom od zdrojov**
**nadol: smerom ku zdrojom**

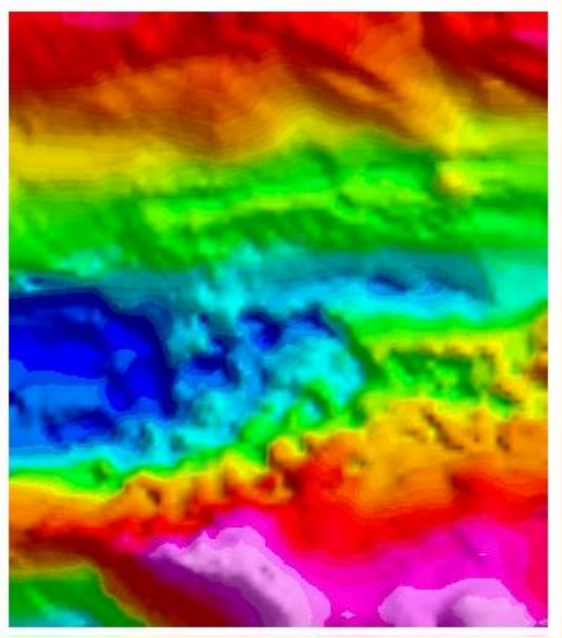
modelový príklad:

pri porušení podmienky, kladenej na priestor bez zdrojov poľa dochádza tzv. <u>rozpad poľa</u>
(pri priblížení sa k zdrojom)

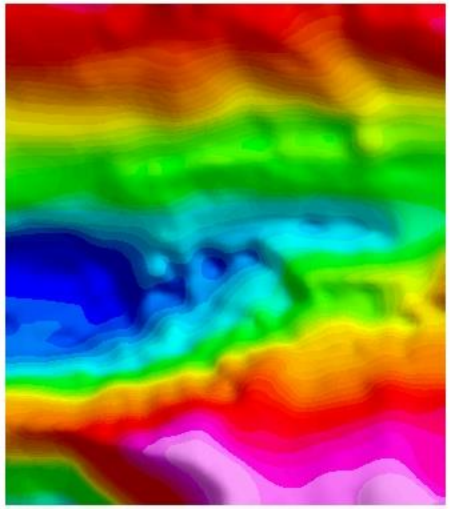


# *transformácie polí(ÚBA) v gravimetrii*

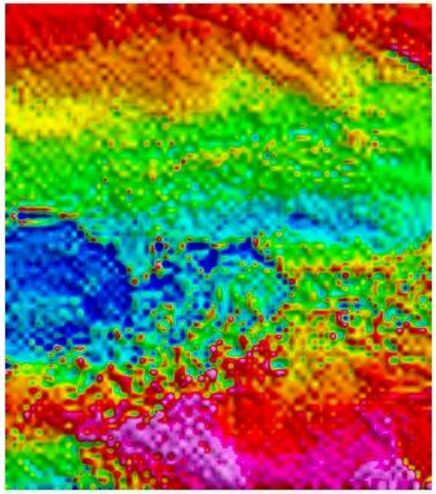
## analytické pokračovanie poľa nadol



pokračovanie nahor (continuation upwards) (5000 m)



pokračovanie nadol (continuation downwards) (5000 m)



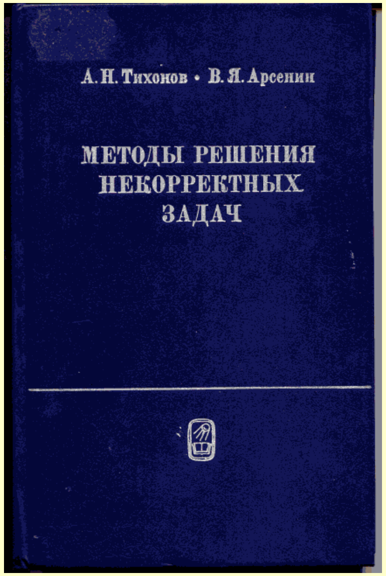
príklad: UBA z projektu TRANSALP,  cca. 350 x 400 km

## analytické pokračovanie poľa nadol

žial pri analytickom prepočte nadol dochádza k rozpadu poľa niekedy skôr, ako je dosiahnutá hĺbková úroveň najplytších dôležitých zdrojov
- spôsobené je to prítomnosťou šumu a chýb v pôvodných dátach alebo výrazným okrajovým efektom (ktoré sa operáciou pokračovania nadol zvýraznia)

**liek – tlmenie oscilácií pomocou**
**nízko-pásmového filtra**
**(vyhladzujúceho filtra)**
**tzv. regularizácia**

(detaily vo výberovke, 5.ročník)



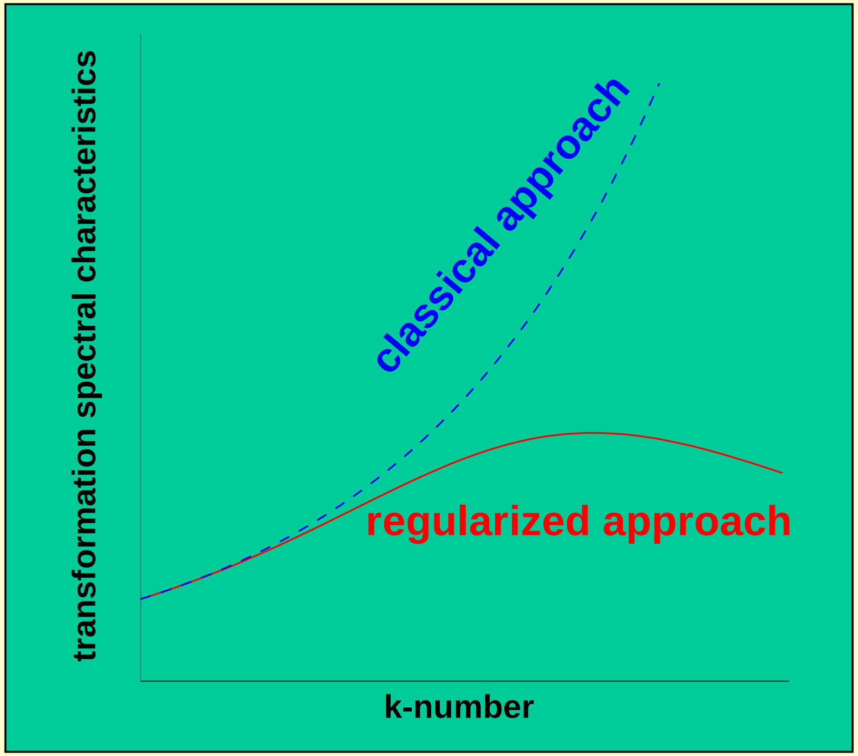
## *transformácie polí(ÚBA) v gravimetrii*

**analytické pokračovanie poľa nadol pomocou regularizácie**

$$\text{spektrálna charakteristika} = e^{|k|z} \frac{1}{1+\alpha k^2 e^{|k|z}}$$

**klasická spektrálna charakteristika**

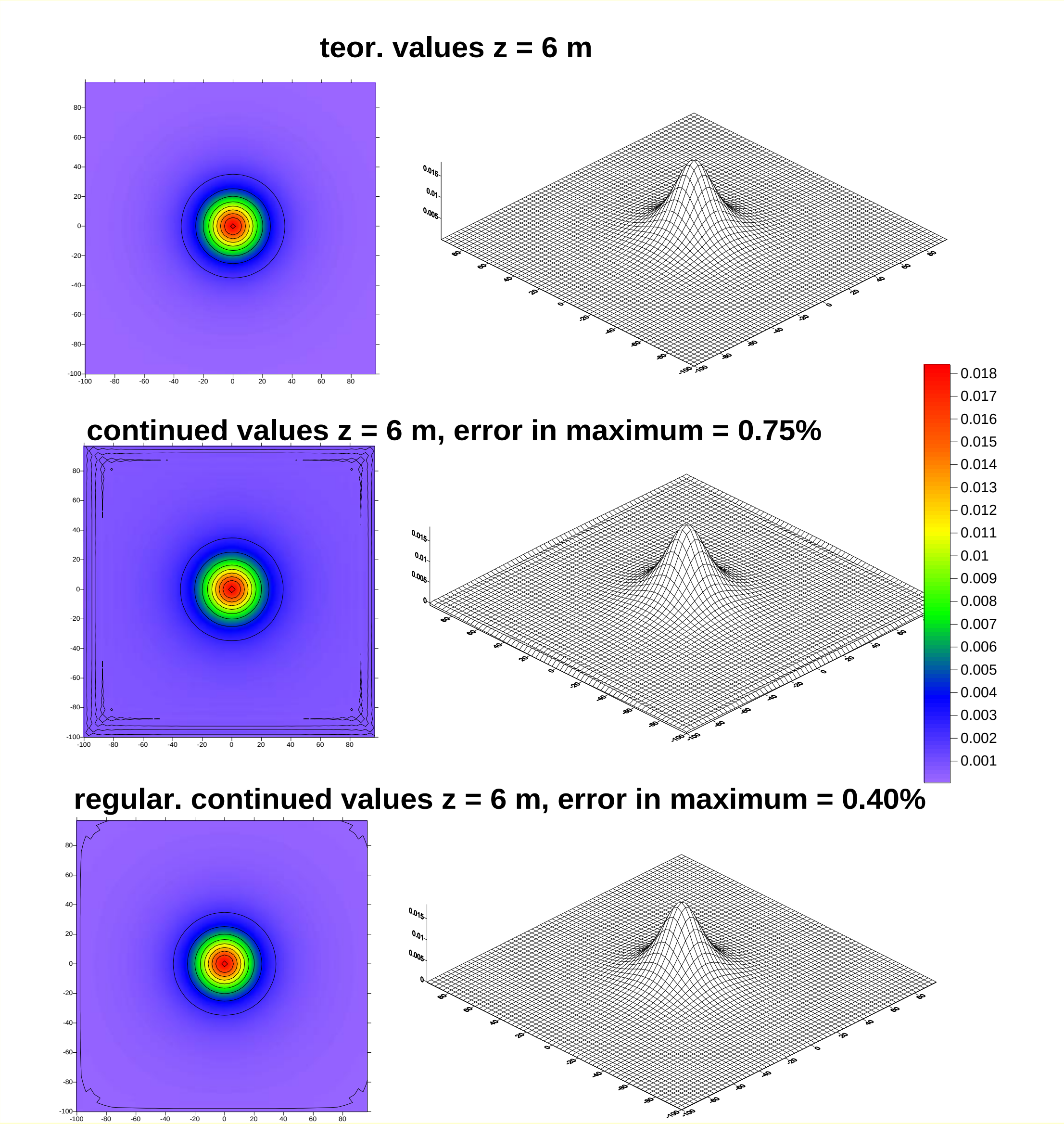
**nízko-priepustný (vyhladzujúci) filter**




k – spektrálna premenná
z – hĺbka prepočtu
$\alpha$ – parameter filtra (určovaný špeciálnym spôsobom)

# analytické pokračovanie poľa nadol

**prepočet na úroveň z = 6 m**

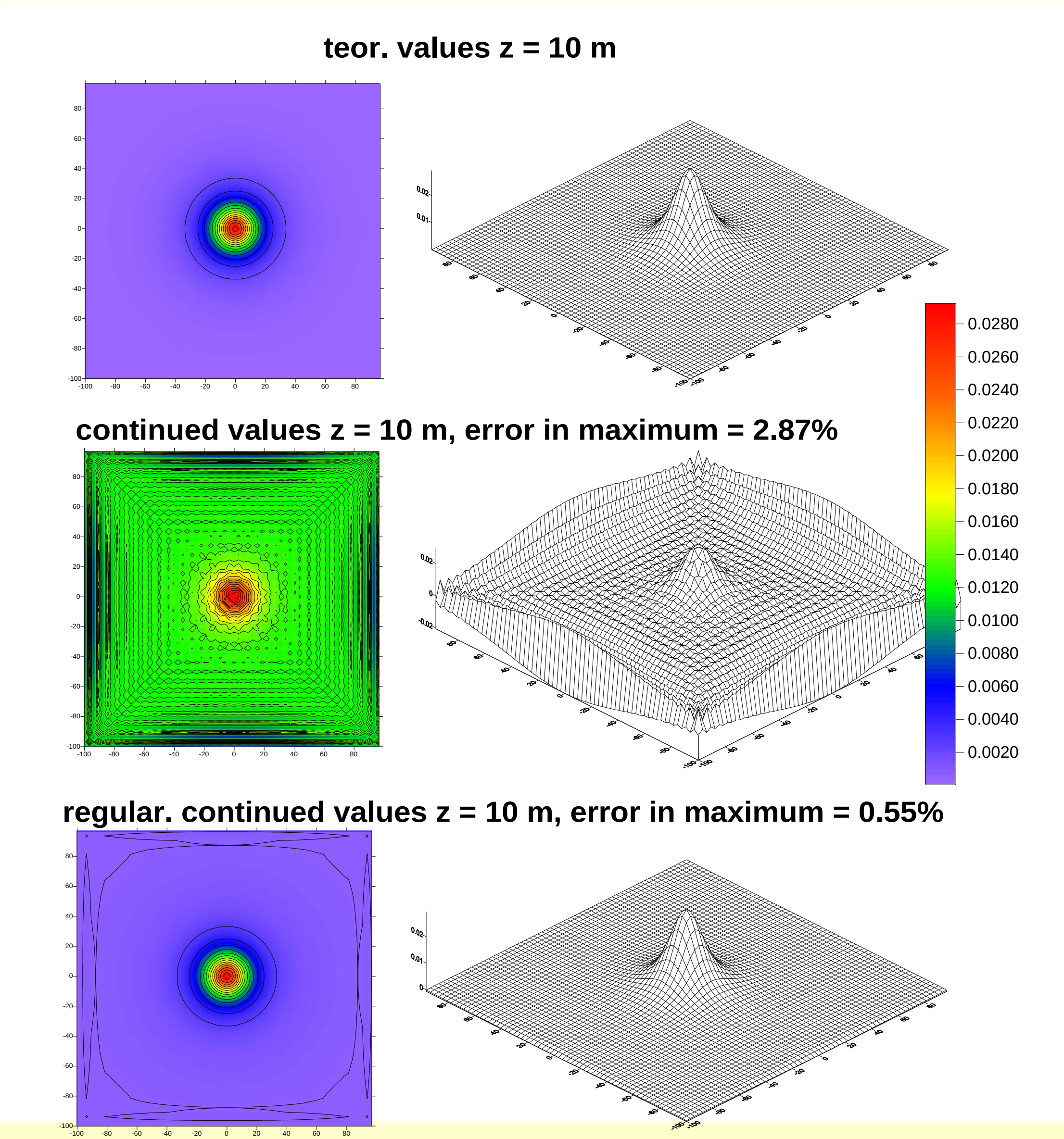



**modelová štúdia** využitia regulariz. pokračovania nadol:

hranol s hĺbkou uloženia hornej hrany v 20 m

# analytické pokračovanie poľa nadol

**prepočet na úroveň z = 10 m**

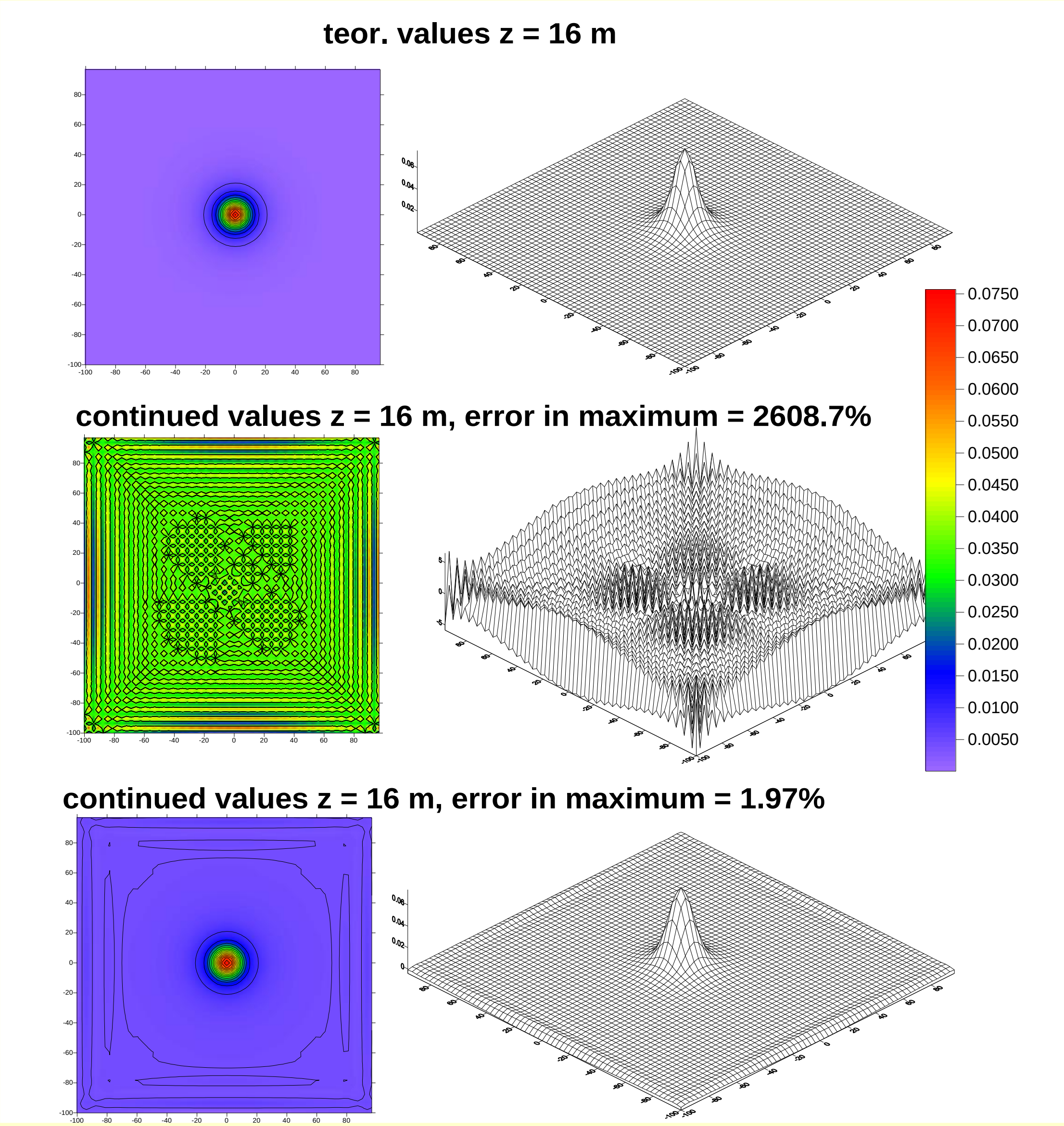



**modelová štúdia** využitia regulariz. pokračovania nadol:

hranol s hĺbkou uloženia hornej hrany v 20 m

# analytické pokračovanie poľa nadol

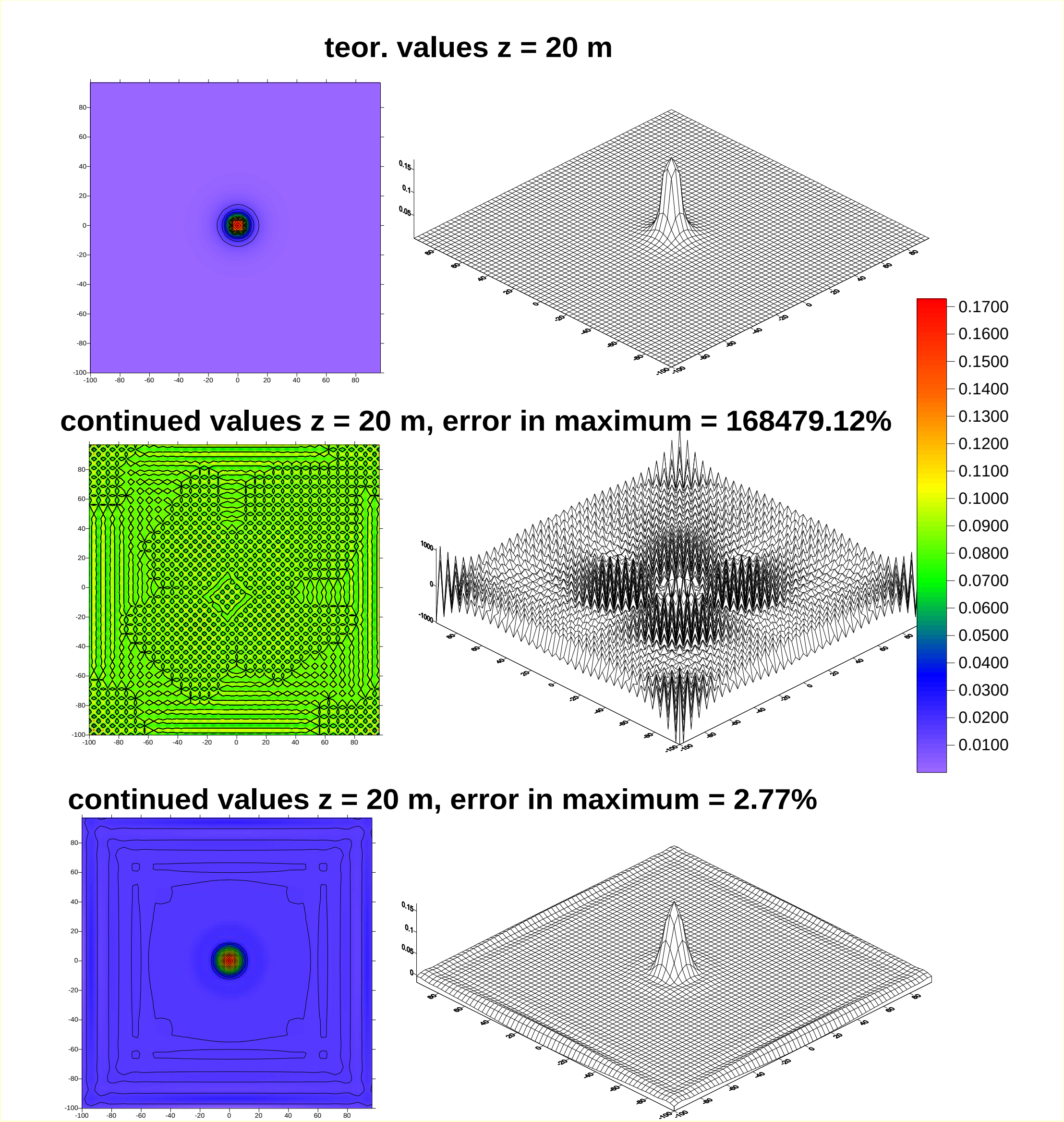
prepočet
na úroveň
z = 16 m




**modelová štúdia** využitia regulariz. pokračovania nadol:

hranol s hĺbkou uloženia hornej hrany v 20 m

# analytické pokračovanie poľa nadol




**prepočet na úroveň z = 20 m (horný okraj telesa)**

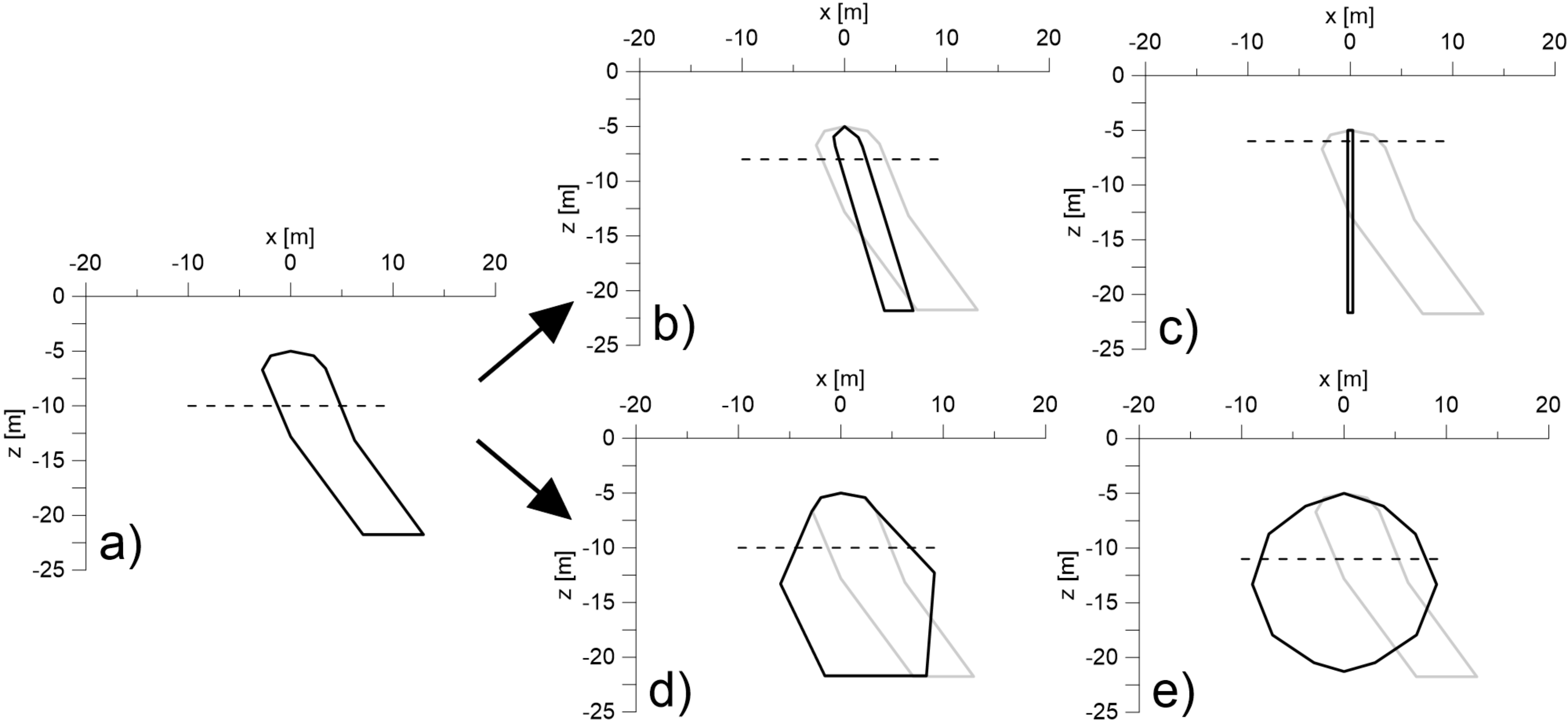
**modelová štúdia** využitia regulariz. pokračovania nadol:

hranol s hĺbkou uloženia hornej hrany v 20 m

## analytické pokračovanie poľa nadol

Teoreticky by sme mali môcť maximálne pokračovať nadol po horný okraj telesa, v praxi sa však dostávame hlbšie (závisí to od viacerých parametrov – aj od tvaru telesa).

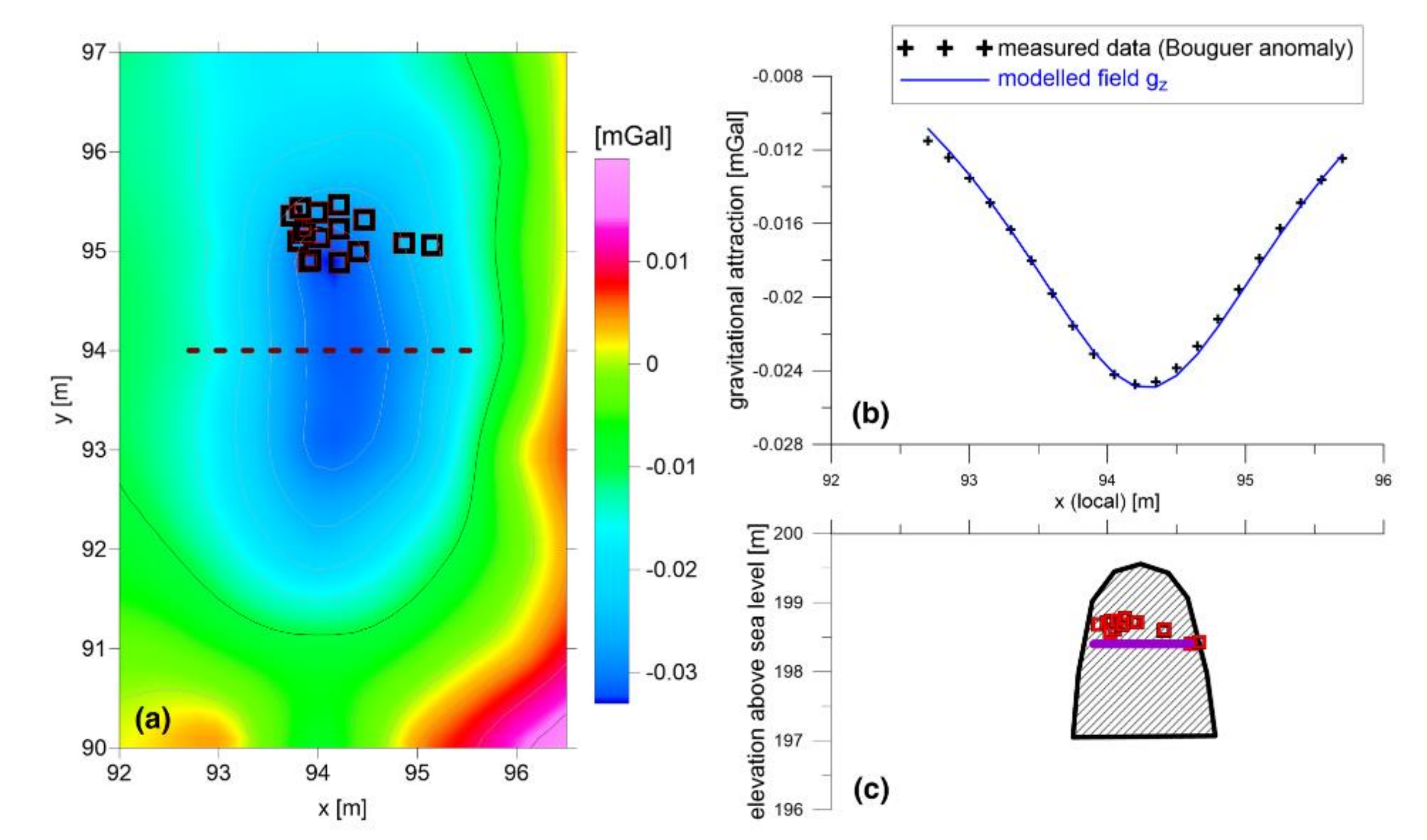
**syntetický (teoretický) model**



# analytické pokračovanie poľa nadol

Teoreticky by sme mali môcť maximálne pokračovať nadol po horný okraj telesa, v praxi sa však dostávame hlbšie (závisí to od viacerých parametrov – aj od tvaru telesa).

## praktický príklad




interpretácia vybranej anomálie od dutiny (krypty), dóm sv. Mikuláša v Trnave

# výpočet vyšších derivácií (a ich pomerov)

# výpočet vyšších derivácií

- vertikálne derivácie: $V_{zz} = \partial \Delta g_B / \partial z$ a $V_{zzz} = \partial^2 \Delta g_B / \partial z^2$

- horizontálne derivácie: $V_{xz} = \partial \Delta g_B / \partial x$ a $V_{yz} = \partial \Delta g_B / \partial y$

  a z nich tvorený

  horizontálny gradient $HG = \sqrt{\left(\partial \Delta g_B / \partial x\right)^2 + \left(\partial \Delta g_B / \partial y\right)^2}$

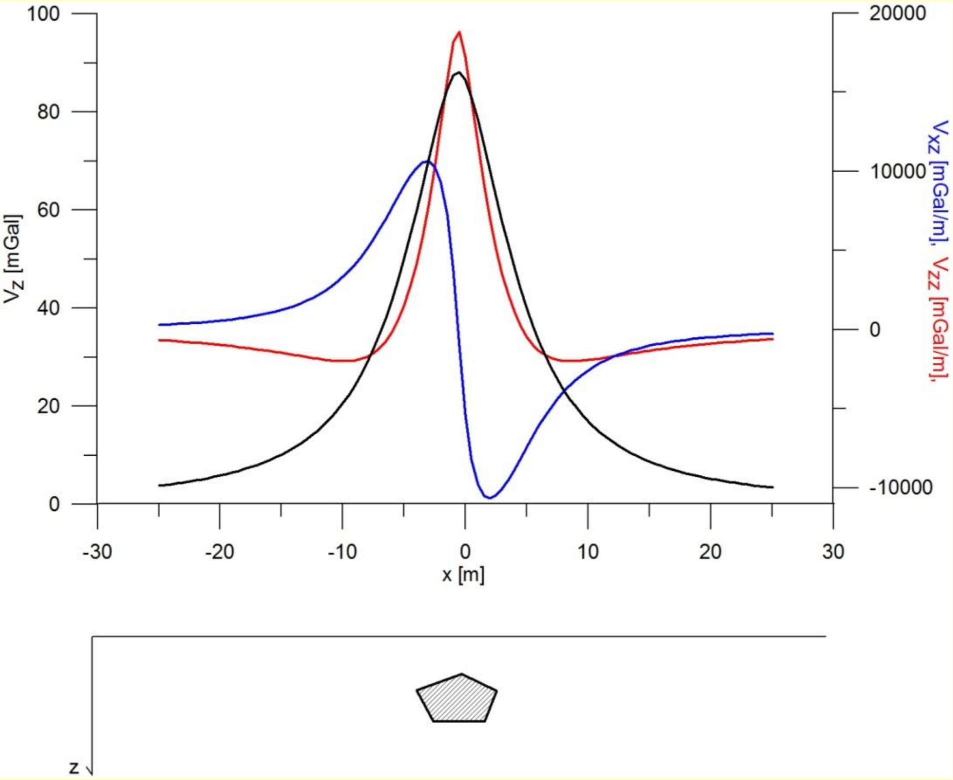
- analytický signál (totálny gradient)

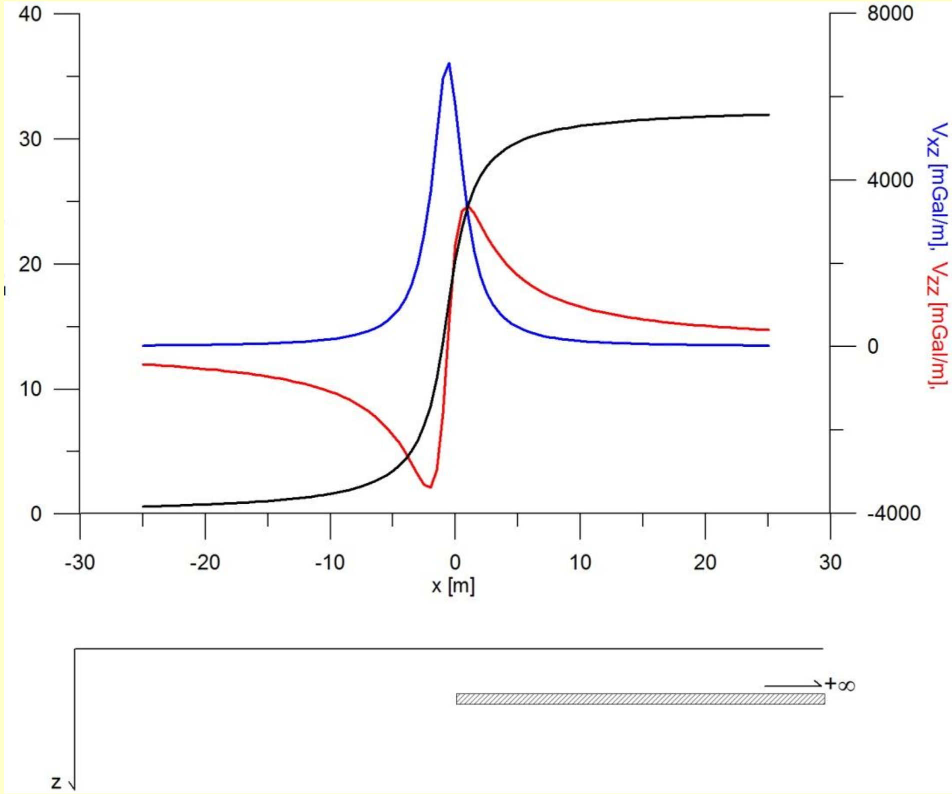
$$AS = \sqrt{\left(\partial \Delta g_B / \partial x\right)^2 + \left(\partial \Delta g_B / \partial y\right)^2 + \left(\partial \Delta g_B / \partial z\right)^2}$$

(využívaný najmä v magnetometrii)

# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

## výpočet vyšších derivácií



## *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

# výpočet vyšších derivácií

***numerická realizácia –***

- v priestorovej oblasti – kĺzajúce konvolučné filtre (okná):

– FIR-filtre (filtre s konečným počtom prvkov)

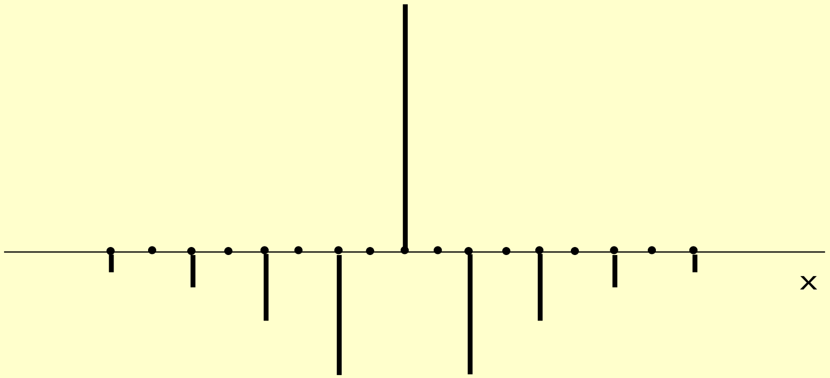
napr. pre horiz. deriváciu:

tzv. konečné diferencie: $\partial \Delta g_B / \partial x \approx [\Delta g_B(+s) - \Delta g_B(-s)]/2s$

(s – krok medzi bodmi profilu alebo bunkami gridu)

– IIR-filtre (filtre s nekonečným počtom prvkov)

napr. pre vertik. deriváciu:



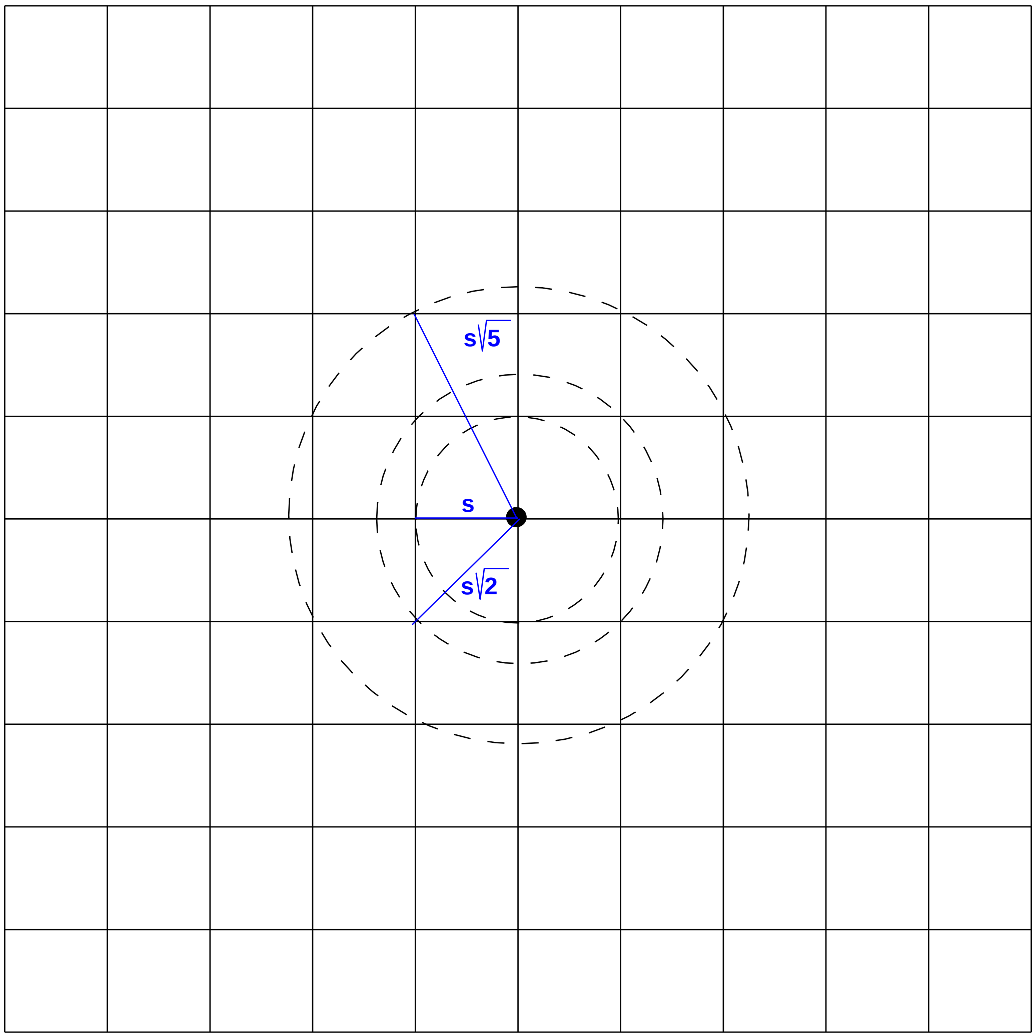
# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

# výpočet vyšších derivácií

***numerická realizácia –***

- <u>v priestorovej oblasti</u> –

kĺzajúce konvolučné filtre (okná):




v prípade práce s gridmi (mapami) sa používajú tzv. kruhovo symetrické konvolučné filtre (nie krížové), hodnoty na jednotl. Kružniciach sa sumujú a násobia koeficientami

odvodené viacerými autormi ($V_{zzz}$): Elkins, Rosenbach, Baranov, atď.

# ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii***

# **výpočet vyšších**

***numerická realizácia –***

- <u>v priestorovej oblasti</u> –

kĺzajúce konvolučné filtre (ok

ELKINS I

$$V_{zzz} = \frac{1}{62s^2}\left[44\Delta g(0) + 16\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s) - 12\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s\sqrt{2}) - 48\sum_{1}^{8}\Delta g_i(s\sqrt{5})\right],$$

ELKINS II

$$V_{zzz} = \frac{1}{66s^2}\left[204\Delta g(0) - 48\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s) - 47\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s\sqrt{2}) + 32\sum_{1}^{8}\Delta g_i(s\sqrt{5})\right],$$

Mc COLLUM

$$V_{zzz} = \frac{1}{12s^2}\left[60\Delta g(0) - 64\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s) + 4\sum_{1}^{4}\Delta g_i(2s)\right],$$

ROSENBACH I

$$V_{zzz} = \frac{1}{24s^2}\left[90\Delta g(0) - 72\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s) - 32\sum_{1}^{4}\Delta g_i(s\sqrt{2}) + 8\sum_{1}^{8}\Delta g_i(s\sqrt{5})\right],$$

v prípade práce s gridmi (map
sa používajú tzv. kruhovo
symetrické konvolučné
filtre (nie krížové)

odvodené viacerými autormi ($V_{zzz}$): Elkins, Rosenbach, Baranov, atď.

# ***transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii***

## **výpočet vyšších derivácií**

***numerická realizácia –***

- v spektrálnej oblasti – využívajúc konvolučnú teorému

spektrálne charakteristiky:

n-tá horizontálna derivácia: $(ik)^n$

(vyplýva to z vlastnosti FT z derivácie)

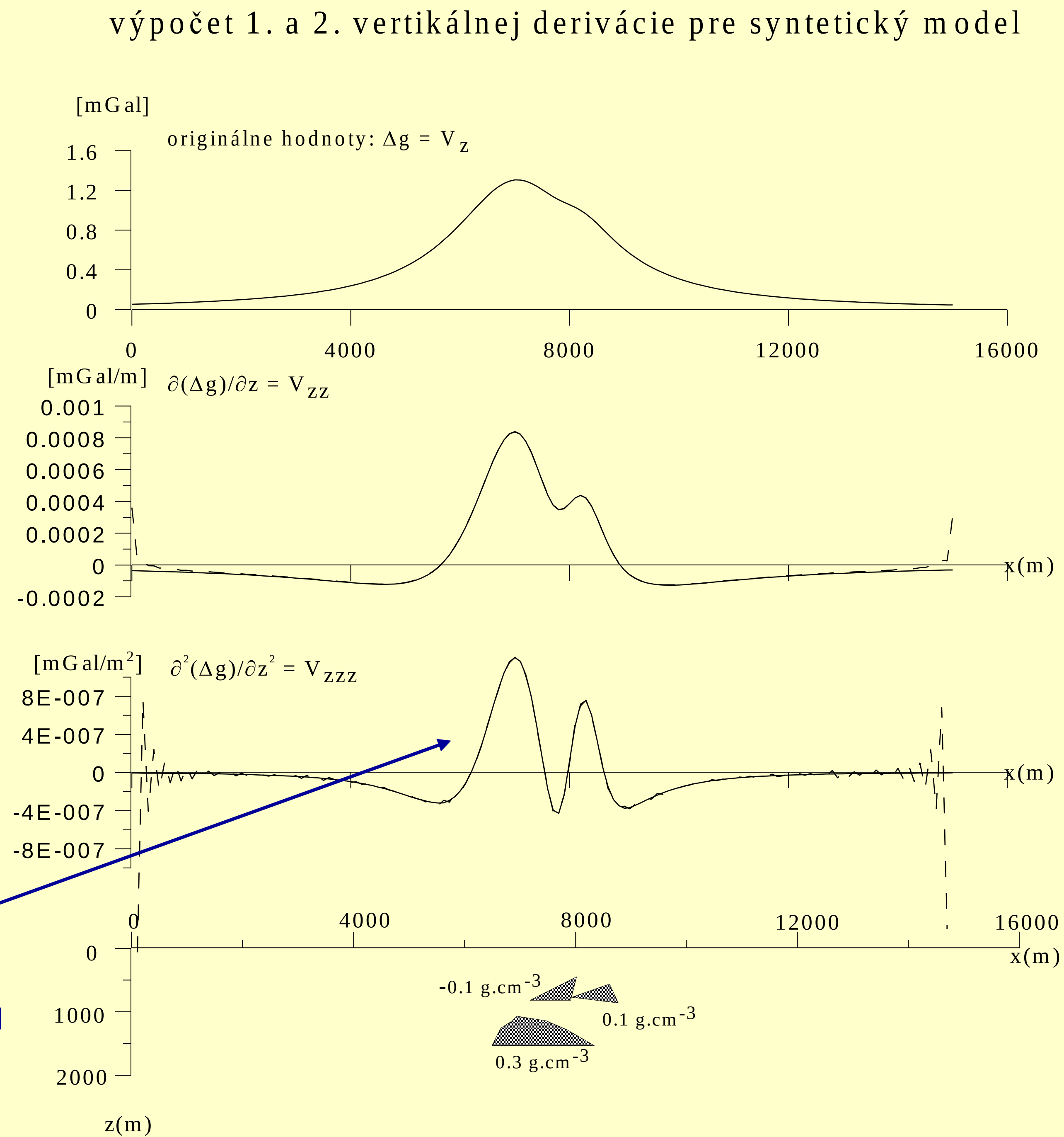
n-tá vertikálna derivácia: $|k|^n$

(získa sa výpočtom FT z priamej úlohy v gravimetrii)

(k – spektrálna premenná)

# výpočet vyšších vertik. derivácií

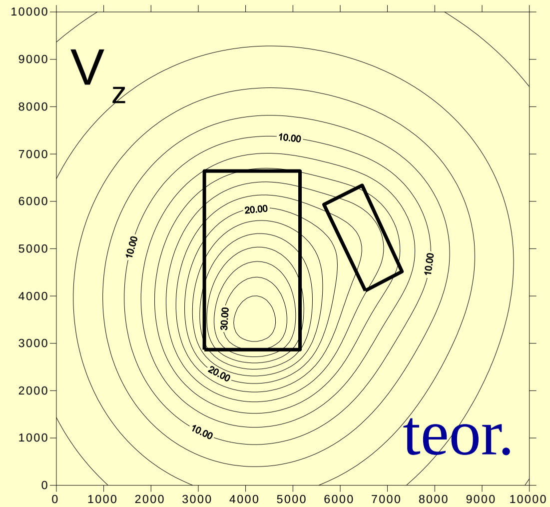
modelový príklad

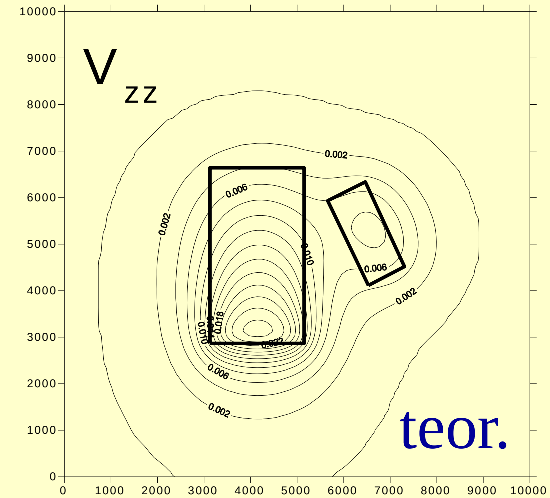


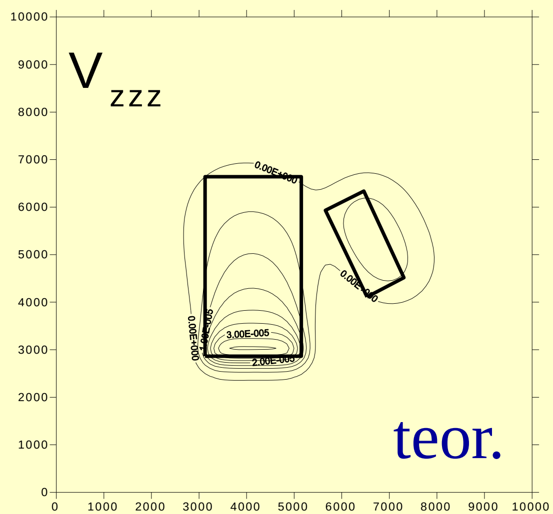

**výpočtom $V_{zz}$ a $V_{zzz}$ sa zvyšuje „dynamickosť" poľa (krivky, - ale vznikajú aj falošné anomálie**

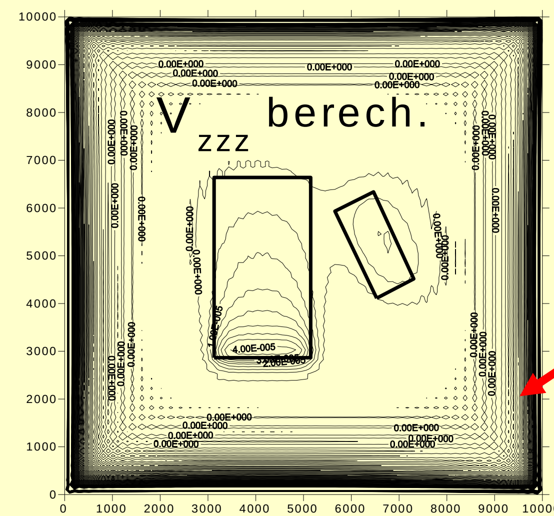
# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

## výpočet 2. vertikálneho gradientu – modelová štúdia




**krížový filter**

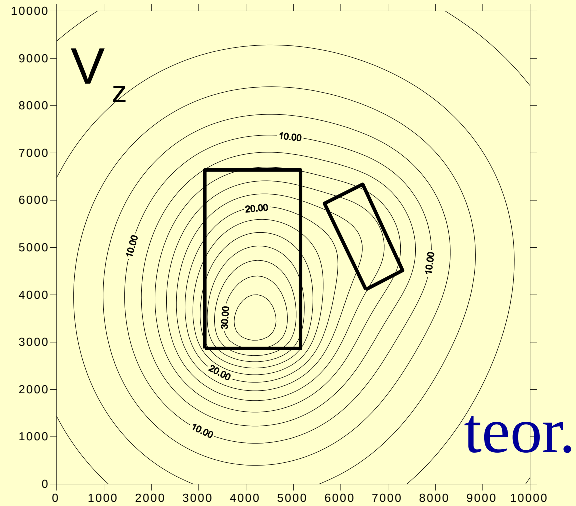
výrazný okrajový efekt

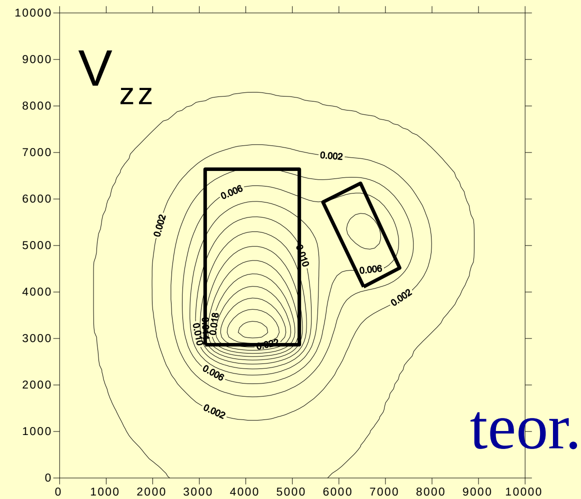
numer.

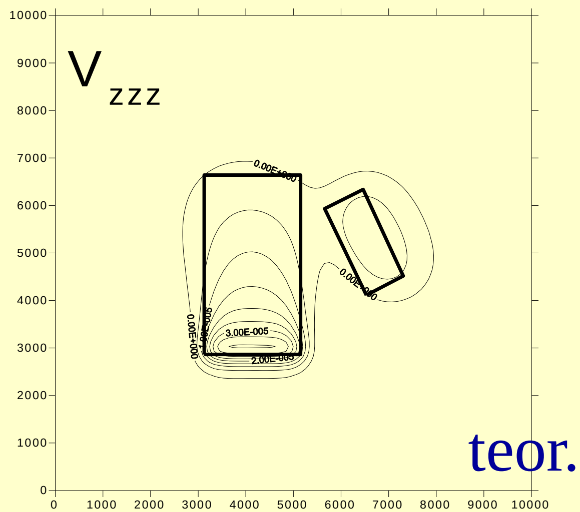
(vypočítaný zle)

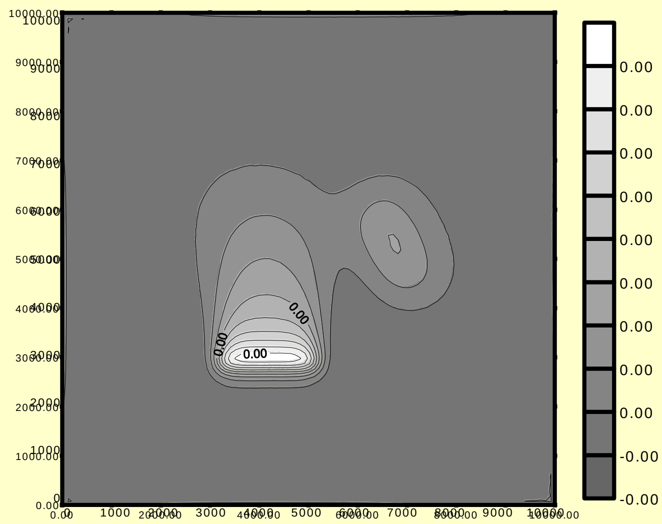
# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

## výpočet 2. vertikálneho gradientu – modelová štúdia




**kruhovo symetr. filter**

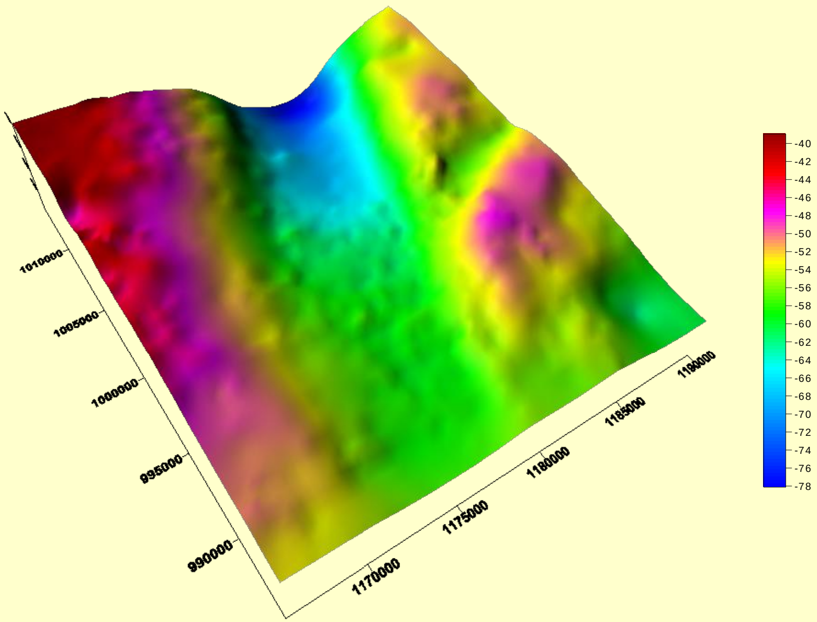
numer.

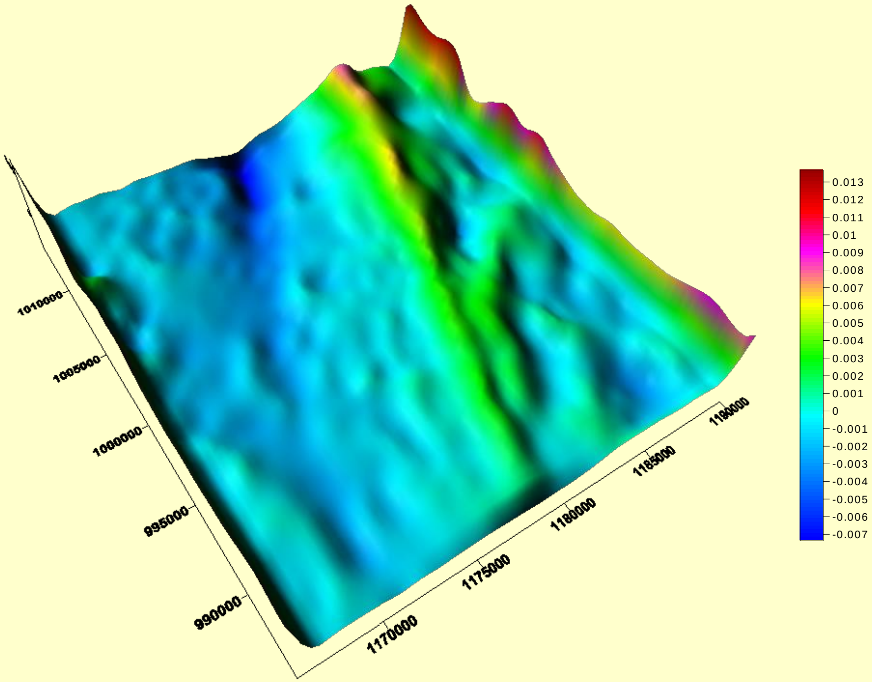
(vypočítaný dobre)

# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

## výpočet vyšších derivácií – horizontálny gradient ($V_{xz}$) - príklad

### regionálna mapa ÚBA – oblasť Mŕtveho mora




**originálne ÚBA**

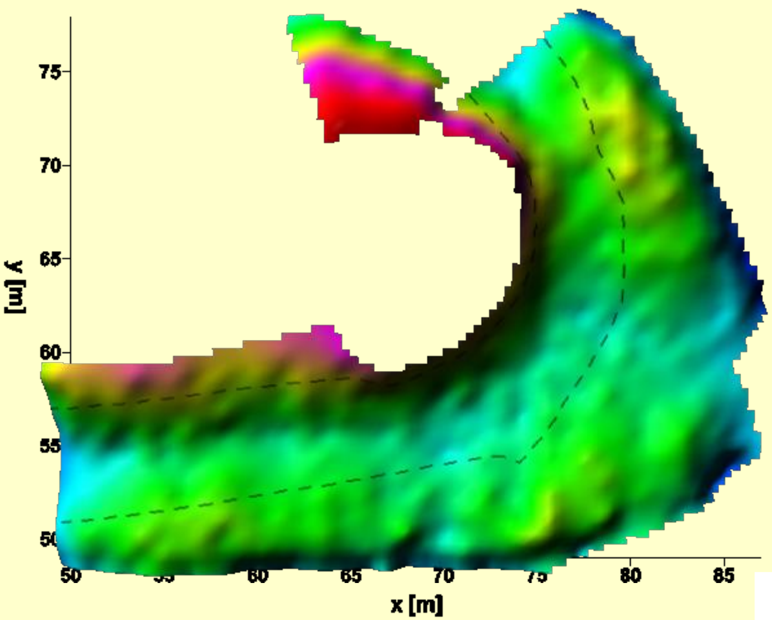
**horizontálny gradient ($V_{xz}$)**

# *transformácie polí (ÚBA) v gravimetrii*

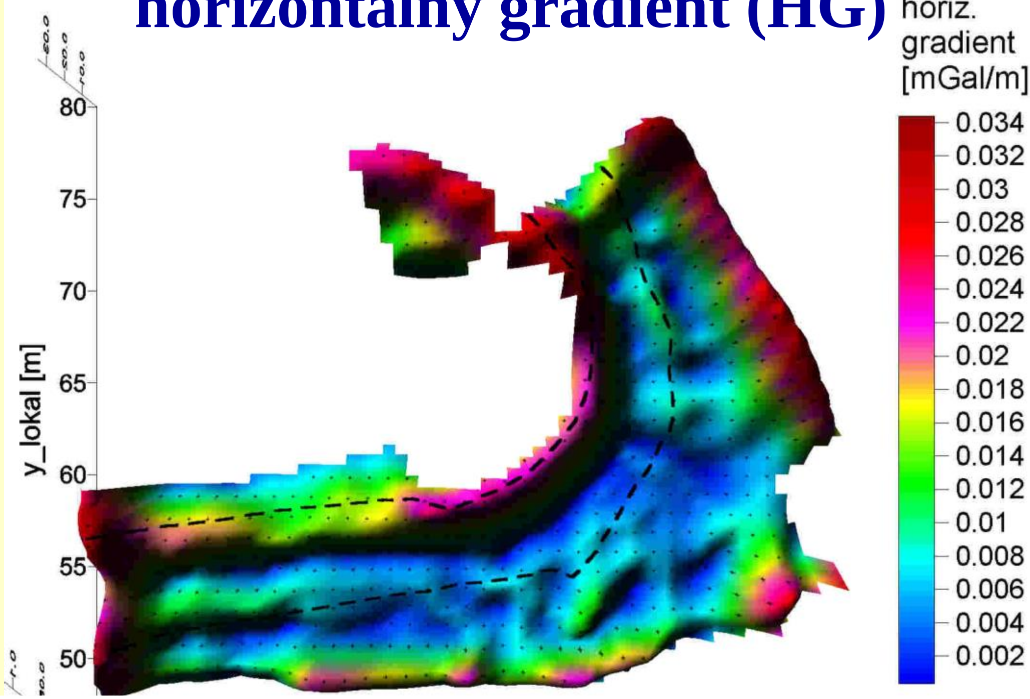
## výpočet vyšších derivácií – horizontálny gradient (HG) - príklad

lokálne maximá horizontálneho gradientu poukazujú na dôležité hustotné hranice - v našom prípade na ohraničenia dutín a priestorov so sníženou hustotou

**originálne ÚBA**



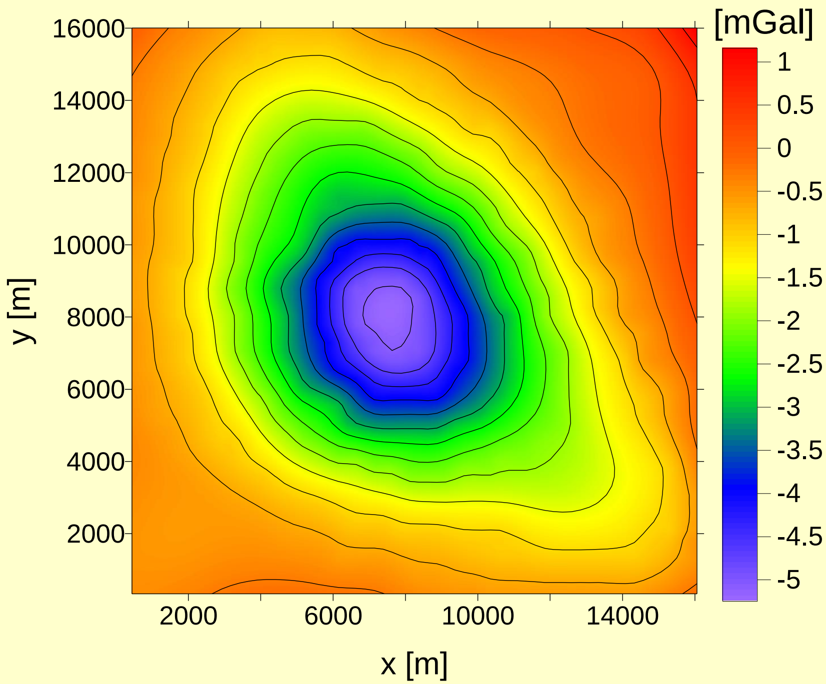

**horizontálny gradient (HG)**



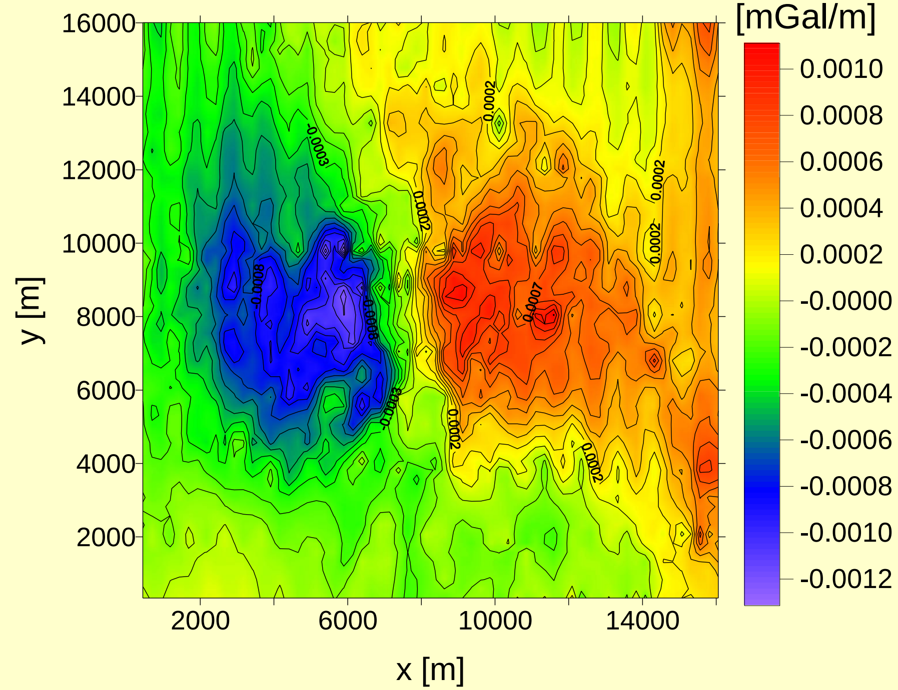

**mikrogravimetria – Oravský hrad, Veľká terasa**

# transformácie založené na deriváciách:

máme tu problém so zvýraznením šumu a chýb –
výpočet derivácie je nestabilná operácia



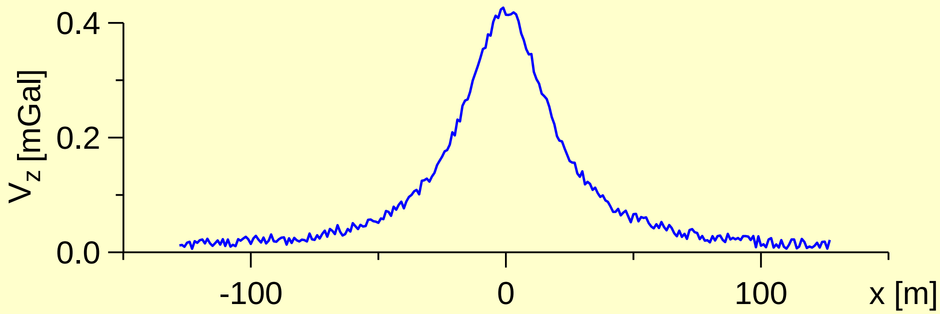

x-ová derivácia




reziduálna Bouguerova anomália nad solným dómom
Louisiana, USA (podľa Nettleton, 1979)

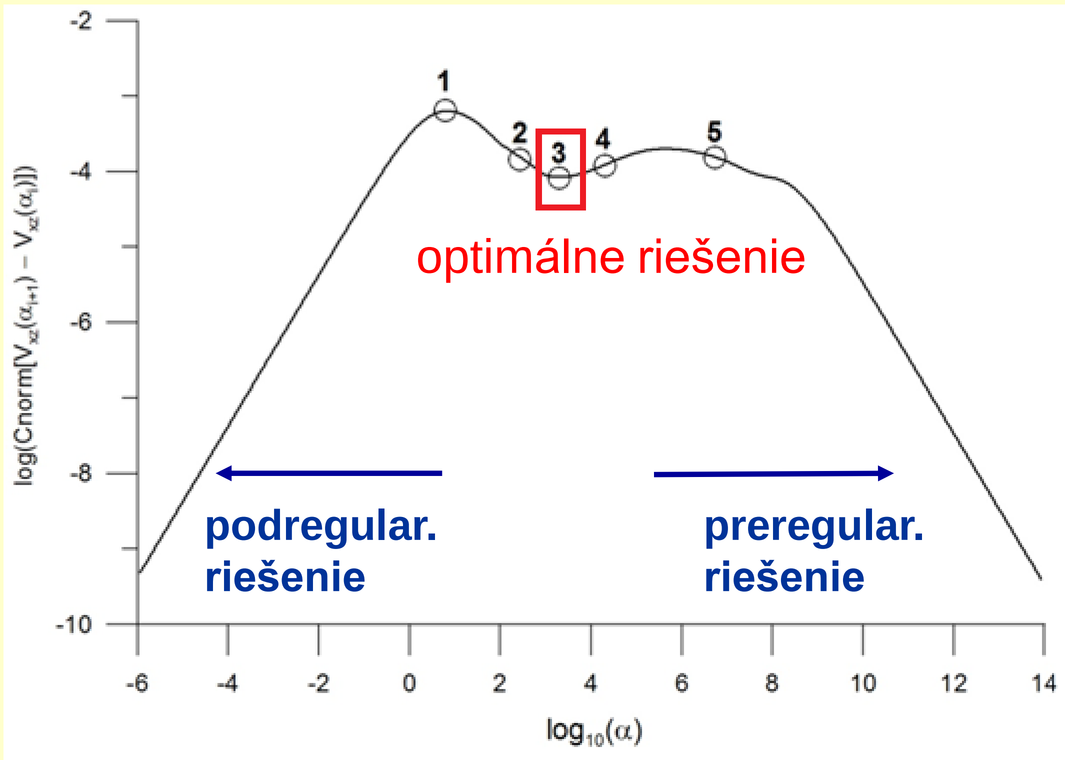
jedna z možností "liečby" – Tichonovova regularizácia:

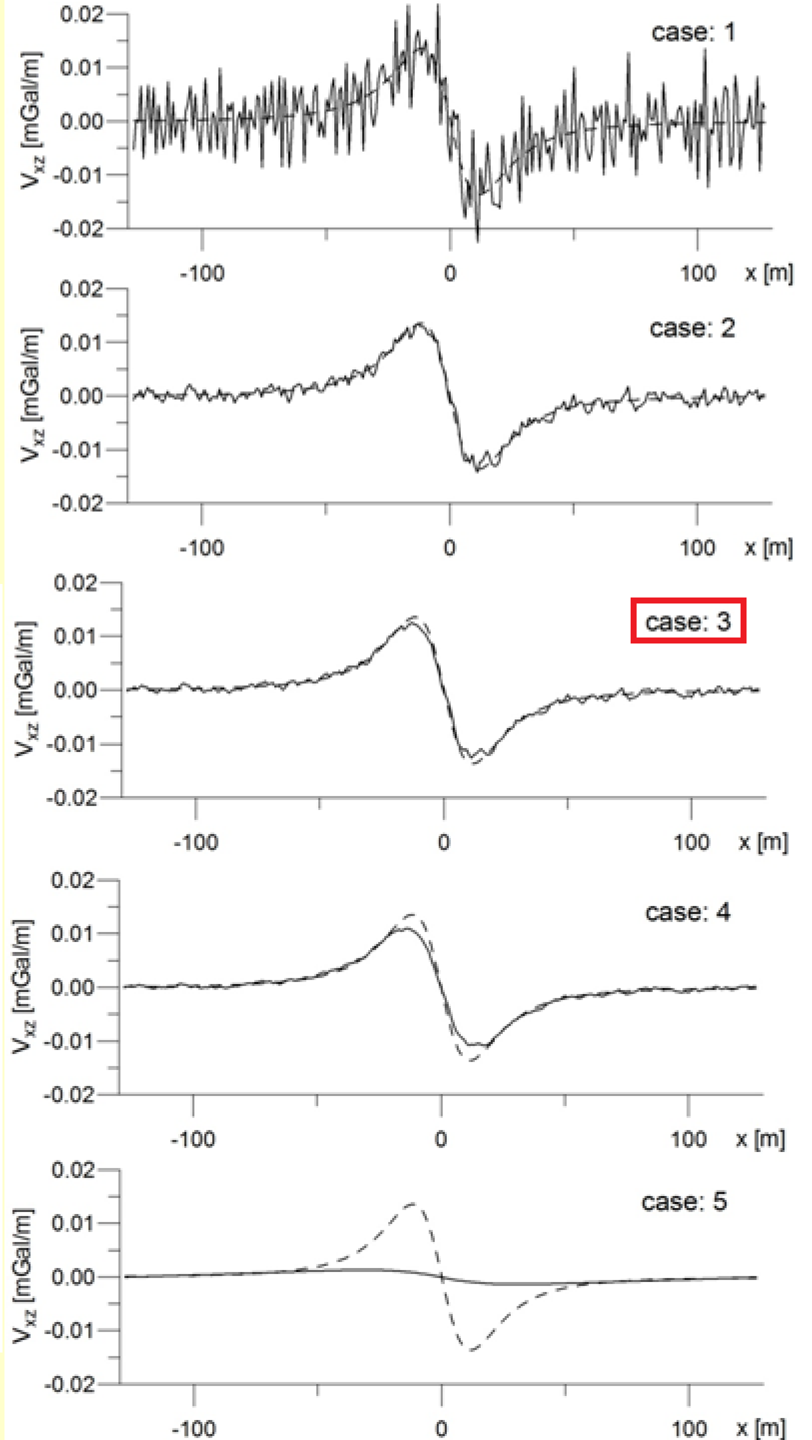
použitie špeciálneho vyhladzujúceho filtra




Príklad: analýza C-noriem

(pre x-ovú deriváciu poľa $V_z$ pre horiz. valec)



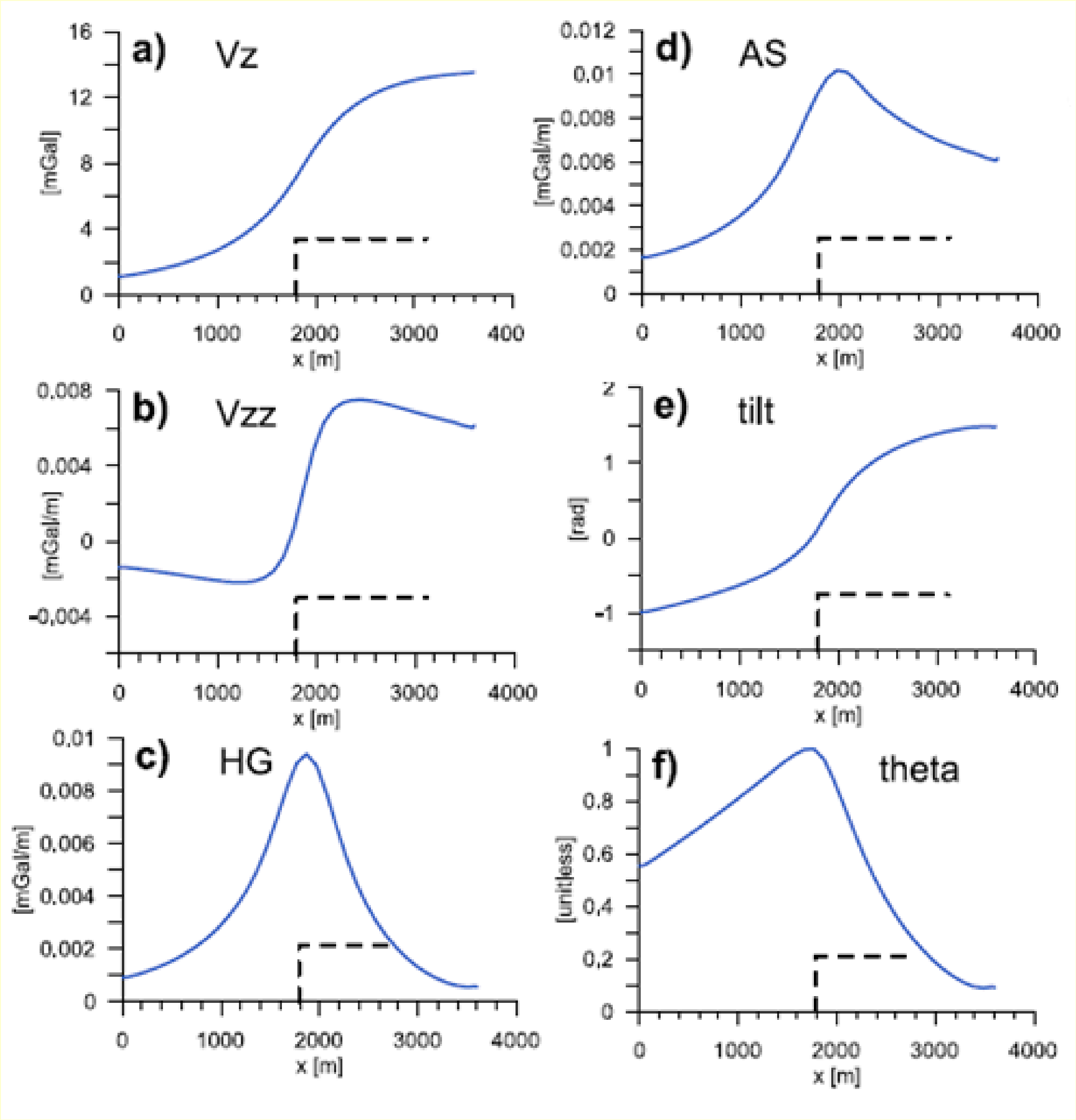



**v súčasnosti veľmi populárne - transformácie založené na pomeroch derivácií (najmä na plytšie štruktúry):**

- väčšina z nich ja založená na pomeroch derivácií
- derivácie sú vyjadrované v x-, y- a z-ovom smere
- derivácie sú počítané v priestorovej alebo spektrálnej oblasti

zoznam najznámejších transformácií
(založených na pomeroch derivácií)

- derivatives of the input field: $\partial f/\partial x$, $\partial f/\partial y$ and $\partial f/\partial z$,
- horizontal gradient: $HG = \sqrt{(\partial f/\partial x)^2 + (\partial f/\partial y)^2}$,
- analytical signal: $AS = \sqrt{(\partial f/\partial x)^2 + (\partial f/\partial y)^2 + (\partial f/\partial z)^2}$,
- tilt derivative: $tilt = \mathrm{arctg}\dfrac{\partial f/\partial z}{HG}$, (Miller and Singh, 1994; Verduzco et al., 2004)
- theta derivative: $\cos(\theta) = \dfrac{HG}{AS}$, (Wijns et al., 2005)




**transformácie založené na pomeroch derivácií:**

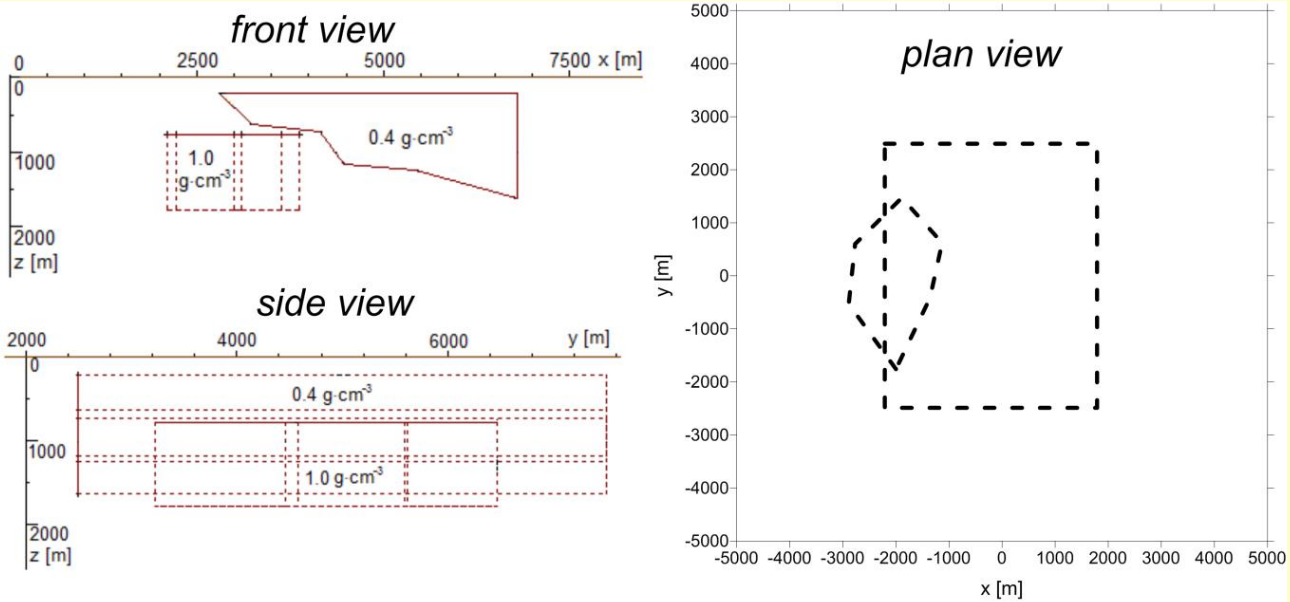
- teoretické krivky (nad kontaktom)

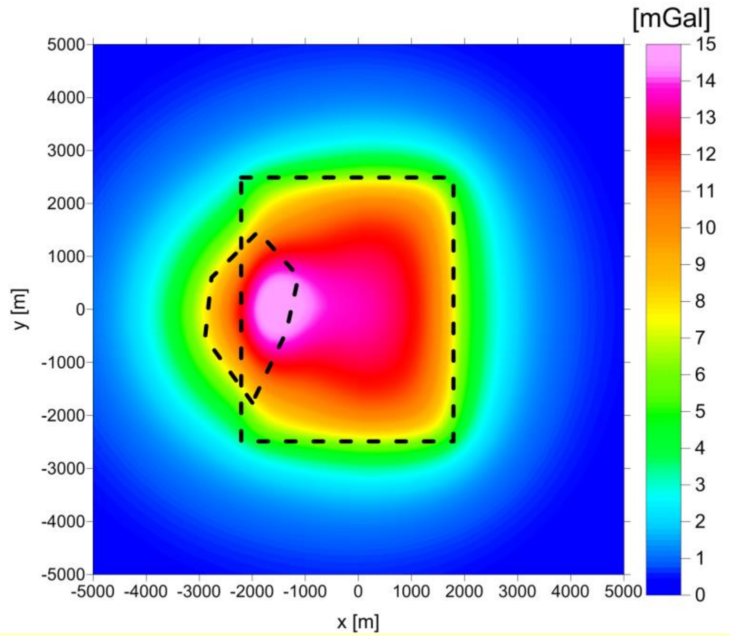
Tieto sú:

a) buď so strmším gradientom ako ÚBA ($V_z$),

b) alebo tam dosahujú maximum.

# transformácie založené na deriváciách:
- syntetický model (2 telesá nad sebou)

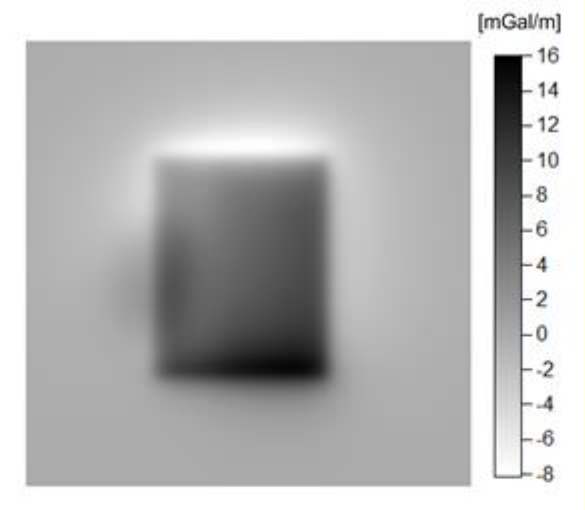



modelované pole – gravitačné zrýchlenie $V_z$

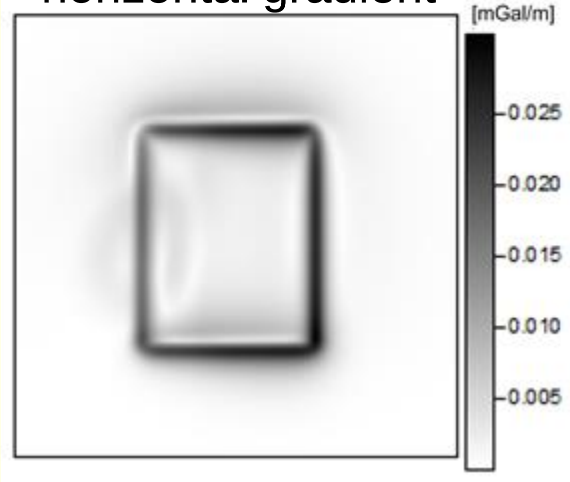
# transformácie založené na deriváciách:

- syntetický model (2 telesá nad sebou)

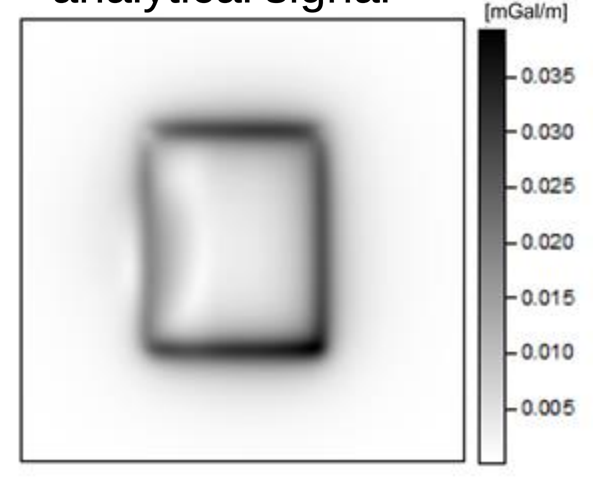



1. vertikálna derivácia

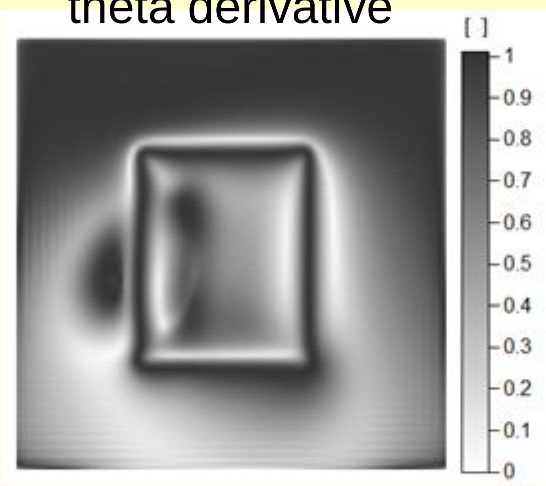
horizontal gradient



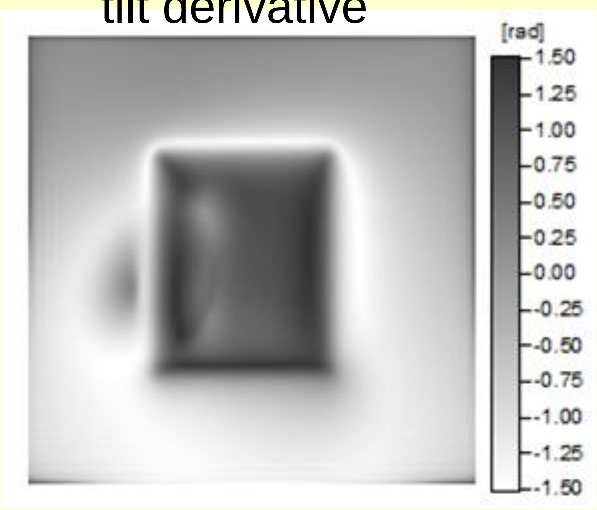

analytical signal

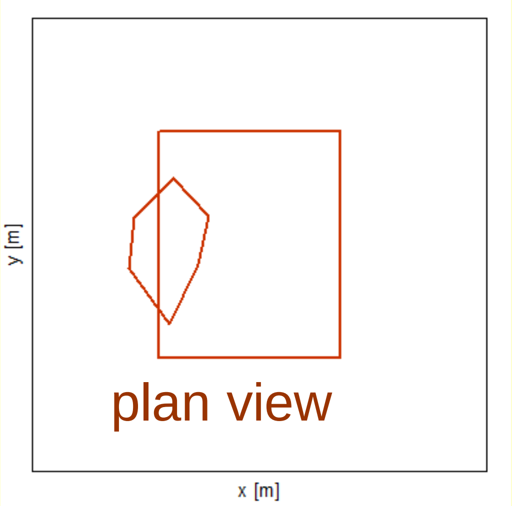



theta derivative




tilt derivative

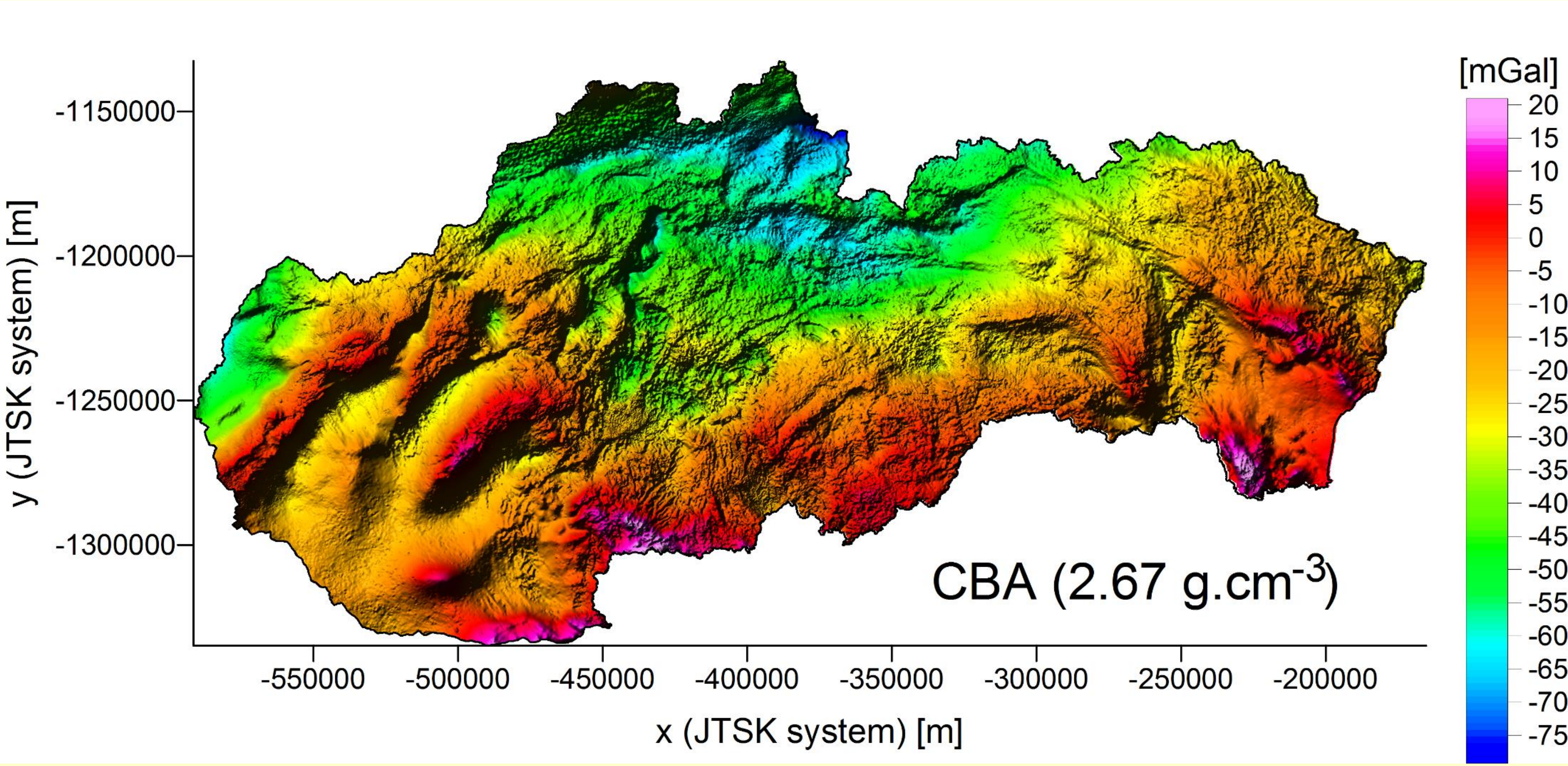


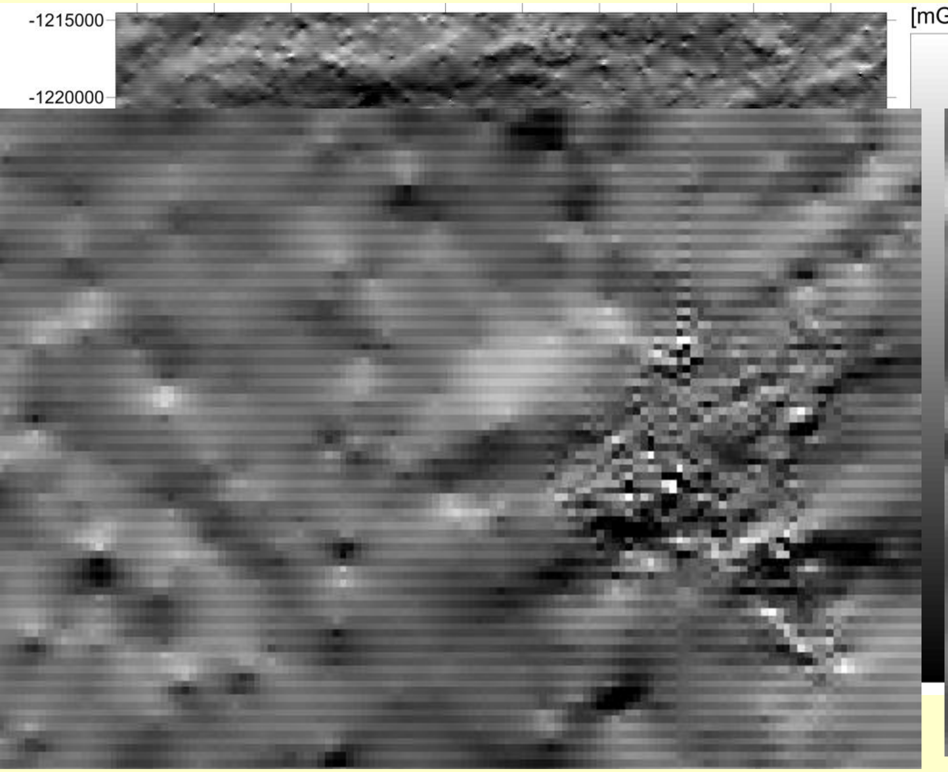

(použitá ČB farebná škála)

## transformácie založené na deriváciách:

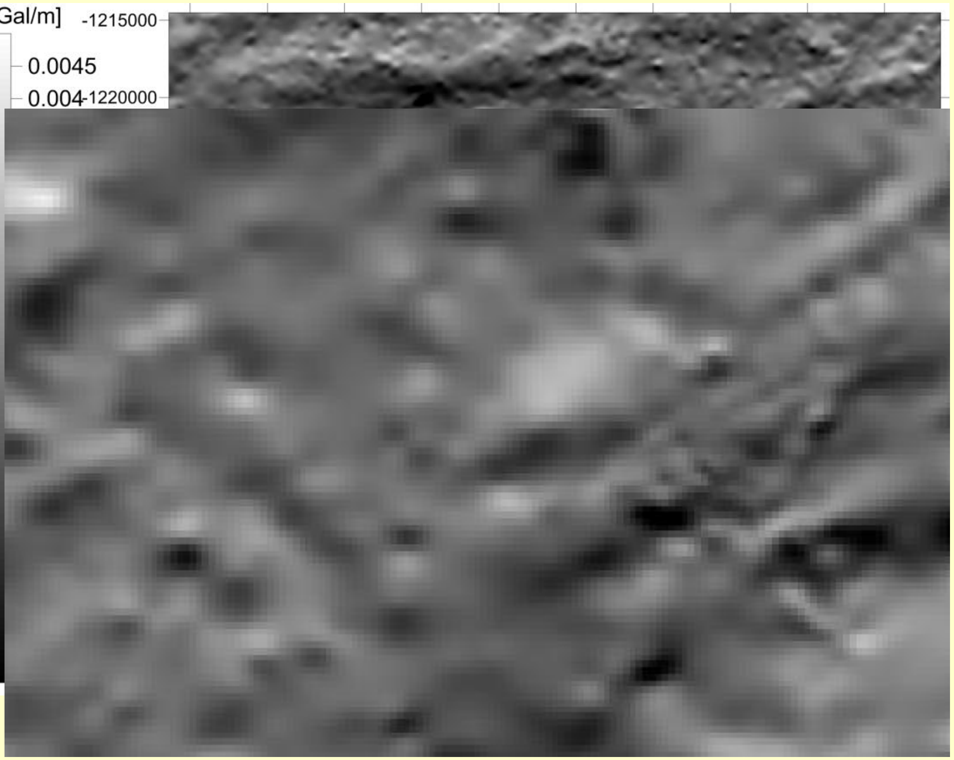
nová verzia mapy ÚBA pre územie SR



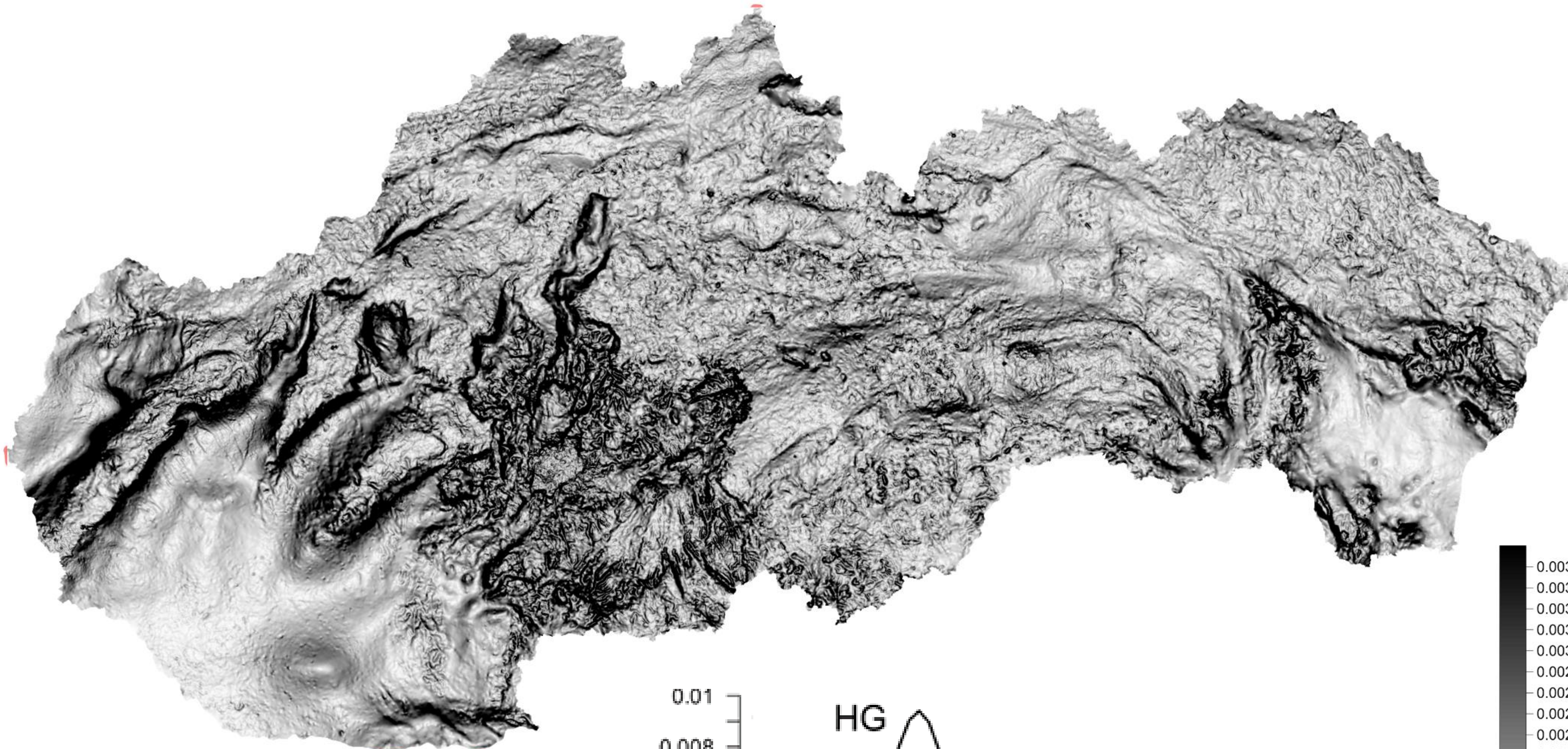
## rozdiely – medzi štandardne počítanou a regularizovanou deriváciou

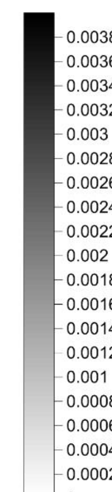


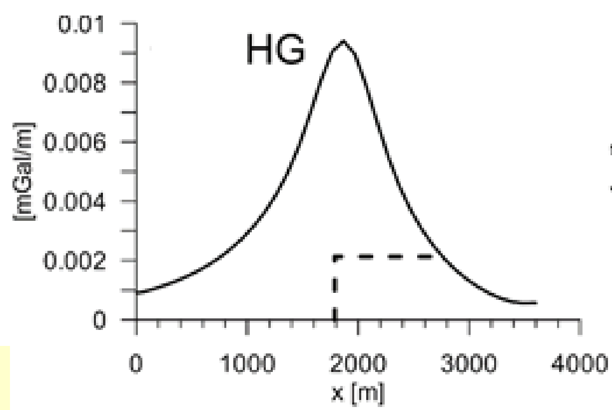

štandardne počítaná
(neregularizovaná)
y-ová derivácia



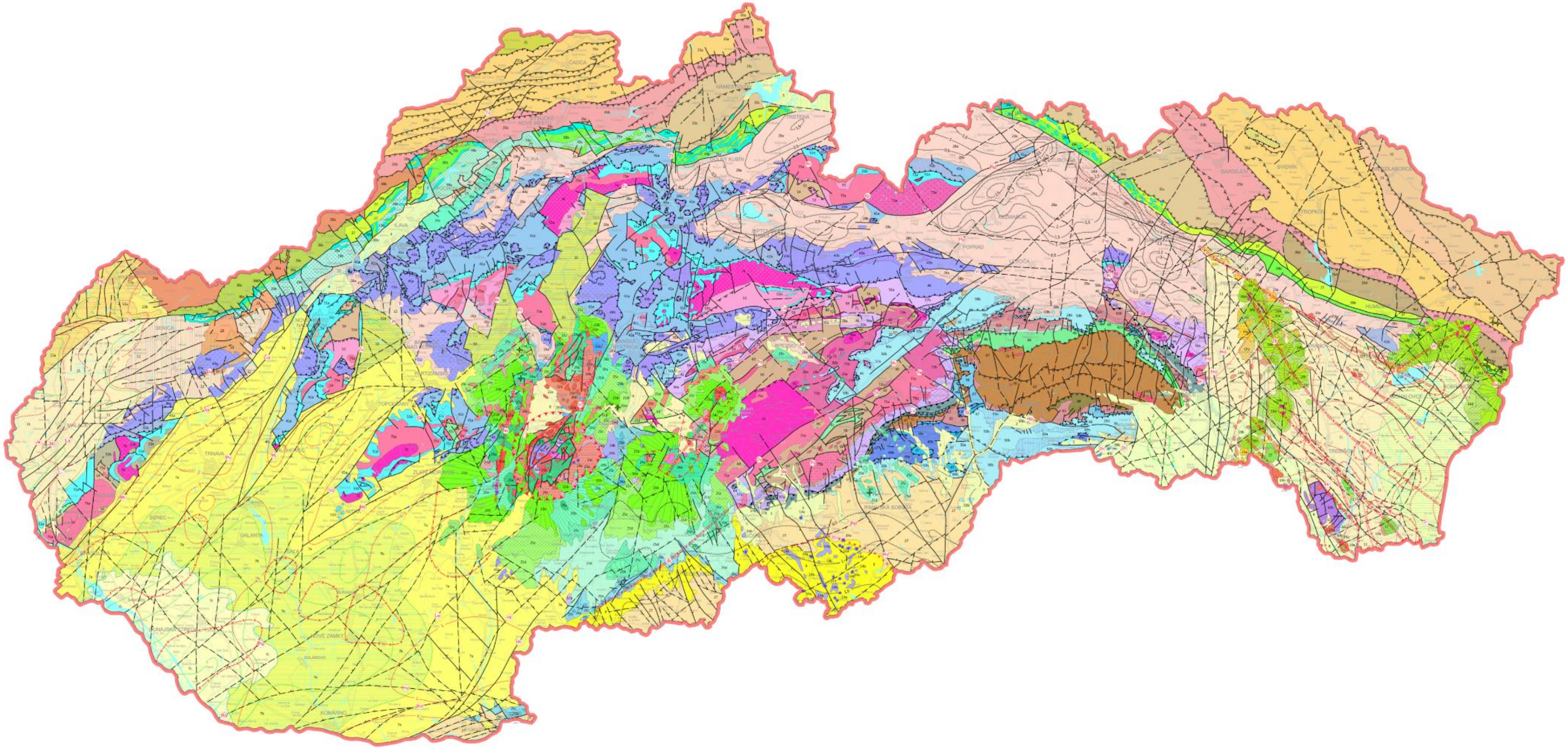

stabilizovaná
(regularizovaná)
y-ová derivácia



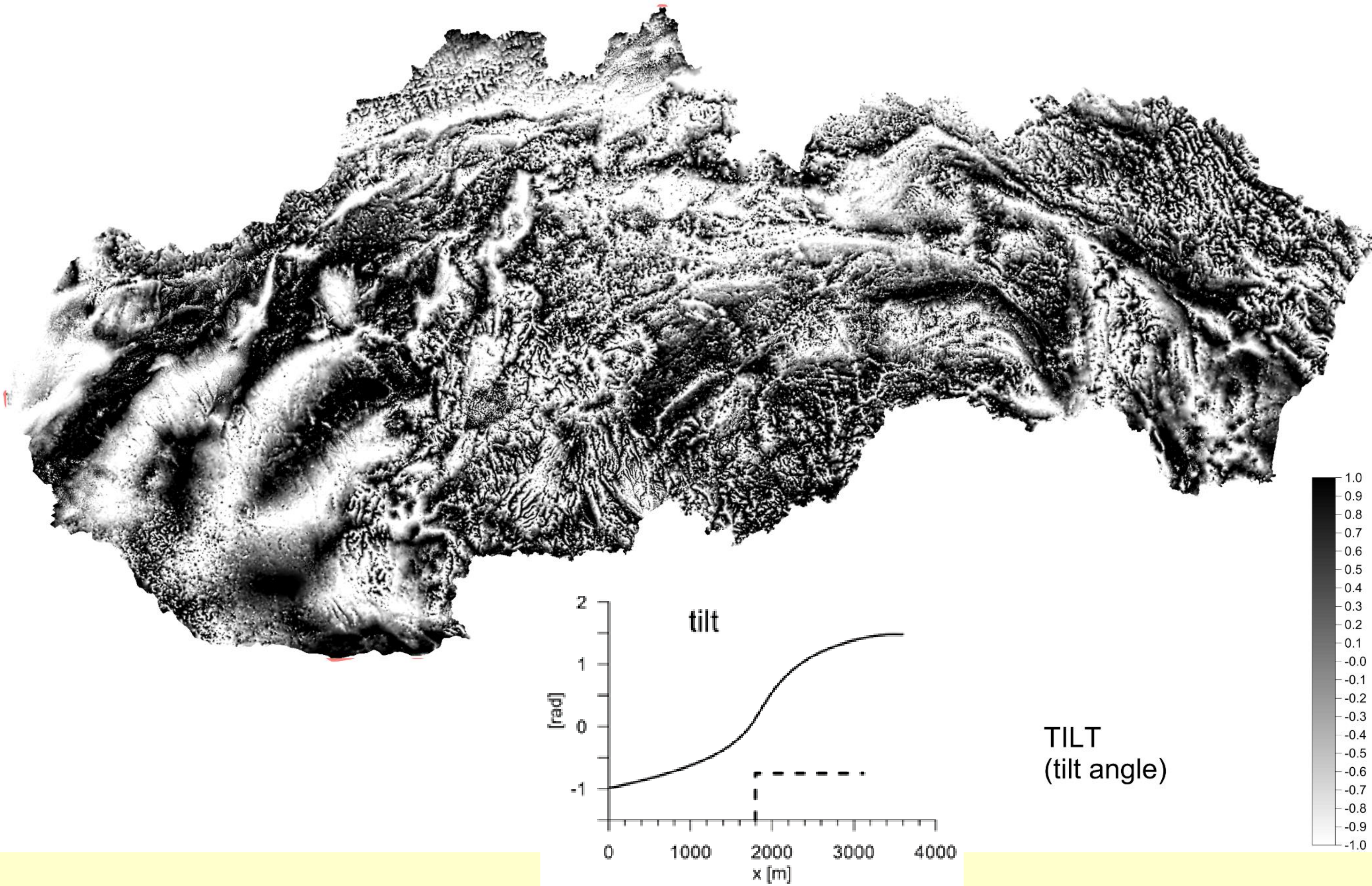


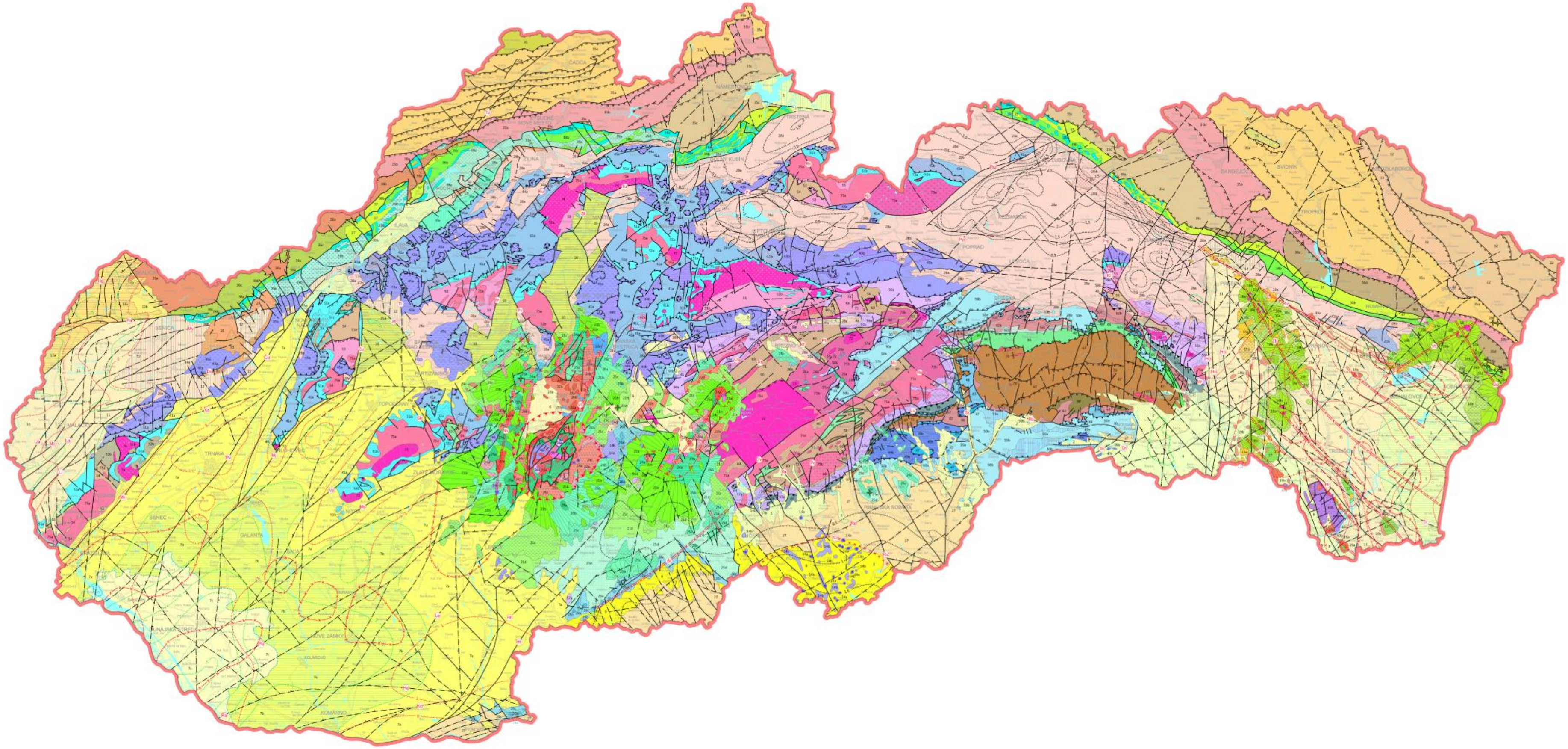

HG
(horizontal gradient)



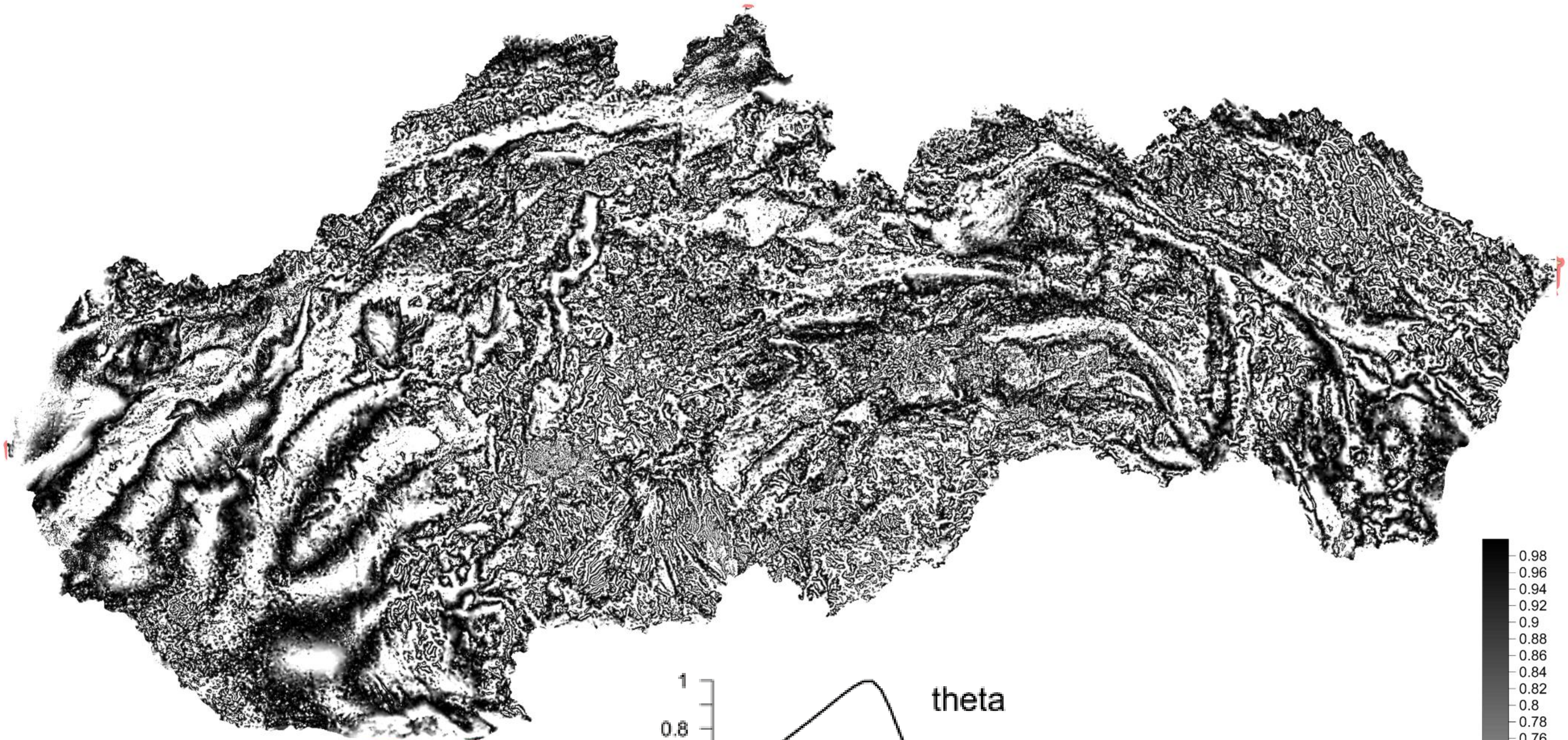
Bezák a kol., 2004: Tektonická mapa Slovenskej republiky

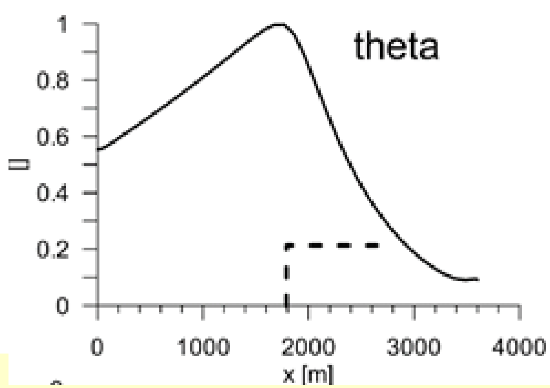



TILT
(tilt angle)

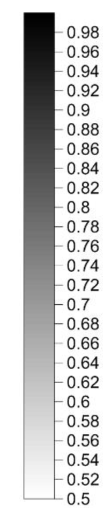


Bezák a kol., 2004: Tektonická mapa Slovenskej republiky



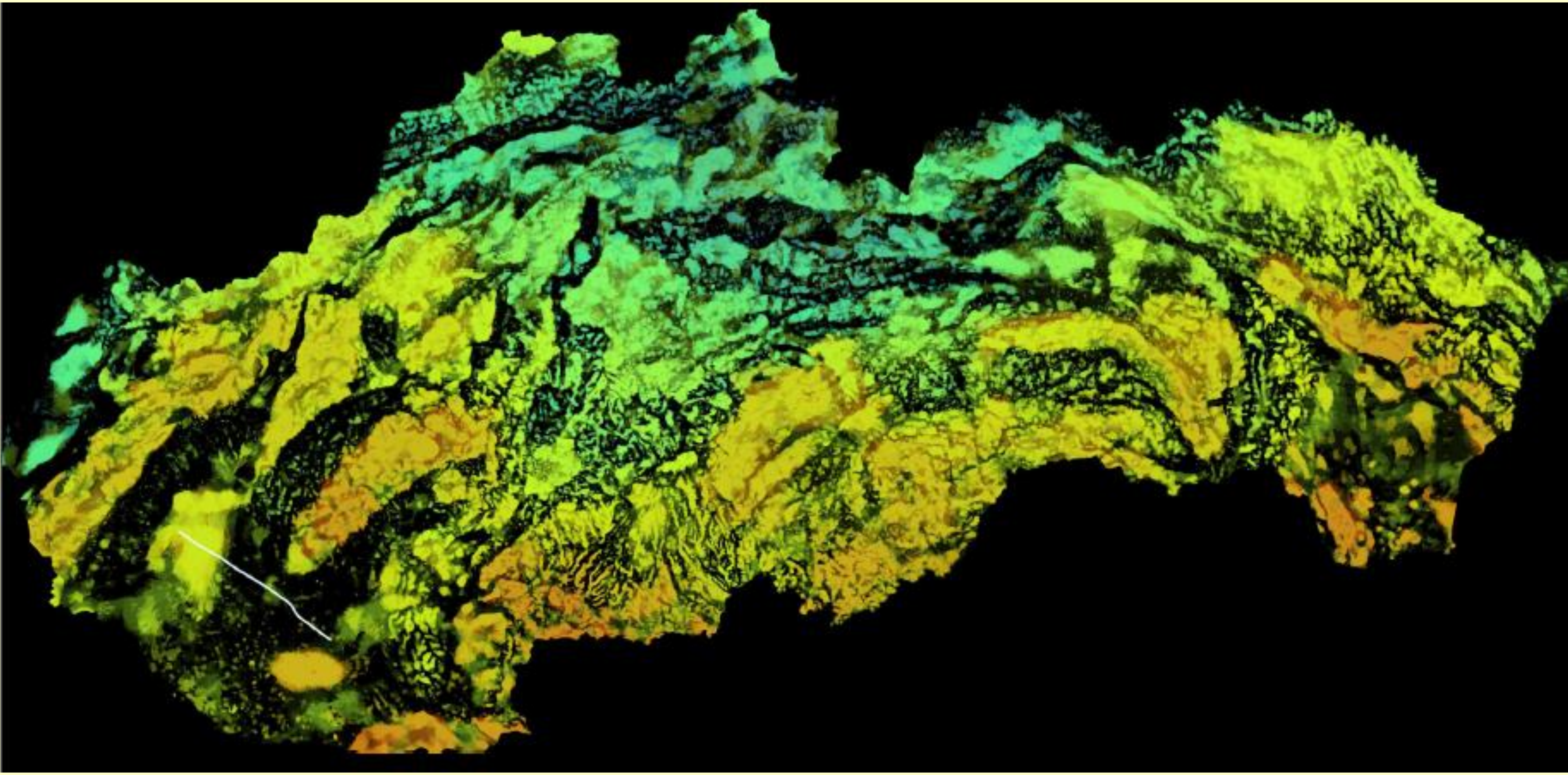



THETA
(theta derivative)



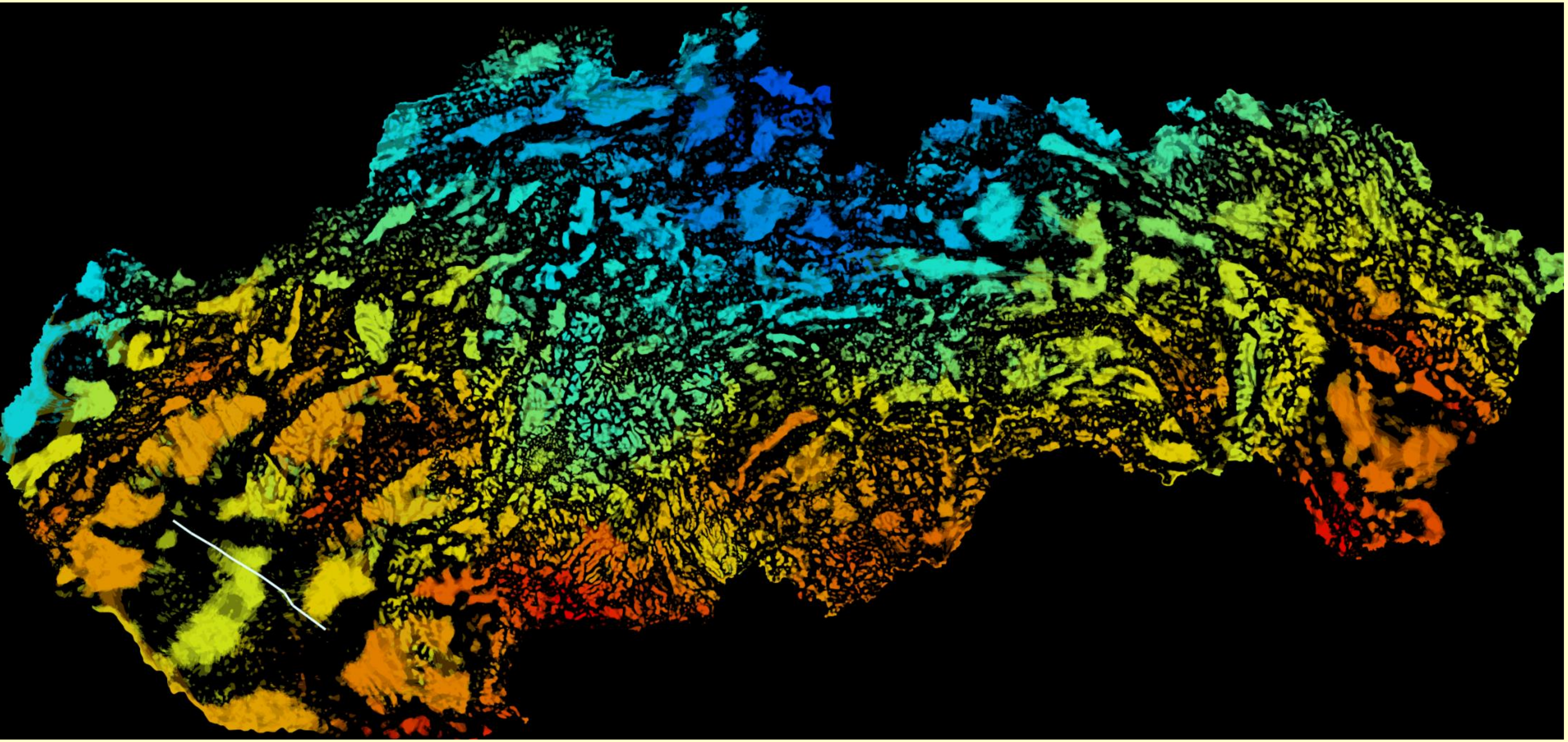
analýza tvarov poľa ÚBA (konvexné/konkávne) – riešenie firmy Proxima R&D (Sv. Jur pri Bratislave)

konvexné tvary – kladné anomálie (p1, p2, p3, …)



analýza tvarov poľa ÚBA (konvexné/konkávne) – riešenie firmy Proxima R&D (Sv. Jur pri Bratislave)

konkávne tvary – záporné anomálie (m1, m2, m3, …)



## kombinácia výpočtu vyšších derivácií a pokračovania nadol – metóda totálneho normovaného gradientu

## (tzv. Berezkinova metóda)

- určená na interpretáciu (iba) profilových údajov g(x,0)
- kombinuje prepočítanú horizontálnu $g_x(x,z)$ a vertikálnu $g_z(x,z)$ deriváciu do totálneho gradientu TG(x,z):

$$TG(x,z) = \sqrt{(\partial g/\partial x)^2 + (\partial g/\partial z)^2}$$

- totálny gradient je potom na každej hĺbovej úrovni delený (normovaný) svojou priemernou hodnotou,
- získané pole totálneho normovaného gradientu dosahuje maximum v mieste polohy zdroja anomálie,
- numericky je metóda realizovaná pomocou Fourierových radov, počet zapojených členov radu (N*) je dôležitý parameter metódy – pri jeho optimálnej hodnote je dosiahnuté najväčšie maximum TNG .

## metóda totálneho normovaného gradientu (TNG)

-numericky je metóda realizovaná pomocou Fourierových radov, počet zapojených členov radu (N*) je dôležitý parameter metódy.

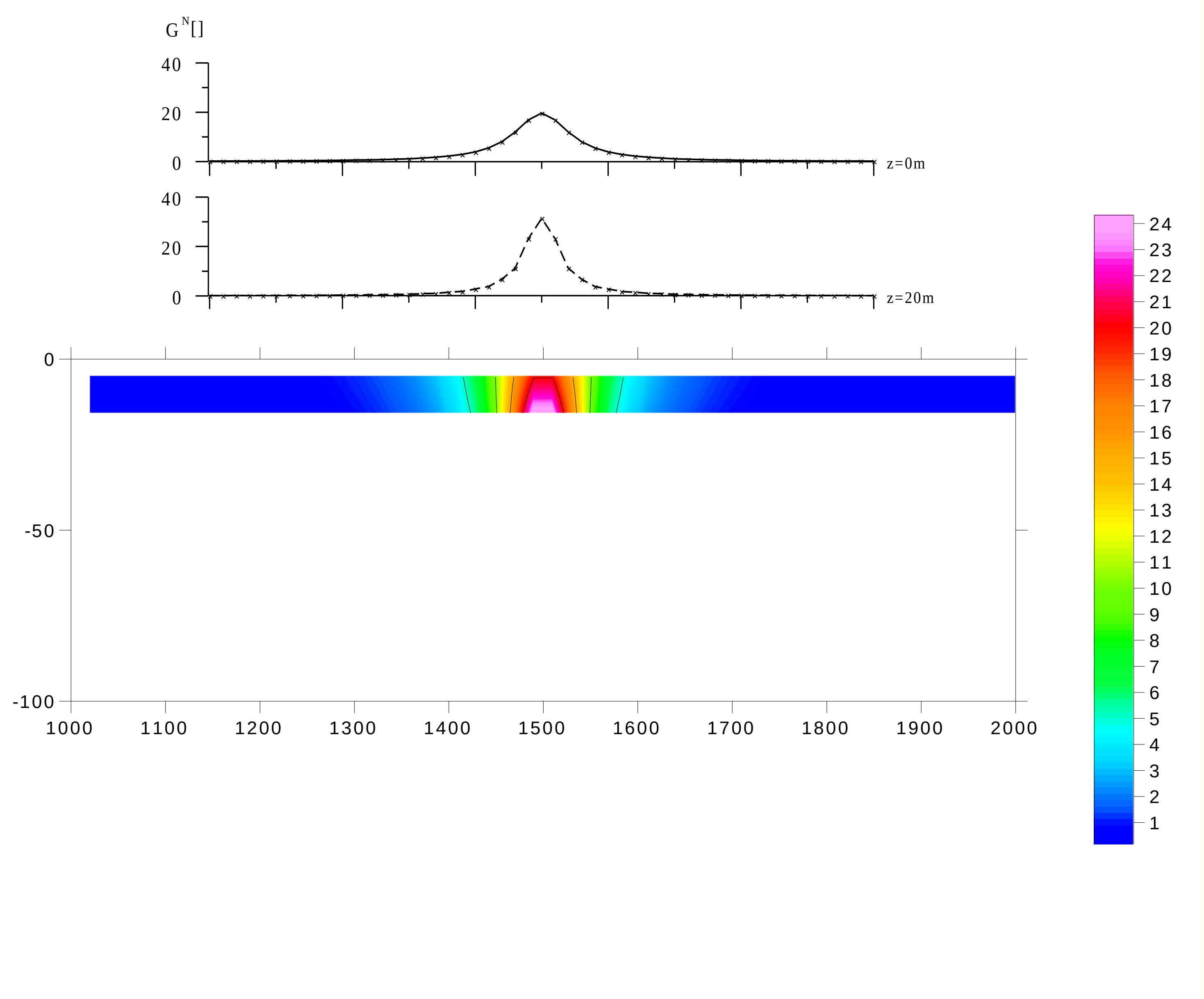
$$\frac{\partial g}{\partial x} = g_x(x,z) = \frac{\pi}{L} \sum_{n=1}^{N^*} n B_n \cos \frac{\pi n x}{L} \, e^{\frac{\pi n z}{L}}$$

$$\frac{\partial g}{\partial z} = g_z(x,z) = \frac{\pi}{L} \sum_{n=1}^{N^*} n B_n \sin \frac{\pi n x}{L} \, e^{\frac{\pi n z}{L}}$$

$$TG(x,z) = \sqrt{g_x{}^2(x,z) + g_z{}^2(x,z)}$$

$$G_N(x,z) = \frac{\sqrt{g_x{}^2(x,z) + g_z{}^2(x,z)}}{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} \sqrt{g_{x_i}{}^2(x,z) + g_{z_i}{}^2(x,z)}}$$

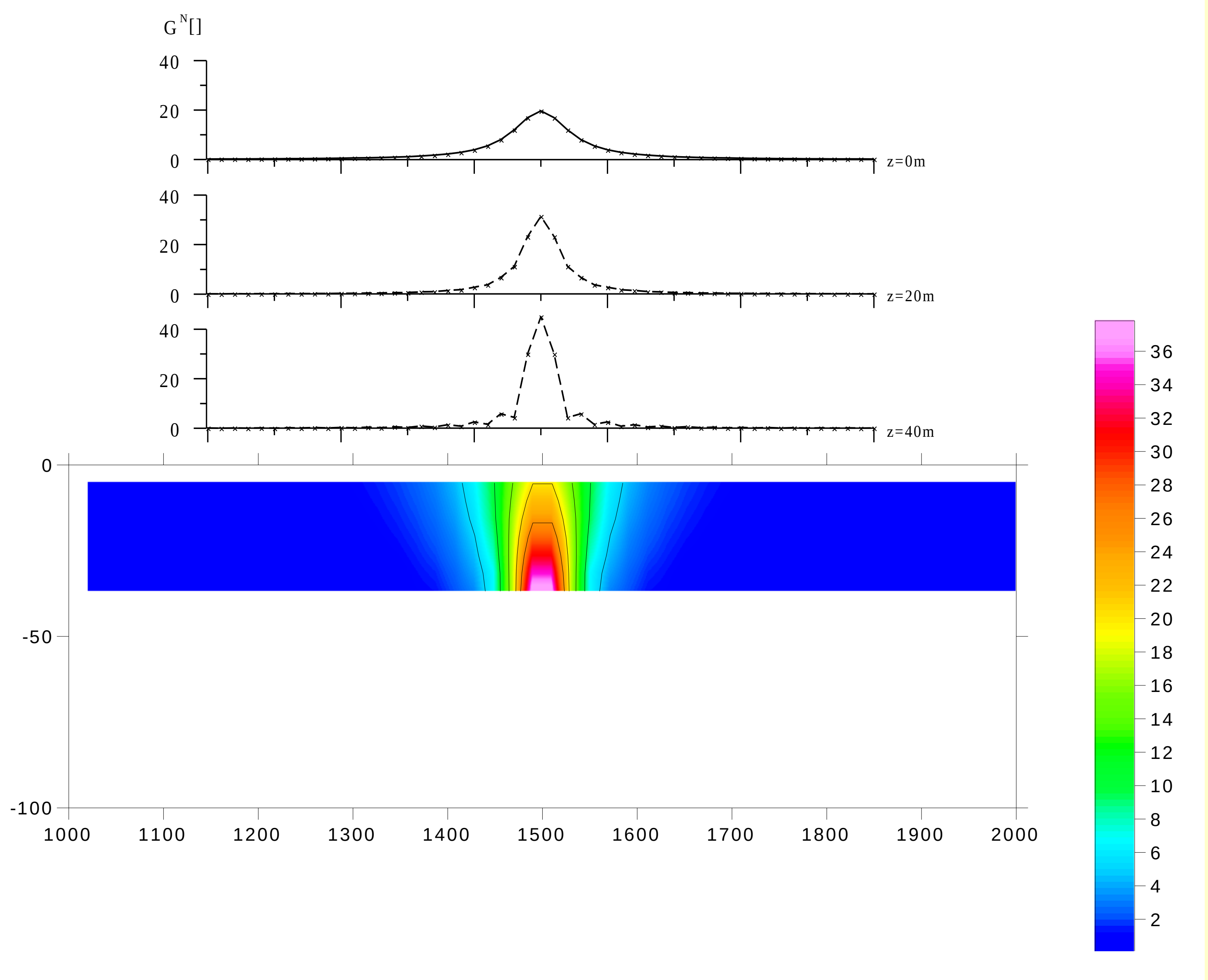
# pole totálneho normovaného gradientu v reze cez zdroj (horizont. kruhový valec v hĺbke 50 m)



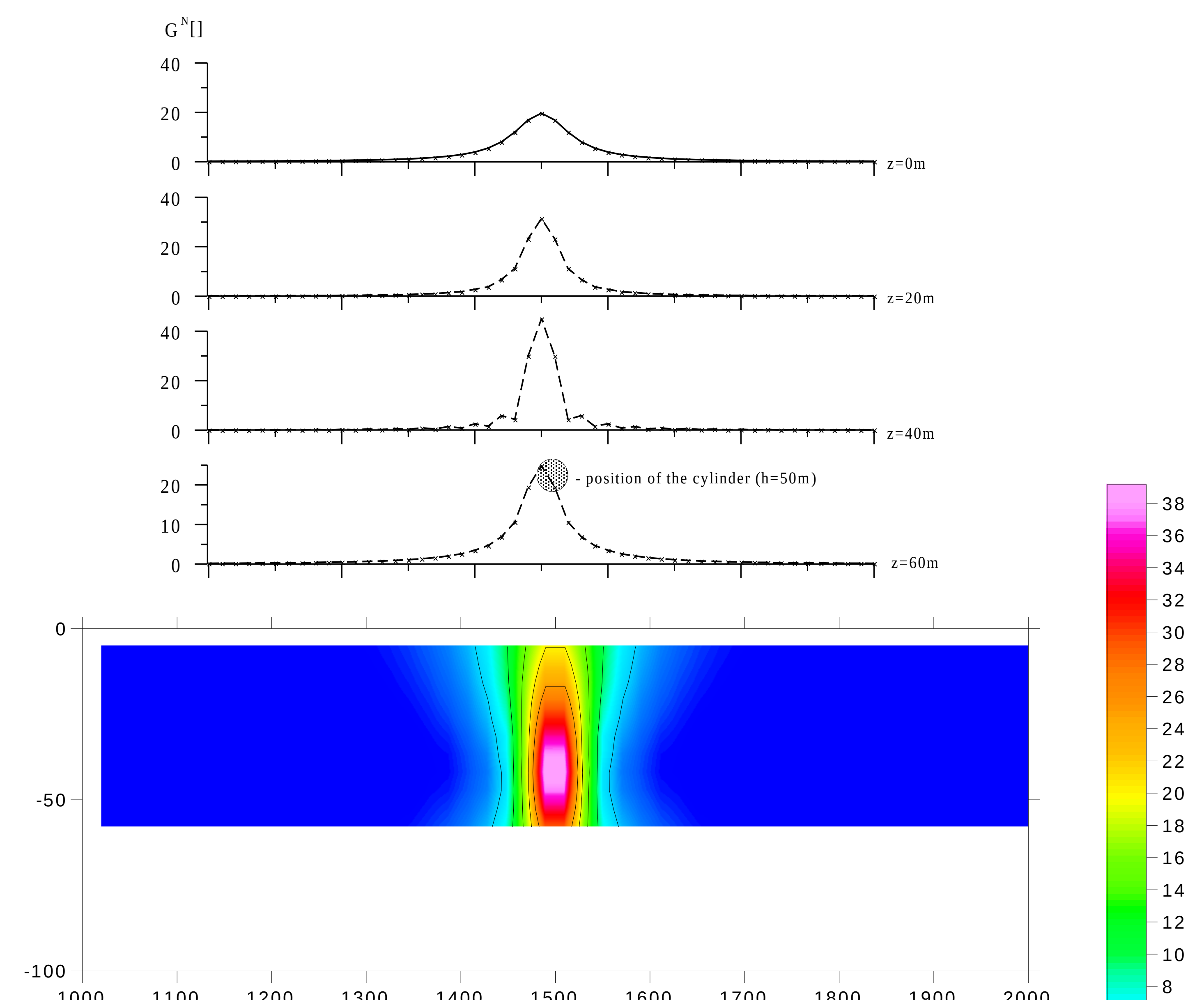

N* = 55
hĺbky:
0 až 20 m

# pole totálneho normovaného gradientu v reze cez zdroj (horizont. kruhový valec v hĺbke 50 m)

N* = 55
hĺbky:
0 až 40 m

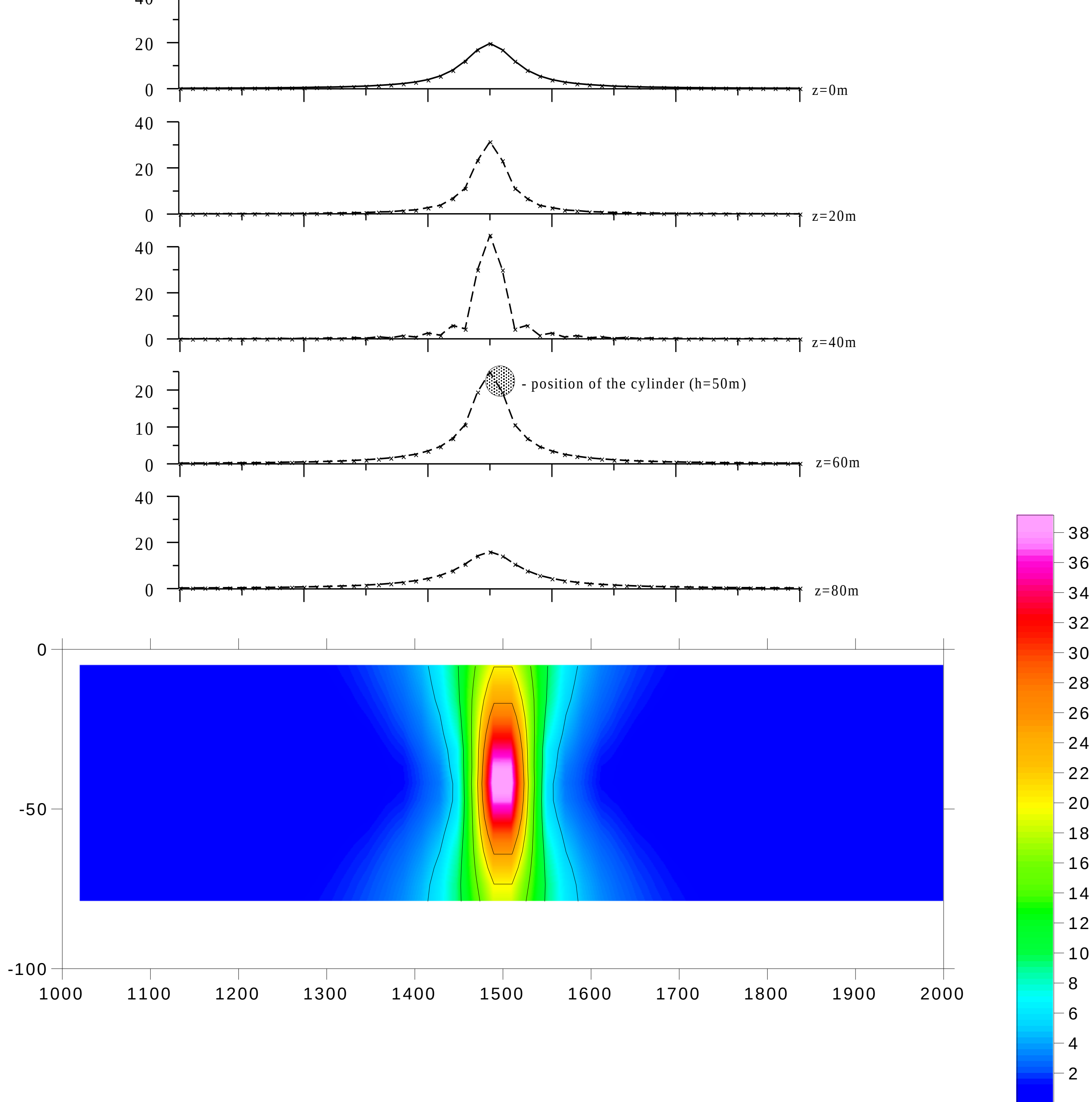


# pole totálneho normovaného gradientu v reze cez zdroj (horizont. kruhový valec v hĺbke 50 m)




N* = 55
hĺbky:
0 až 60 m

N* = 55
hĺbky:
0 až 80 m



maximum poľa TNG je polohovo identické s polohou stredu 2D horizontálneho valca

N* = 55
hĺbky:
0 až 100 m