

Nový spôsob výpočtu antropogénnych korekcií v mikrogravimetrii

Pánisová Jaroslava a Roman Pašteka



Geofyzikálny ústav
Slovenskej Akadémie Vied

- Mikrogravimetria v archeológii
- Antropogénne korekcie - spôsoby výpočtu
- Programy na výpočet gravitačného účinku mnohostenných telies - porovnanie
- Prípadová štúdia - Kostol Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch
- Zhrnutie

- Najefektívnejšie metódy na vyhľadávanie dutín - georadar (GPR) a mikrogravimetria

GPR:

- vysoko rozlišovacia elektromagnetická metóda, určená hlavne na plytký prieskum
- založená na šírení vysokofrekvenčných elektromagnetických vln, rádovo stovky MHz

Mikrogravimetria:

- založená na veľmi presnom meraní a interpretácii tiažového poľa Zeme, určená na vyhľadávanie plytko uložených hustotných nehomogenít (prirodzených alebo umelých)
- hĺbkový dosah závisí od veľkosti objektu a hustotného kontrastu voči okolitému horninovému prostrediu

- V archeologických aplikáciách sa používajú neúplné Bouguerove anomálie vypočítané pomocou vzťahu:

$$\Delta g_B \text{ [mGal]} = g_{\text{obs}} + 0.3086 \cdot (h+dh) - 0.0419 \cdot \rho \cdot h - T_0(h+dh) - K(h+dh),$$

kde:

g_{obs} - merané relatívne tiažové zrýchlenie
(po odstránení reziduálneho chodu prístroja),

h - výška meraných bodov (na zemskom povrchu),

dh - vertikálny posun do výšky senzora gravimetra
(Scintrex CG-5 \approx 26 cm),

ρ - korekčná hustota (odhadnutá priemerná hustota hornín),

T_0 - najbližšie terénne korekcie,

K - antropogénne korekcie (gravitačný účinok múrov, stĺpov,
známych podzemných priestorov ...)

- Stredná chyba neúplnej Bouguerovej anomálie sa odhaduje ako:

$$m_{\Delta g_B} = \pm \sqrt{m_g^2 + (0.3086 - 0.0419 \cdot \rho)^2 \cdot m_h^2 + m_T^2},$$

m_g - štandardná neistota meranej tiaže
(kontrolný parameter na posúdenie objektivity merania),

m_h - štandardná neistota výšky,

m_T - štandardná neistota terénnej korekcie

- Štandardná neistota antropogénnej korekcie m_K má lokálny charakter, t.j. v každom bode merania je iná.
- Je závislá od presnosti určenia jednotlivých súradníc bodov tvoriacich model budovy a od presnosti odhadnutej priemernej hustoty múrov

Starý prístup:

- Model budovy bol tvorený z vertikálnych hranolov s polygonálnym prierezom s využitím dostupných geodetických podkladov v kombinácii s priamym zameraním polohy v teréne
- Vytvorený model - aproximácia hlavných častí sakrálneho objektu
- Gravitačný účinok homogénneho hranola s polygonálnym prierezom konečnej dĺžky - **Cady (1980)**

Nevýhody:

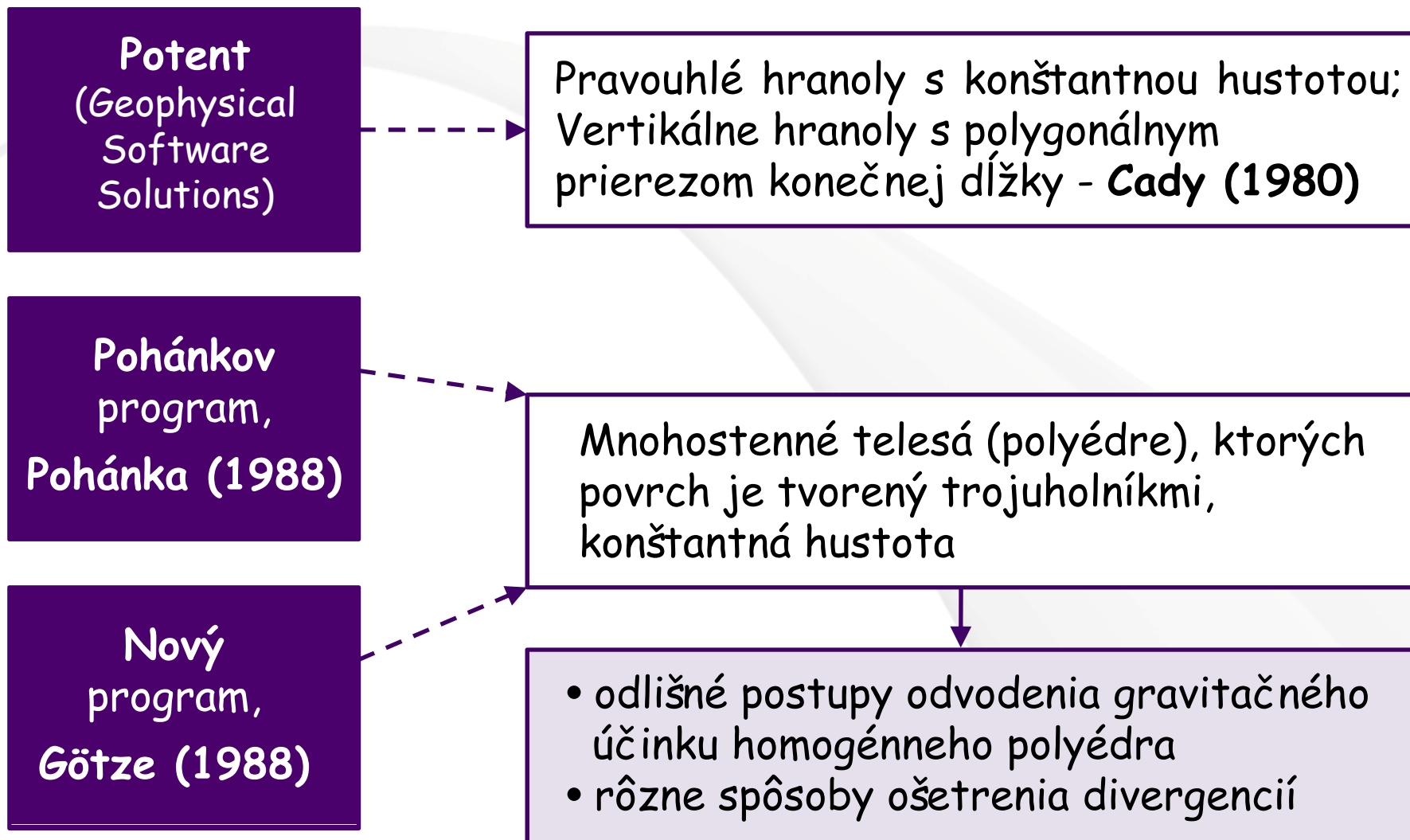
- Do modelu nebolo možné zahrnúť špecifické architektonické prvky
- Práčne a časovo náročné vytvorenie detailnejších modelov
- Nedala sa odhadnúť presnosť vypočítaných antropogénnych korekcií

Nový prístup:

- Model kostola je vytvorený z fotografií vo fotogrametrickom programe PhotoModeler Scanner. Výstupom je 3D mnohostenné teleso historickej budovy v zvolenej súradnicovej sústave
- Gravitačný účinok homogénneho polyédra je počítaný vo vlastnom programe, ktorý využíva nemecký podprogram - **Götze (1988)**

Výhody:

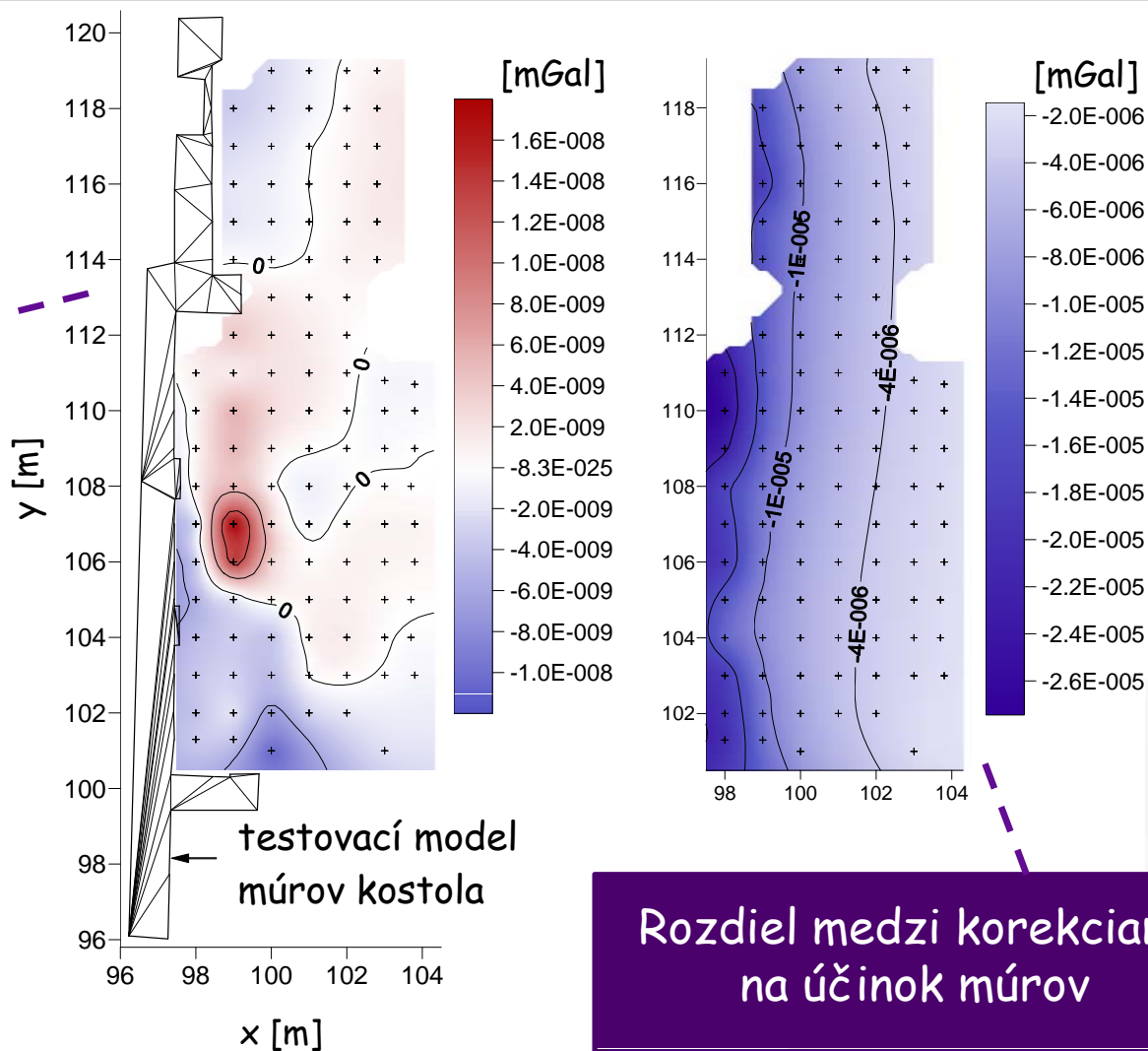
- Zohľadnenie rôznych detailov (lomené oblúky, okná, výklenky ...)
- Detailná kontrola kvality získaných priestorových súradníc objektu
- Objektívnejšie ohodnotenie presnosti vypočítaných antropogénnych korekcií (m_K)



Rozdiel medzi korekciami na účinok múrov -

Götze
verzus
Cady (Potent)

- Oba rozdiely sa pohybujú hlboko pod súčasnou presnosťou zberu dát (10^{-3} mGal)

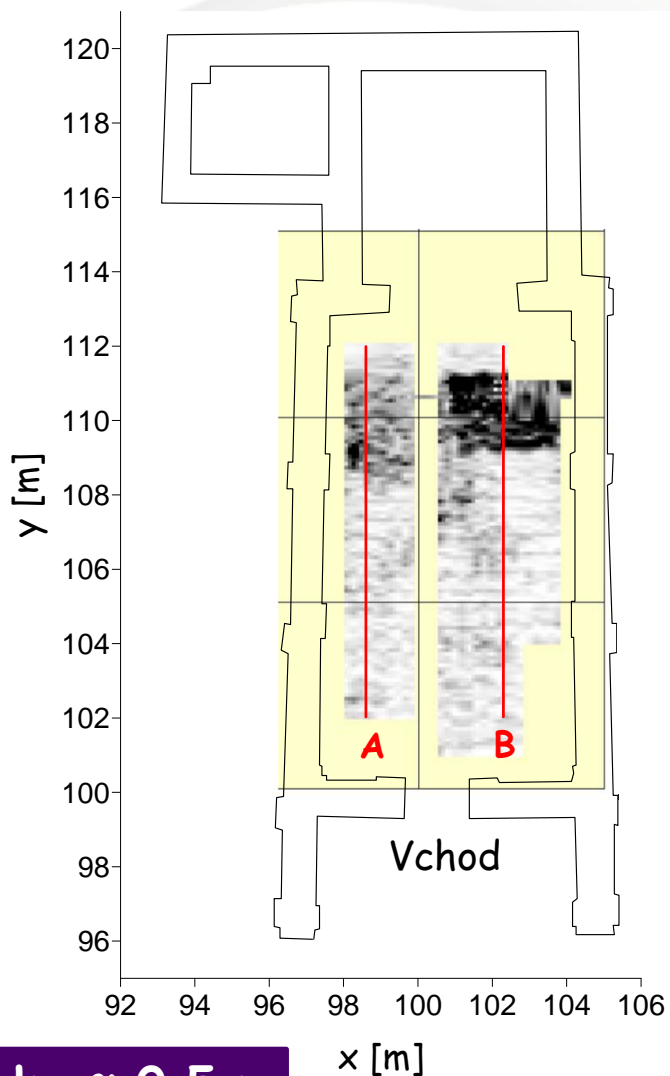


testovací model
múrov kostola

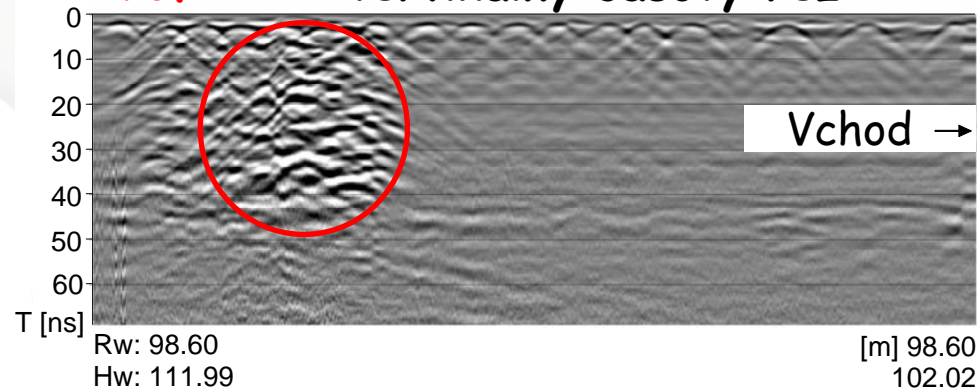
Rozdiel medzi korekciami
na účinok múrov

Götze verzus
Pohánka

Kostol Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

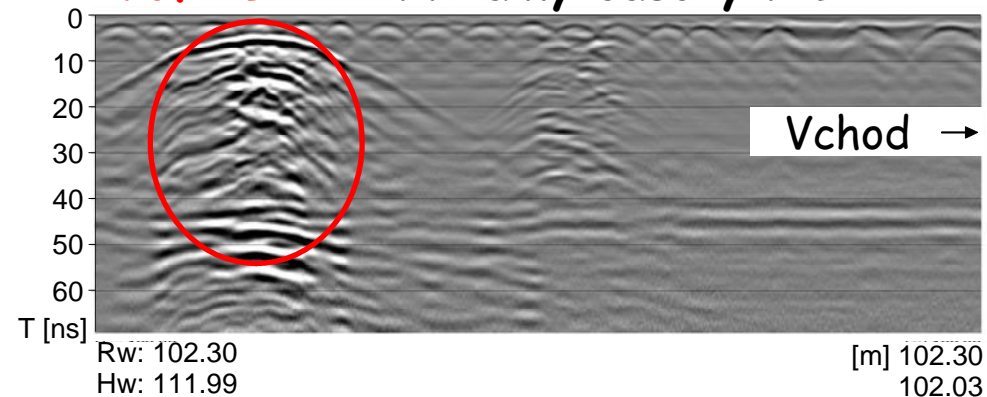


Profil A - vertikálny časový rez

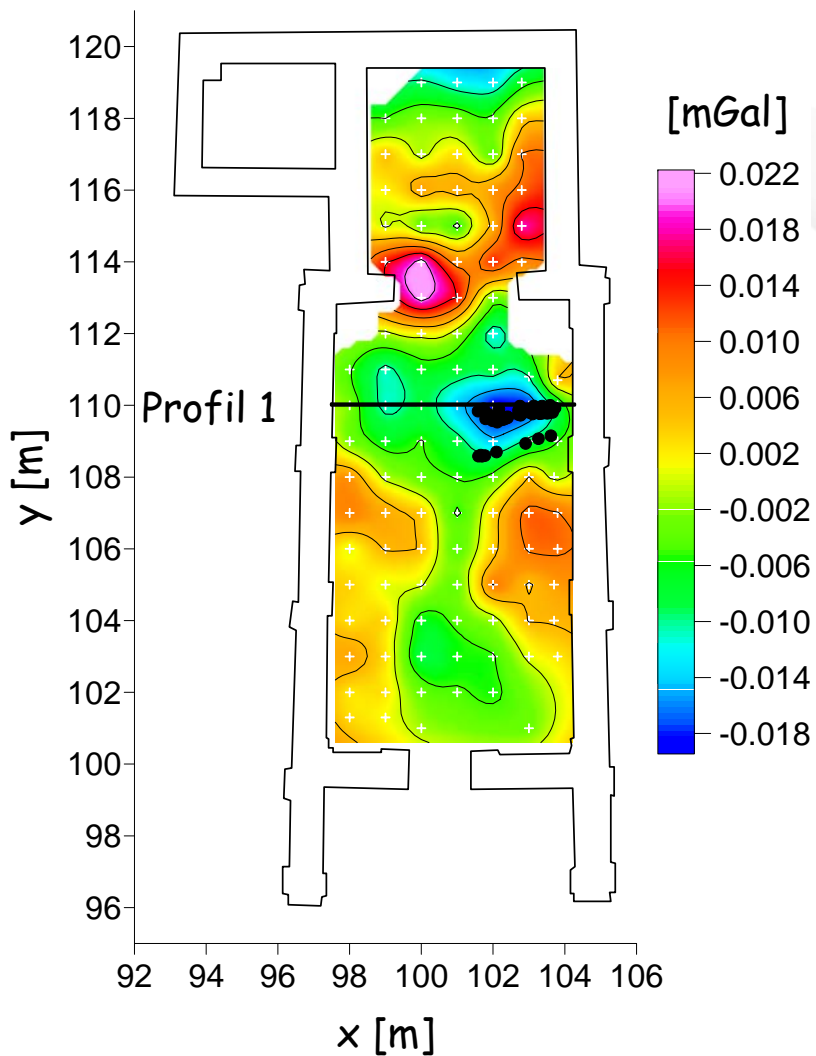


Hĺbky $\approx 0 - 3.4$ m

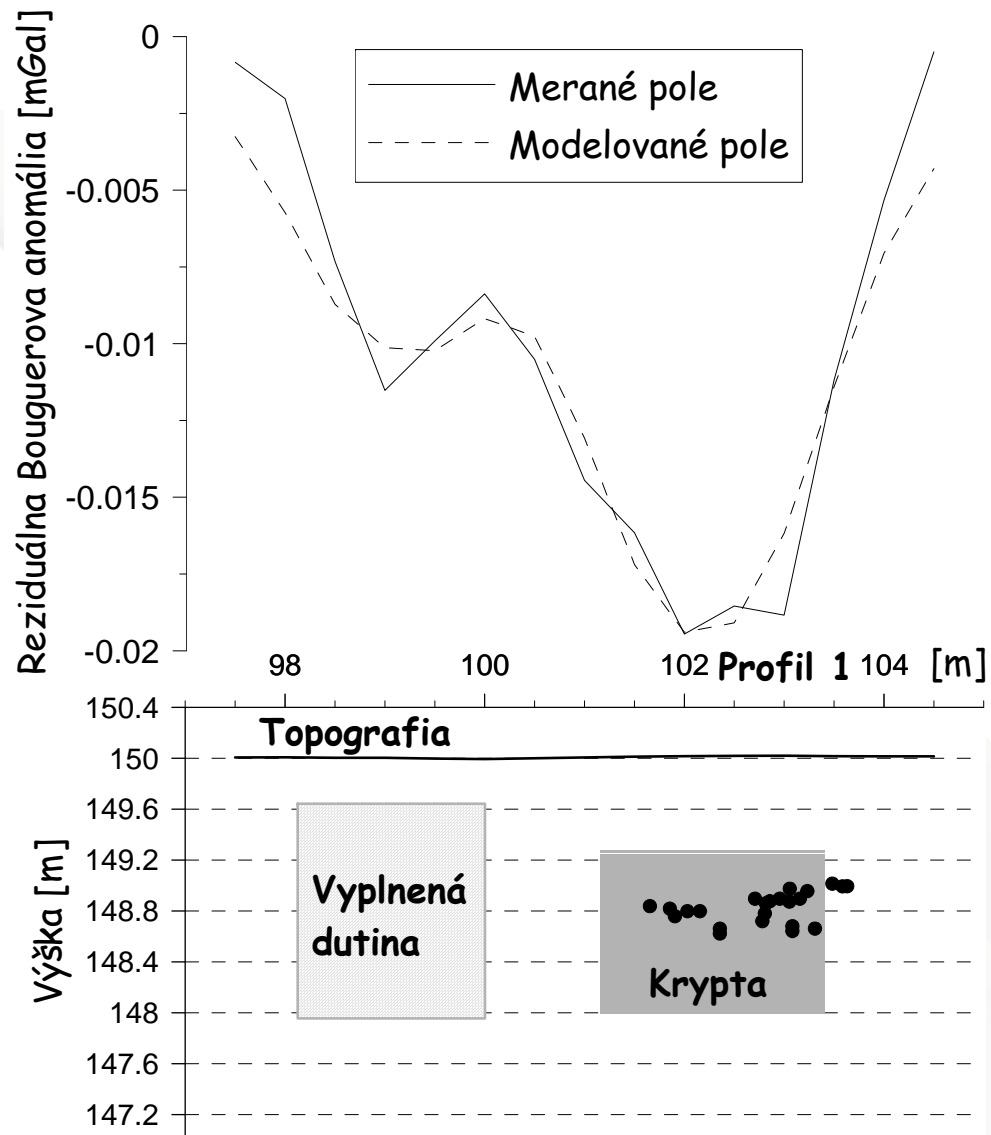
Profil B - vertikálny časový rez



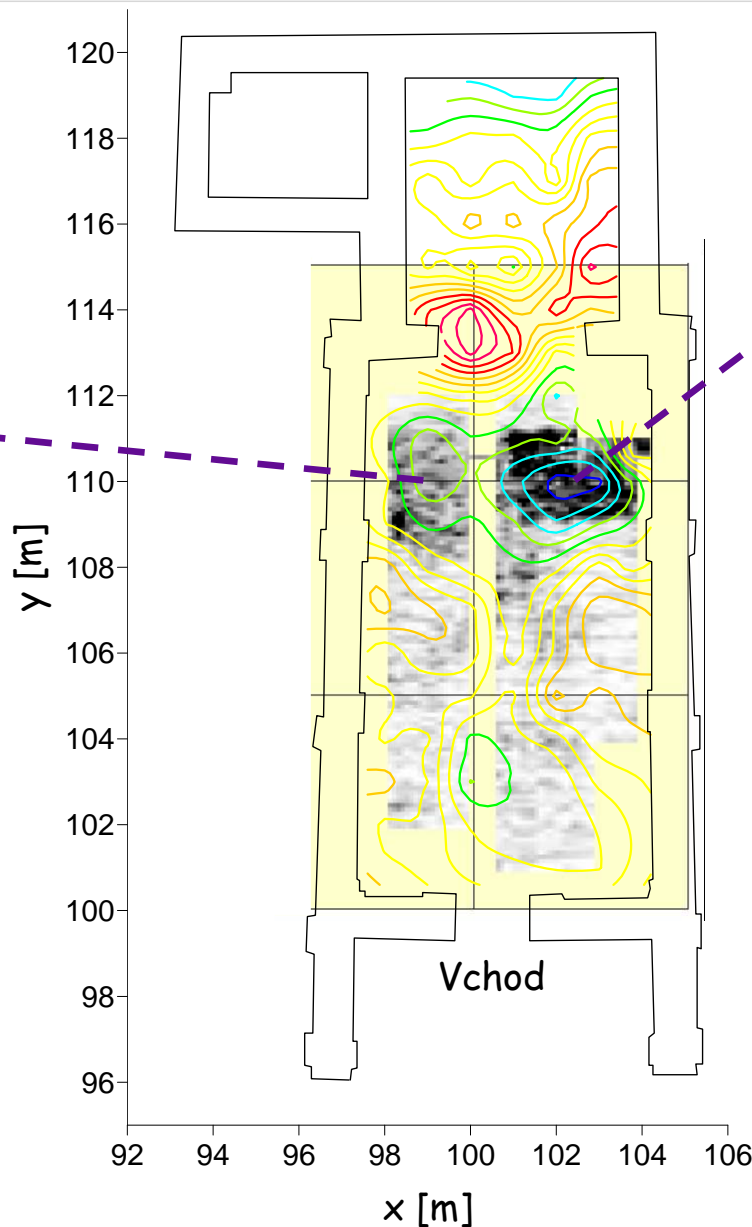
Hĺbka ≈ 0.5 m



- Pozície meraných bodov
- Riešenia Eulerovej dekonvolúcie



Prejav vyplnenej dutiny



Prejav krypty

Mapa reziduálnych Bouguerových anomálií + horizontálny časový rez pre hĺbku ≈ 0.5 m

- Fotogrametrický program - PhotoModeler Scanner - konvergentná metóda so všeobecnou orientáciou osí
- Výstupom je mnohostenné teleso kostola

Geodetické merania:

- 37 vlícovacích bodov označených kódovými terčikmi
- 90 bodov vo vnútri kostola (pôdorys + dodatočné body, zakryté vnútorným vybavením)
 - tachymetria - priestorová polárna metóda
 - prístroj Trimble VX
 - referenčný súradnicový systém - S-JTSK
 - stredná chyba z vyrovnania na bodoch meračskej siete:
 - $m_{x,y} = 2 \text{ cm}$
 - $m_z = 1 \text{ cm}$

- Kalibrovaný digitálny fotoaparát Canon EOS 450D
 - rozlíšenie: 12 Mpx
 - fixná ohnisková vzdialenosť: 18 mm

- 100 snímok

- Výsledná štatistická charakteristika - elipsoid spoľahlivosti s polosami:

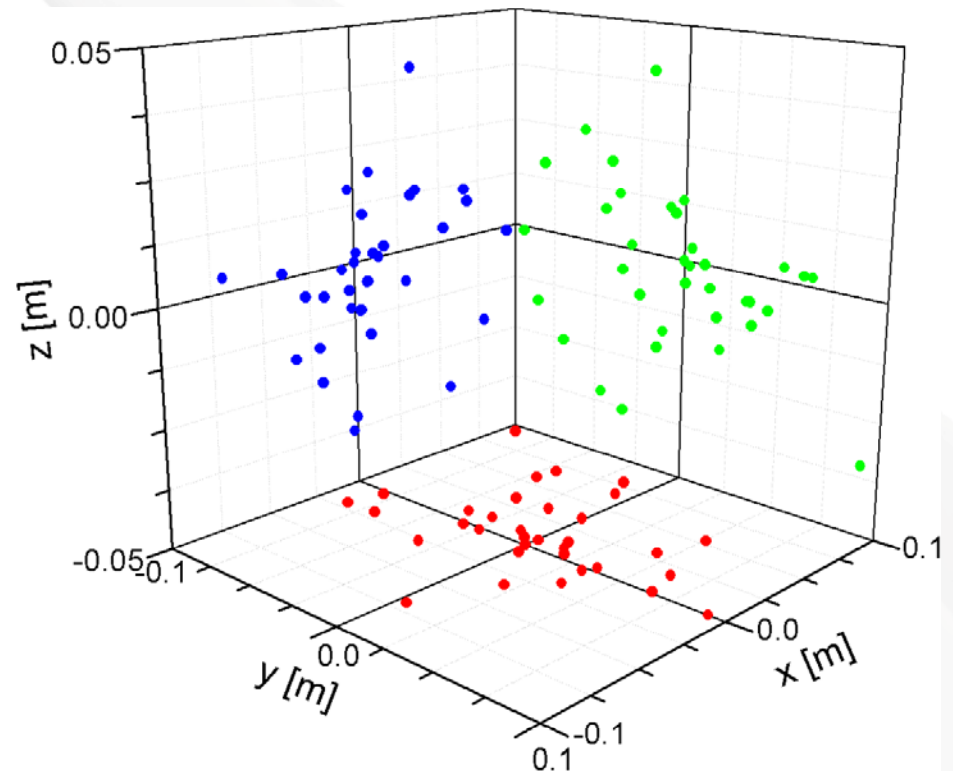
$$\sigma_x = 4.7 \text{ cm}$$

$$\sigma_y = 4.1 \text{ cm}$$

$$\sigma_z = 2.1 \text{ cm},$$

empirická stredná chyba:

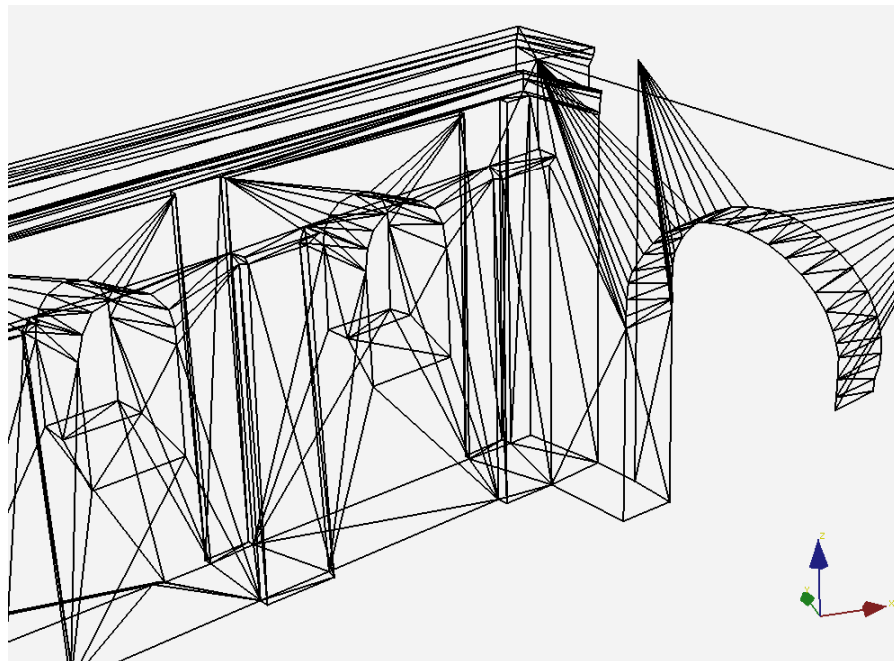
$$\sigma = 6.5 \text{ cm}$$



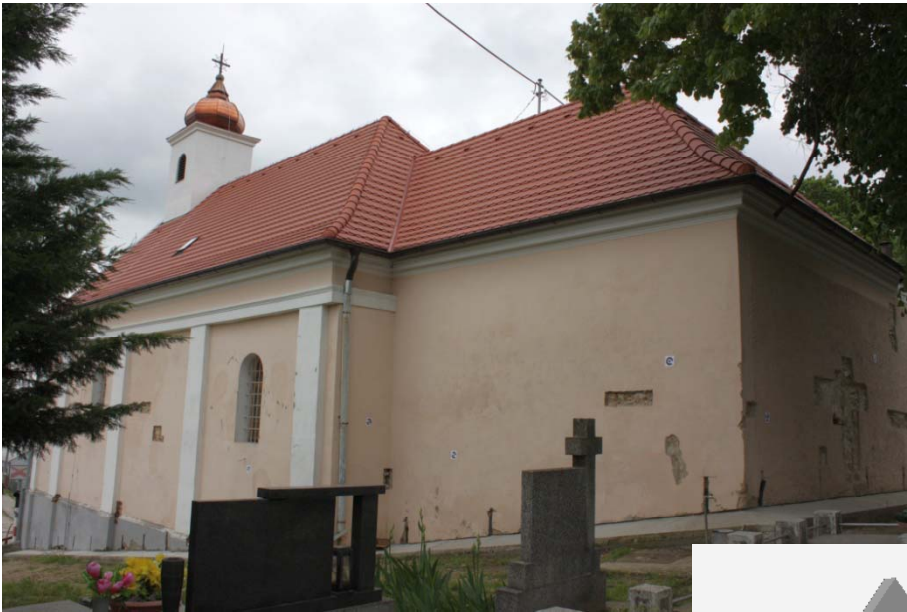
Interiér Kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch



Pôvodná snímka



Časť výsledného priestorového
modelu kostola zobrazeného vo
forme obrysov („wire frame“)

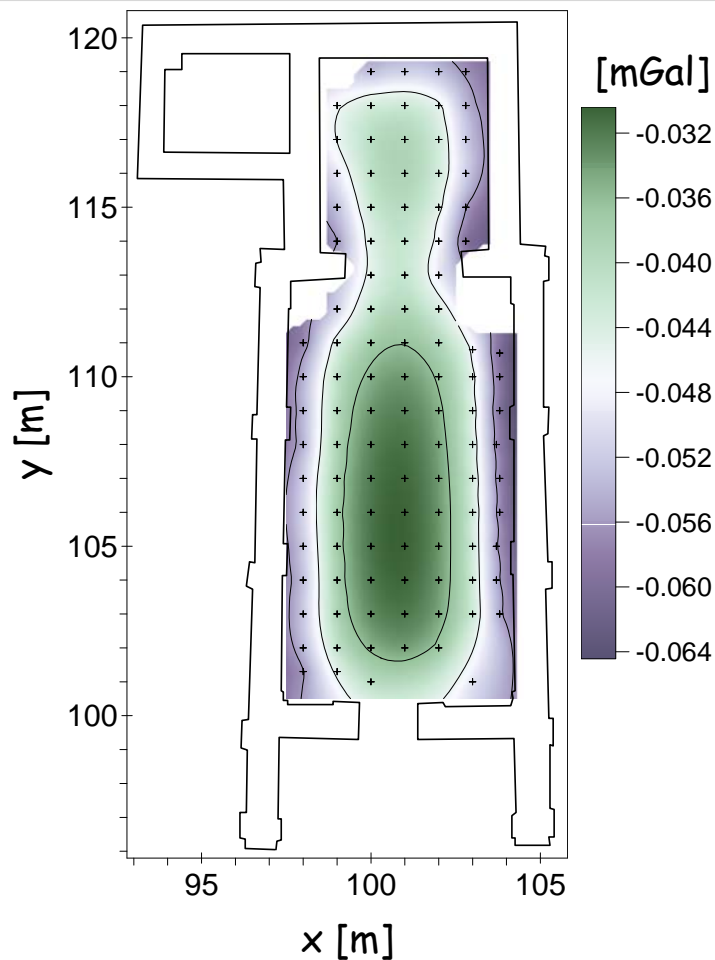


Fotografia exteriéru

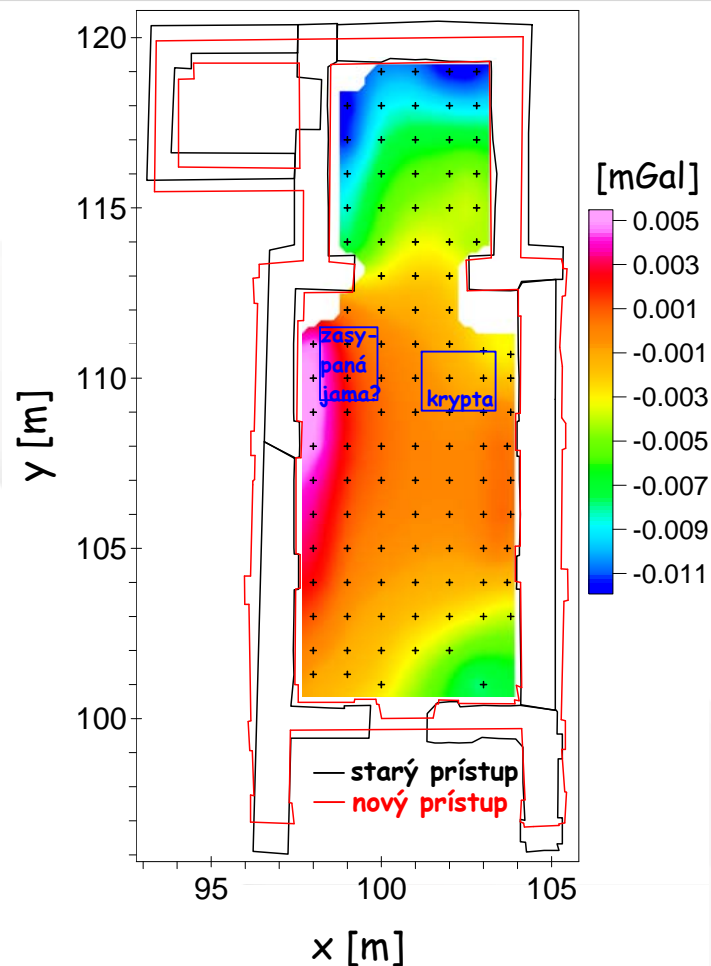
**Severozápadný pohľad
- Kostol Narodenia
Panny Márie
V Horných Krškanoch**

**Digitálny model z
PhotoModeleru
(originálne textúry)**





Gravitačný účinok
mnohostenného modelu kostola
(hustota: 1.8 g/cm^3 , tehla)



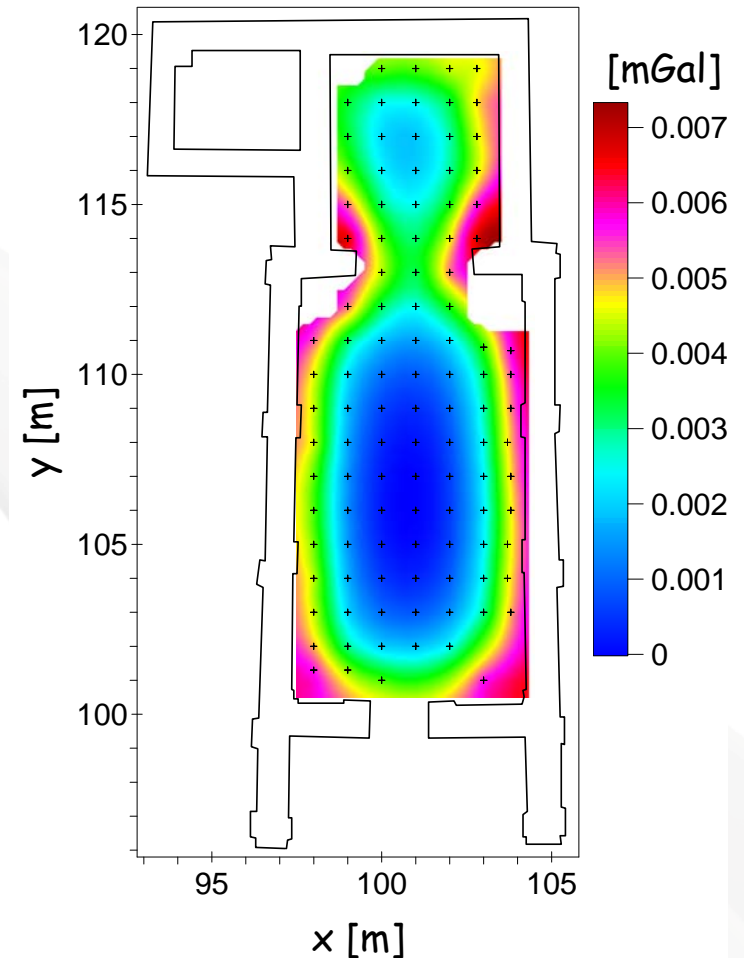
Rozdiel medzi korekciami
na účinok múrov vypočítanými
novým a starým spôsobom

- Referenčný model - pôvodný model z letnej školy (Potent, hrúbka múrov 1 m)

Parametre modelu	Dolný odhad	Ref. model	Horný odhad
Hrúbka múrov [m]	0.85	1.00	1.15
Výška múrov [m]	9.9	10.0	10.1
Hustota [g/cm ³]	1.70	1.80	1.90

- Maximálna štandardná neistota -

$$m_K = \pm 0.007 \text{ mGal}$$



Mapa horného odhadu štandardnej neistoty antropogénnej korekcie normovaná na korekciu ref. modelu

- Nová, efektívna metóda na výpočet antropogénnych korekcií v procese spracovania údajov v mikrogravimetrii pre archeologické aplikácie
- Konvergentná fotogrametrická metóda umožňuje vysokú kontrolu presnosti počítaných korekcií
- Presnejšie mapy Bouguerových anomálií - možnosť odhaliť ťažšie identifikovateľné dutiny nachádzajúce sa v tesnej blízkosti stien budov
- 3D rekonštrukcia modelov historických stavieb pomocou metód blízkej fotogrametrie zároveň predstavuje hodnotný príspevok k dokumentácii kultúrneho dedičstva

Ďakujem za pozornosť.

