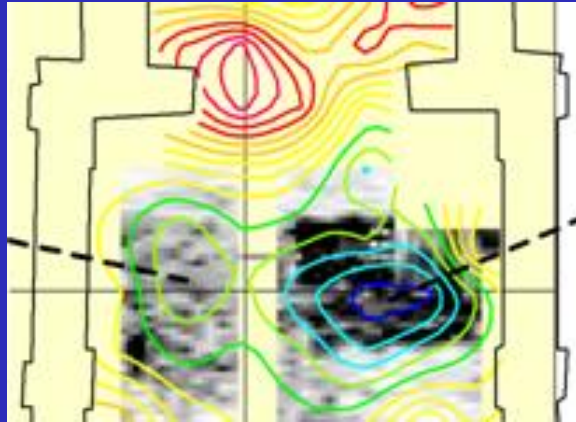


Príkladové štúdie (case-studies) z archeo-geofyziky (mikrogravimetria + GPR)



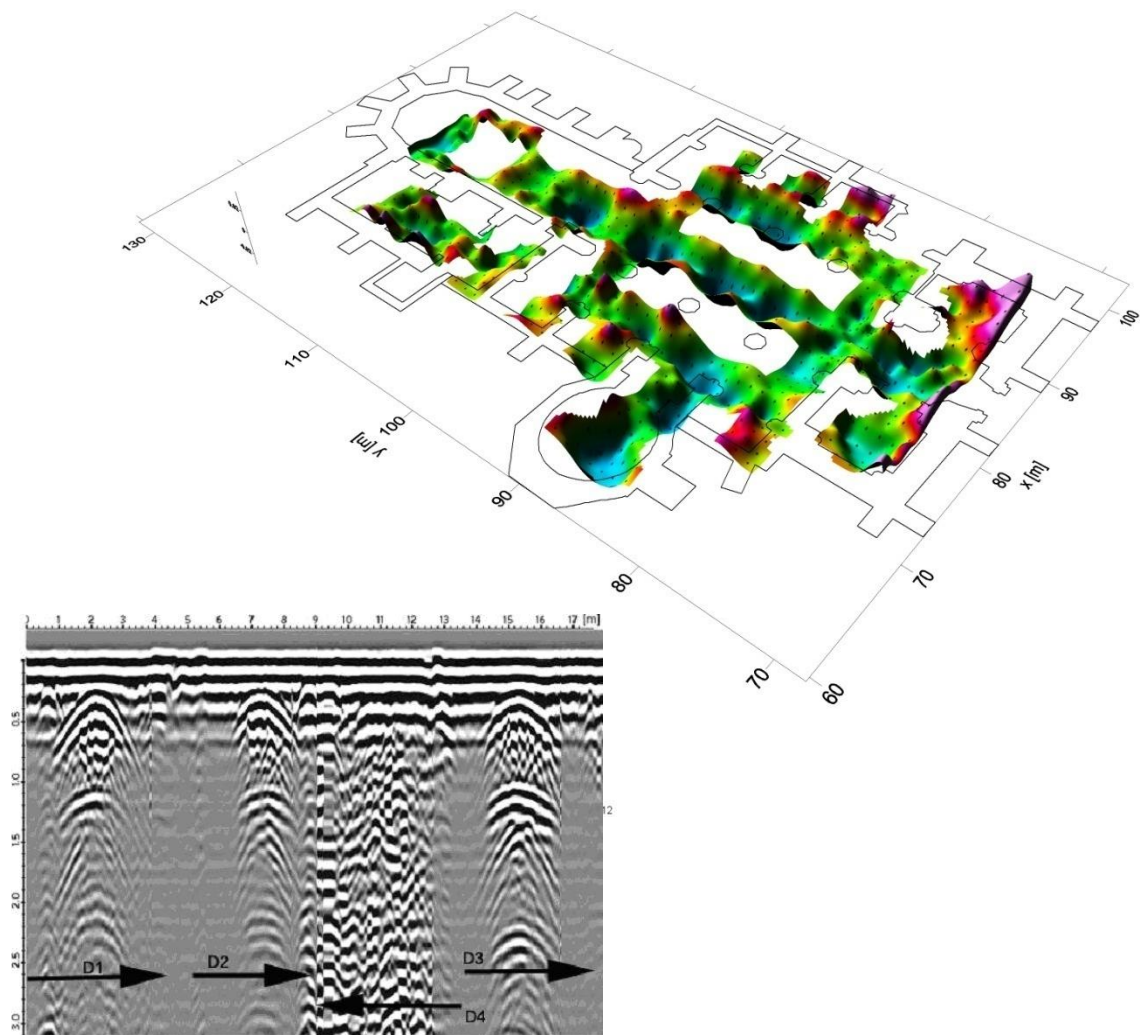
Príkladové štúdie (case-studies) z archeo-geofyziky (mikrogravimetria + GPR)

- asi najlepšia kombinácia metód na detekciu dutín (krypty, hrobky, pivnice, atď.), najmä teda v zastavaných priestoroch – obe sú neinvazívne
- vo väčšine prípadov sa navzájom potvrdzujú, sú však prípady, kedy jedna z nich nezareaguje (potom sa uvažuje možnosť detekcie iba jednou metódou)

PRÍKLADY POUŽITIA MIKROGRAVIMETRIE V ARCHEOLÓGII – DETEKCIA DUTÍN

- **prieskum kostola Sv. Mikuláša v Trnave**
- **prieskumu kostola Narodenia Panny Márie
v Horných Krškanoch pri Nitre**
- **prieskum kostola sv. Juraja vo Sv. Juri**
- **prieskum kostola sv. Jozefa v Beckove**
- **prieskum kostola v Dolnom Dubovom**
- **kostol a kláštor Katarínka, JZ Slovensko**
- **základy ranno-byzantskej baziliky v Izniku
(bývalá Nicea), Turecko**

Mikrogravimetrický a georadarový prieskum Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



september 2006

výsledky geofyzikálneho prieskumu

Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

použitá metodika:

- mikrogravimetria v sieti 1 x 1 m

(prístroje: Scintrex CG-3M, CG-5, Sodin 214G)

(realizované firmou G-trend s.r.o. a KAEG PRIF UK)

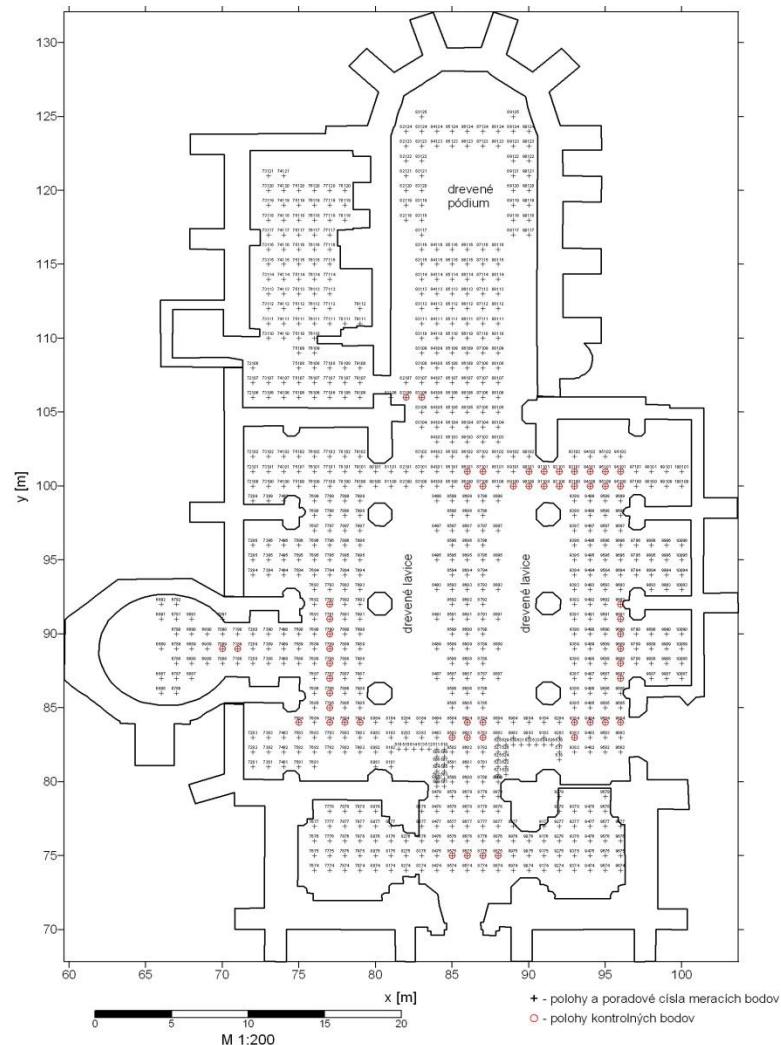
- georadar v tzv. trasovacej modifikácii

(prístroj: Mala Easy Locator EXM+ s 500 MHz a 350 MHz anténou)

(realizované firmou Terra s.r.o., Košice)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

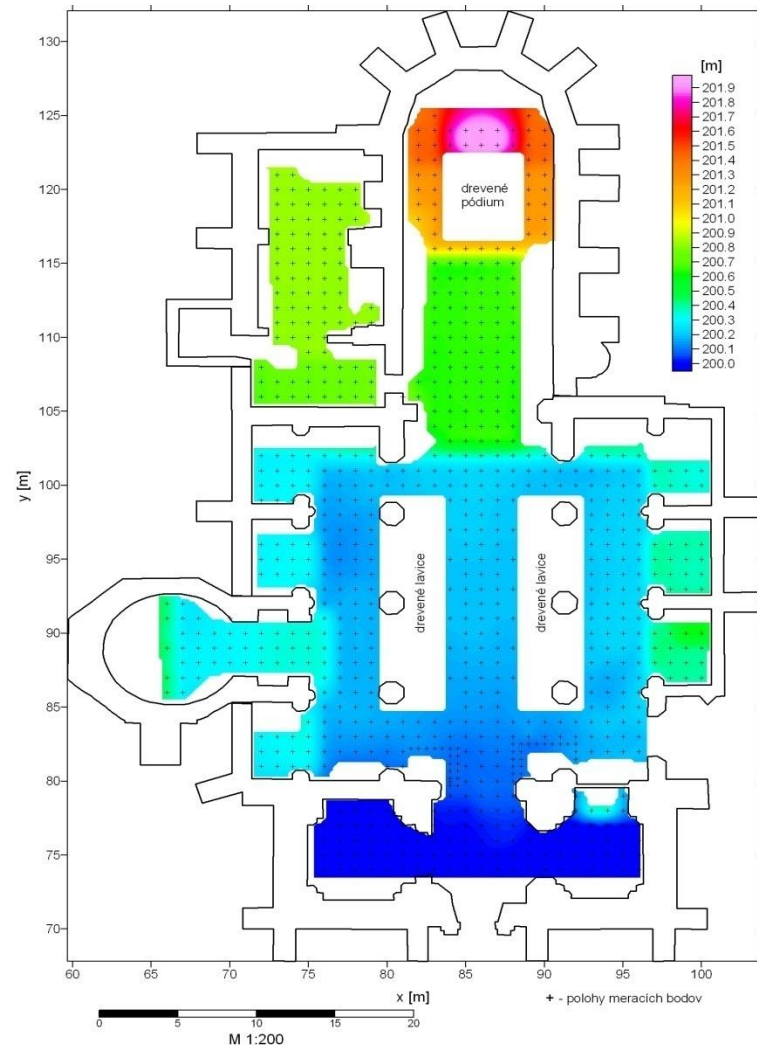
mikrogravimetria:



Obr. 2 Polohy meracích a kontrolných bodov v priestore kostola

4

rozmiestnenie bodov merania
(854 bodov, plocha cca. 30 x 50m!)



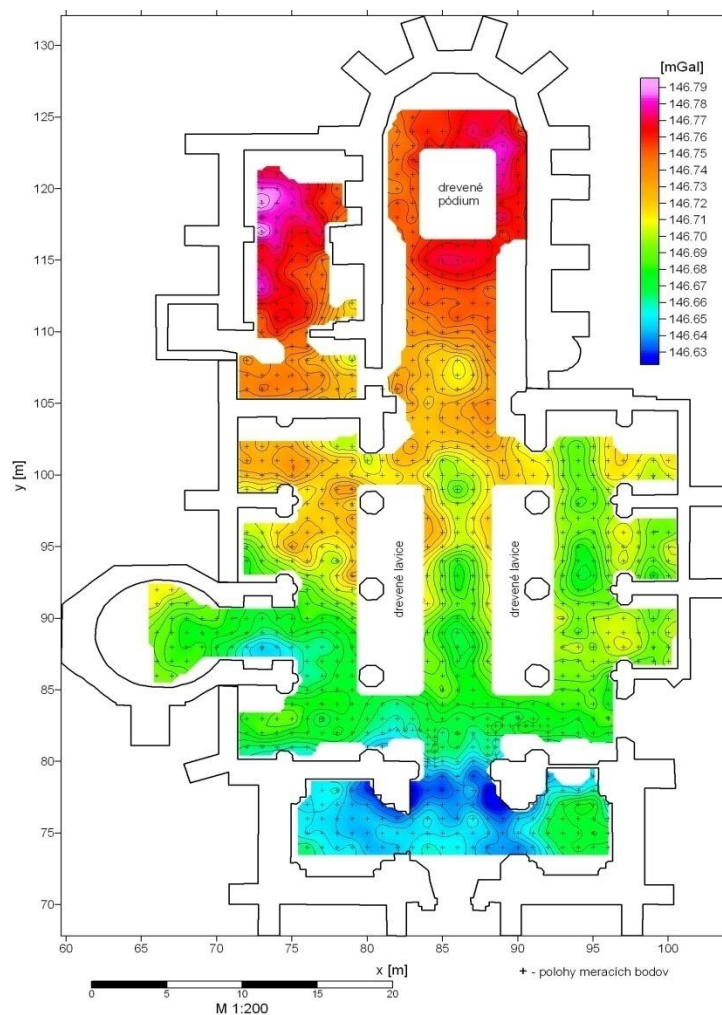
Obr. 3 Mapa priebehu nadmorských výšok meracích bodov v priestore kostola

5

nadmorské výšky bodov merania
(rozpätie: 2.018 m)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

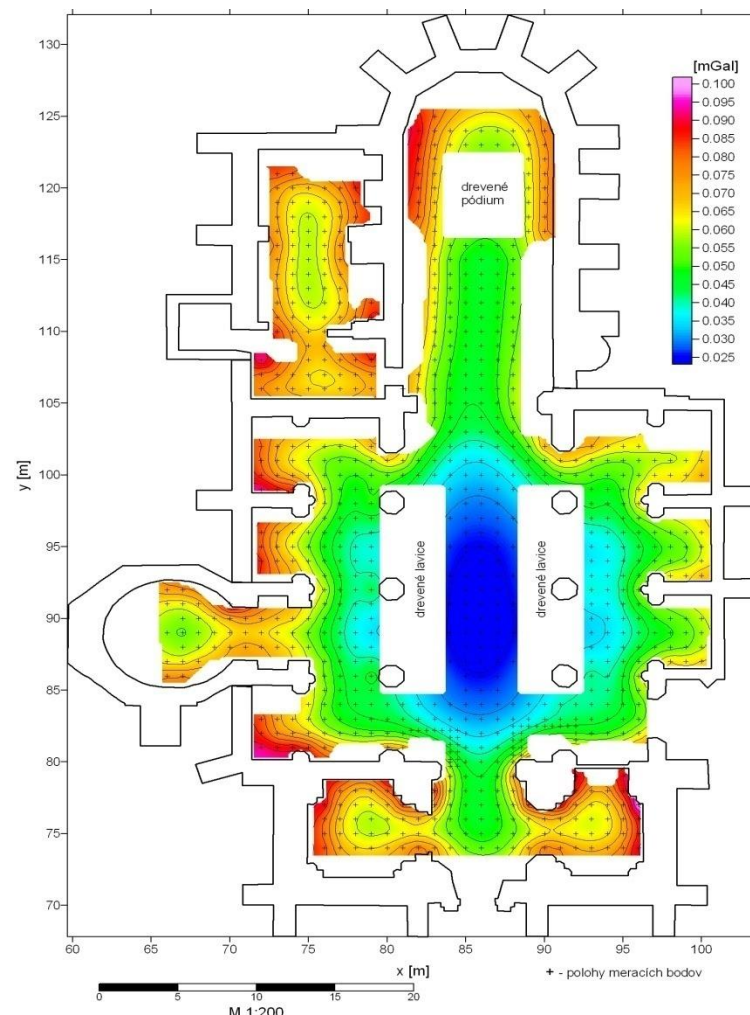
mikrogravimetria:



Obr. 5 Mapa priebehu neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(bez zavedenia opráv o gravitačný účinok múrov), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

8

neúplné Bouguerove anomálie
bez opravy o účinky múrov
(pre $\sigma = 1.80 \text{ g.cm}^{-3}$)



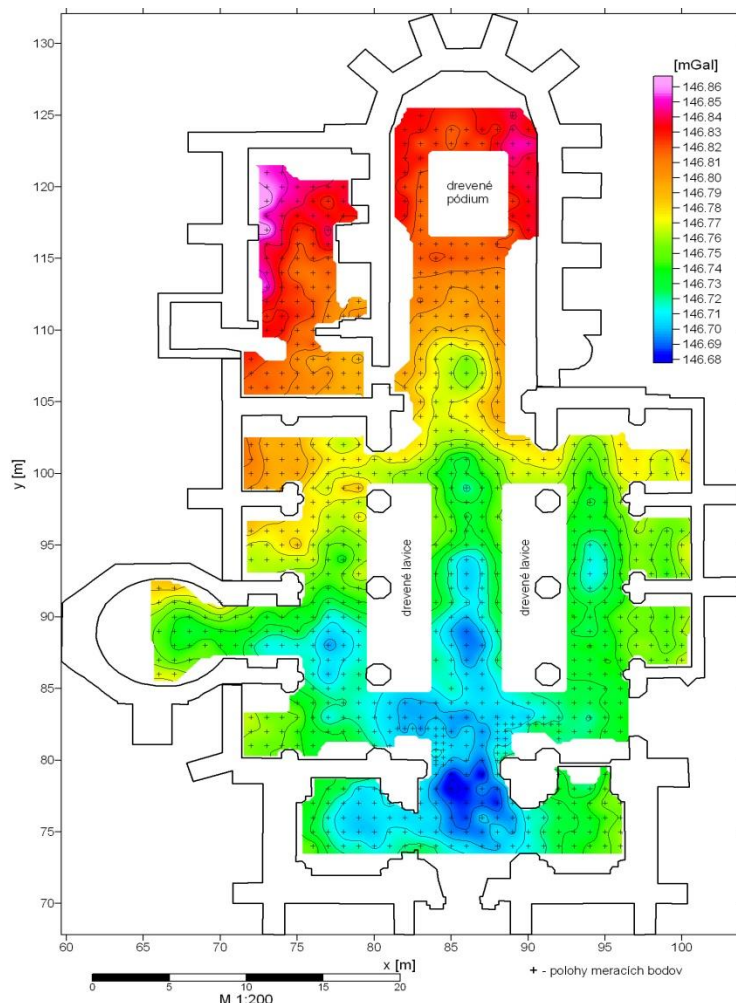
Obr. 6 Mapa priebehu gravitačných účinkov múrov v priestore kostola

9

gravitačný účinok múrov s hustotou
 1.70 g.cm^{-3} (nepálená tehla)
(18 polygon. hranolov, soft.: Potent)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

mikrogravimetria:

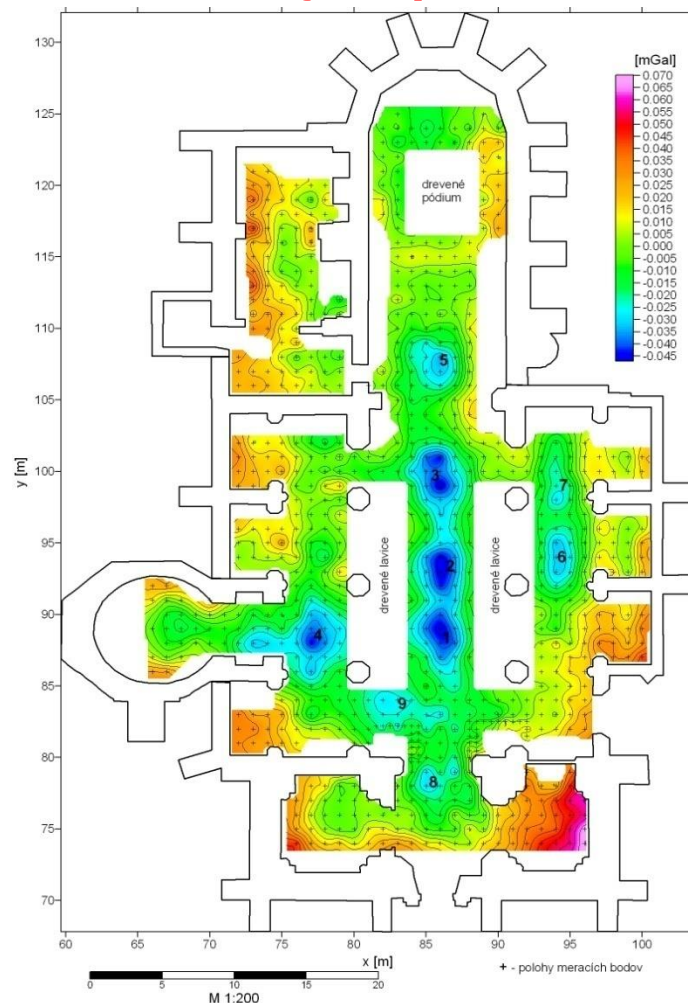


Obr. 7 Mapa priebehu neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

10

neúplné Bouguerove anomálie
s opravou o účinky múrov
(pre $\sigma = 1.80 \text{ g.cm}^{-3}$)

výstup



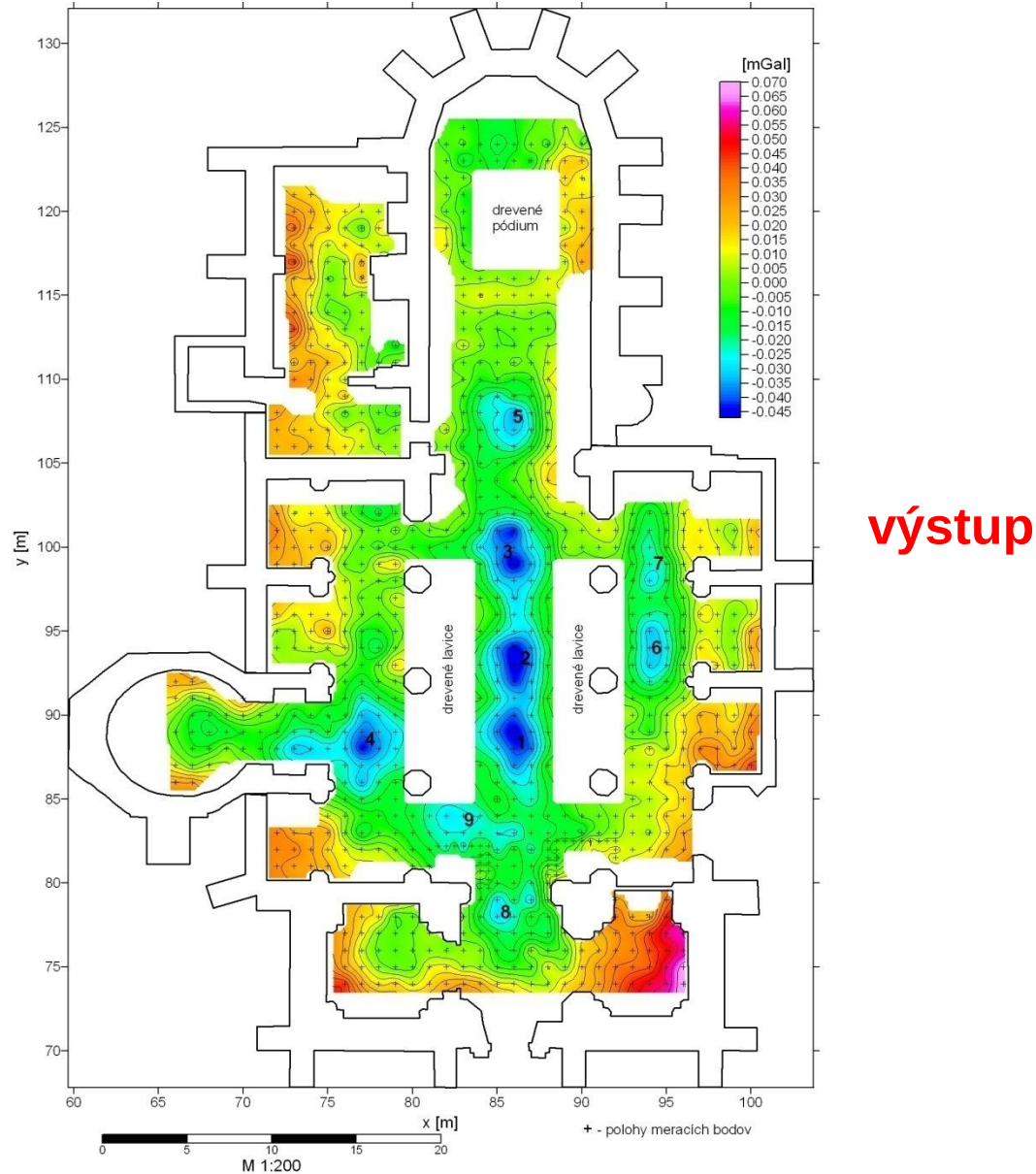
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

11

neúplné Bouguerove anomálie
s opravou o účinky múrov a
odstráneným lineárnym trendom

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

mikrogravimetria:

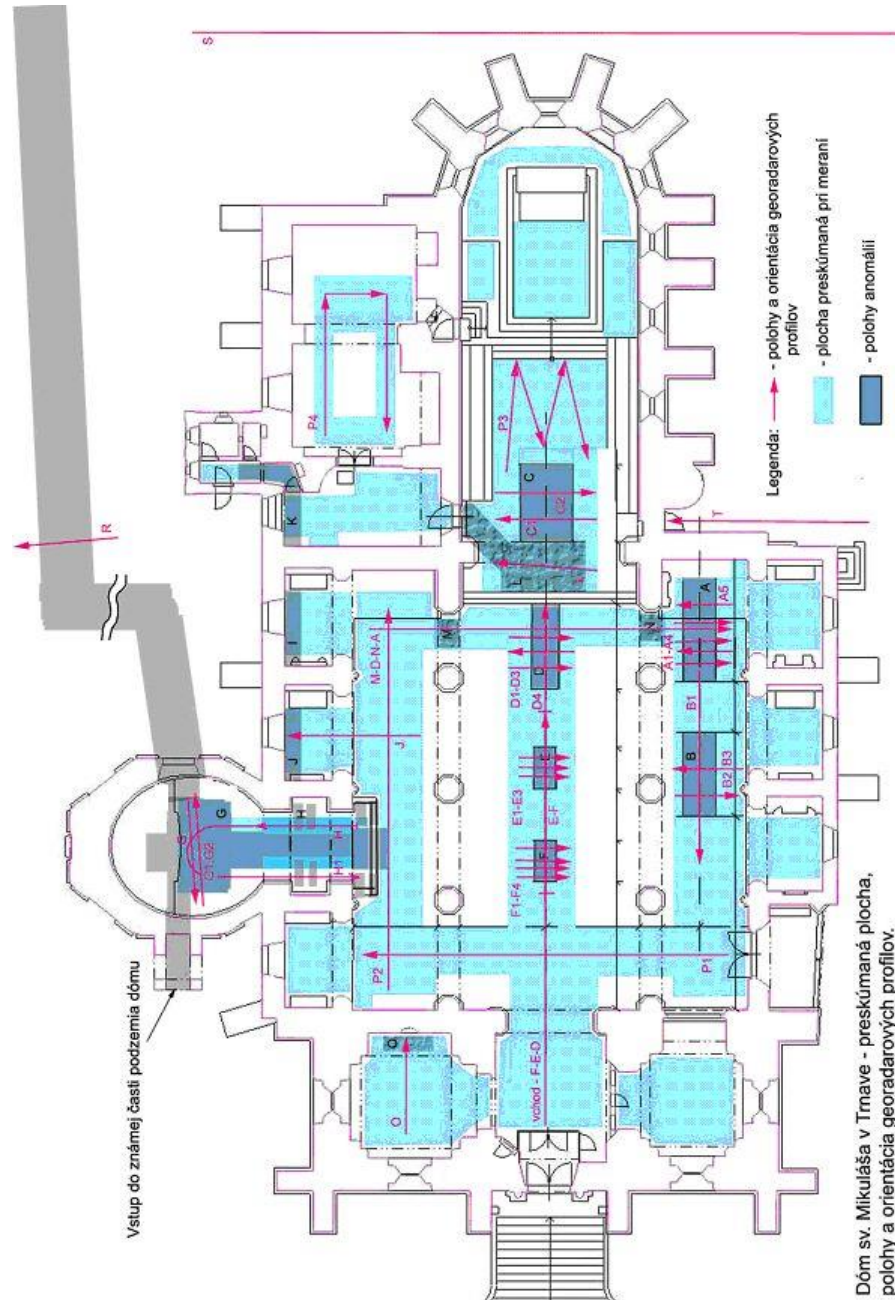


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

neúplné Bouguerove anomálie s opravou o účinky múrov a odstráneným lineárnym trendom

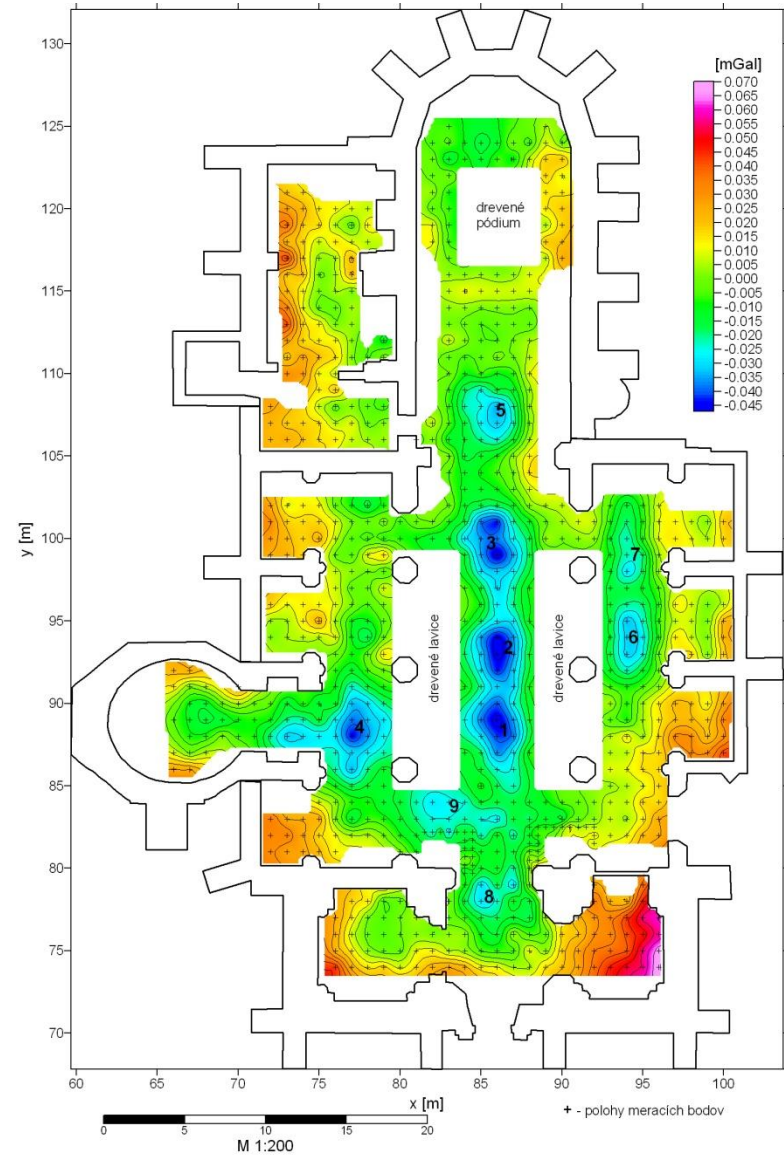
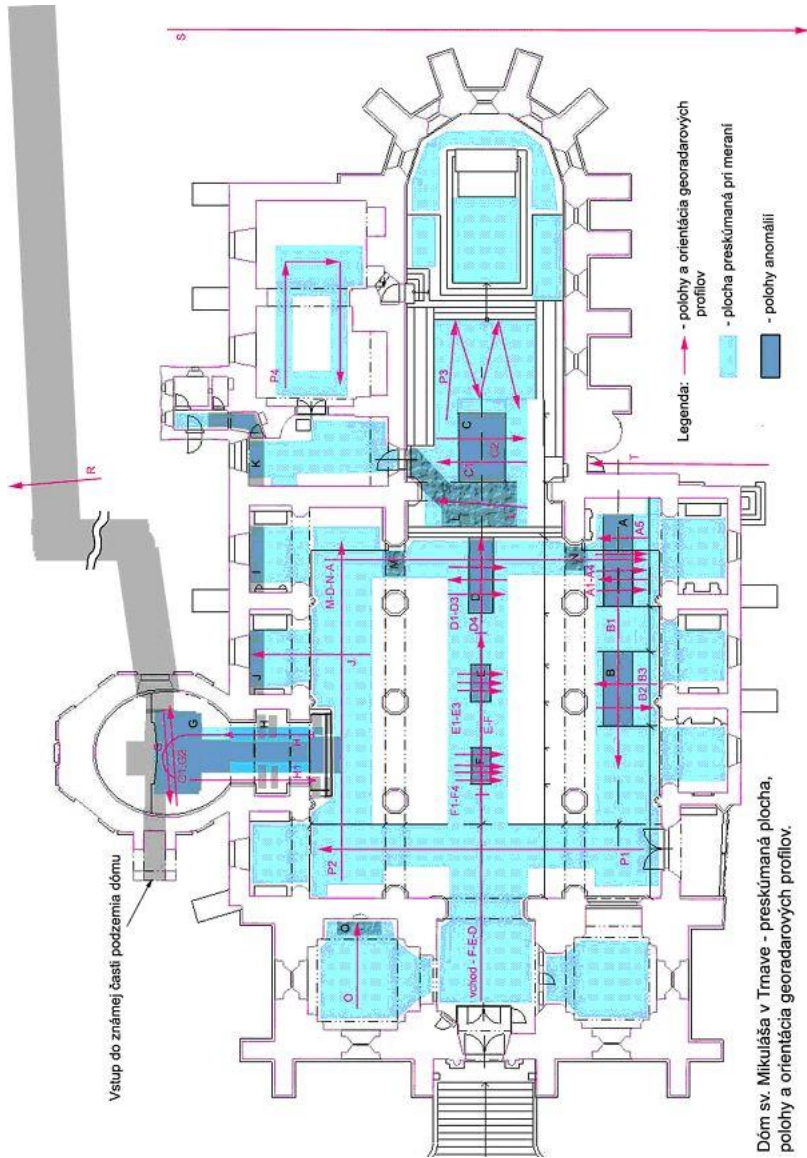
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

merania GPR:



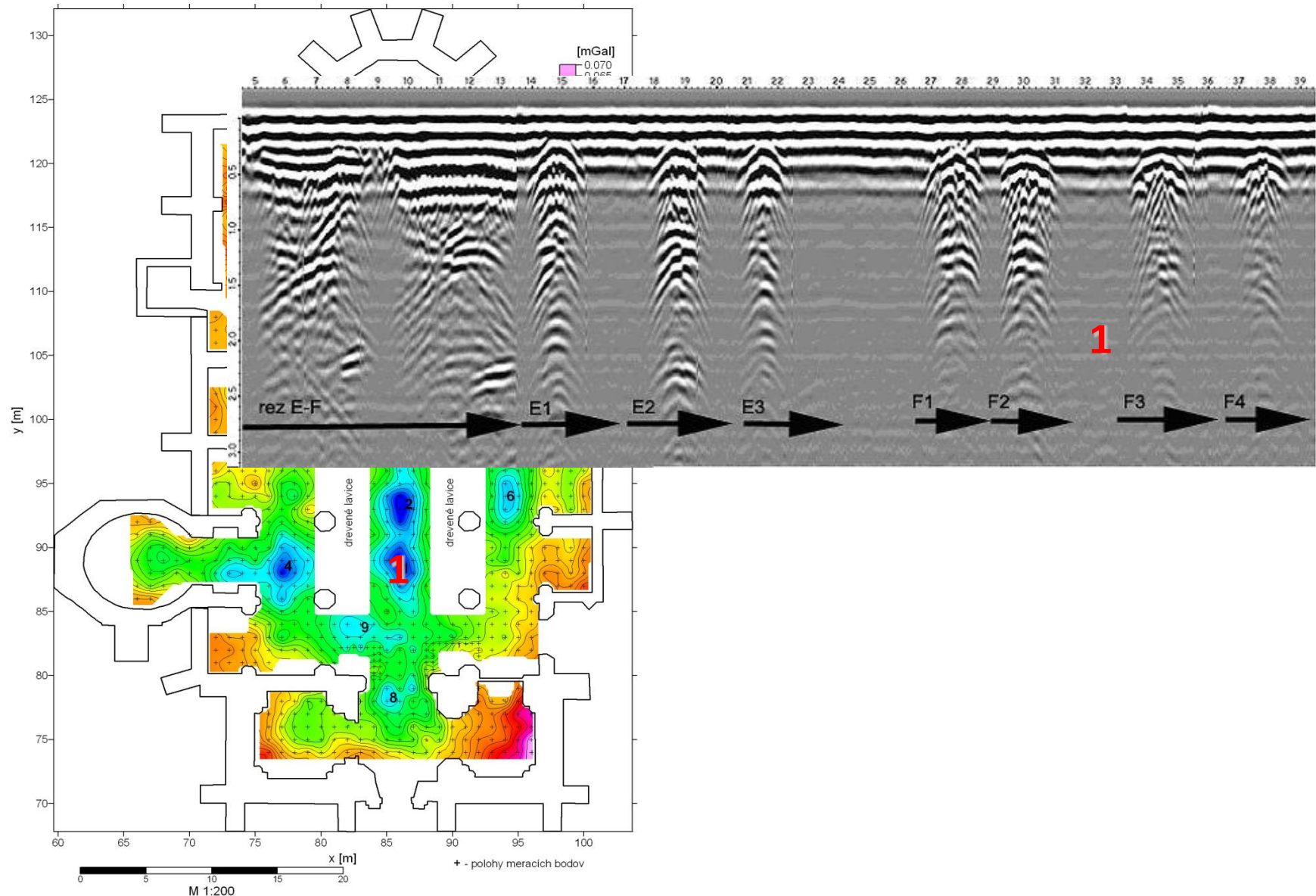
priebeh profilov GPR (trasovacia metóda) s vyznačenými detekovanými dutinami

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



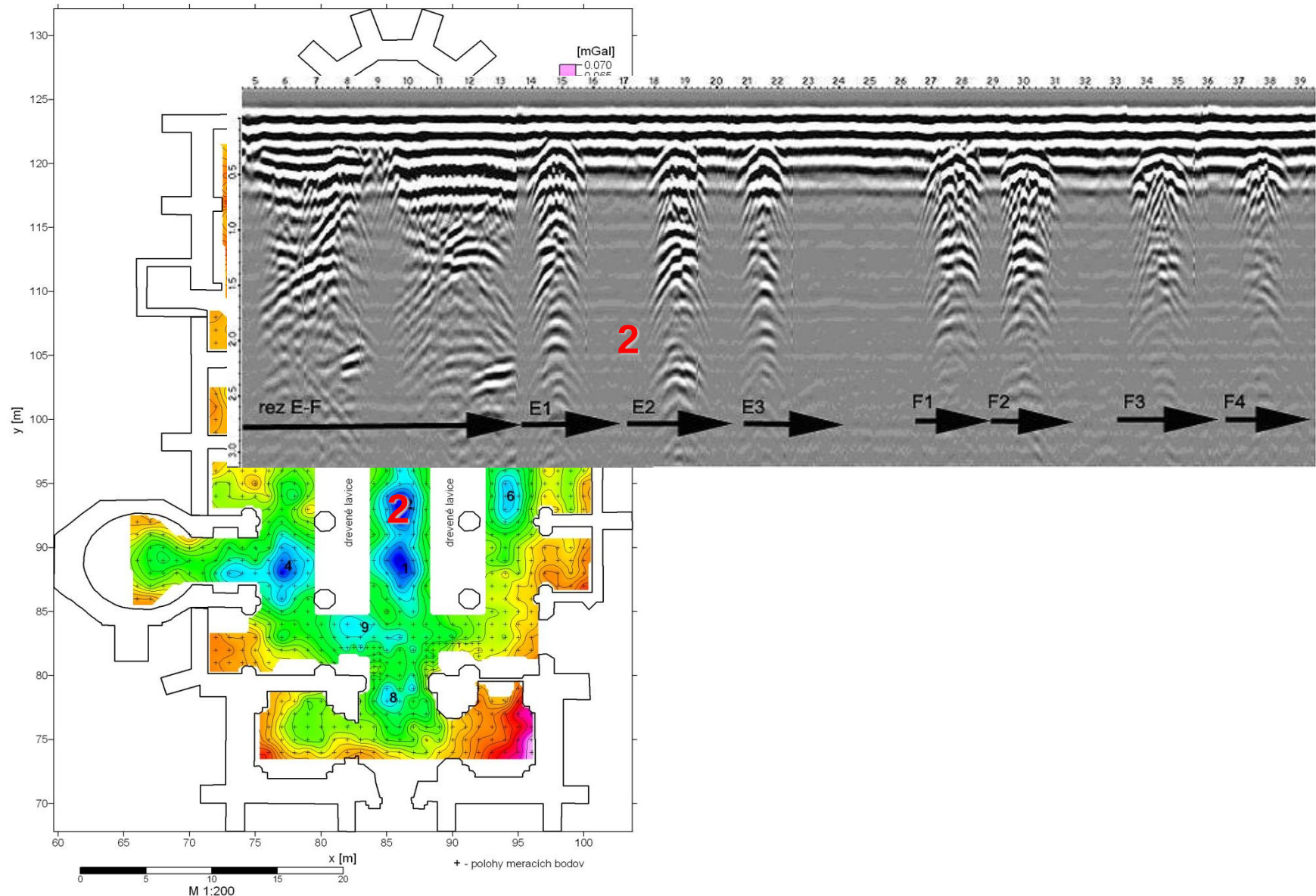
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



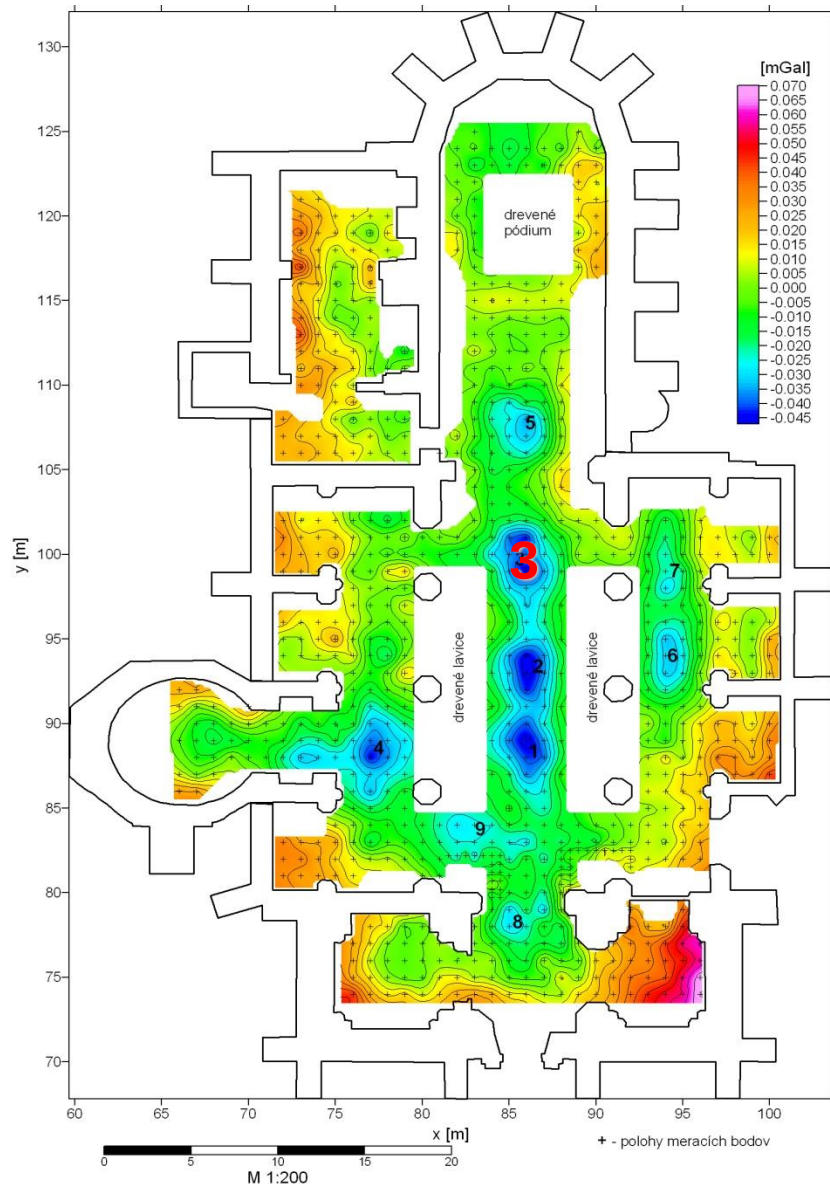
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

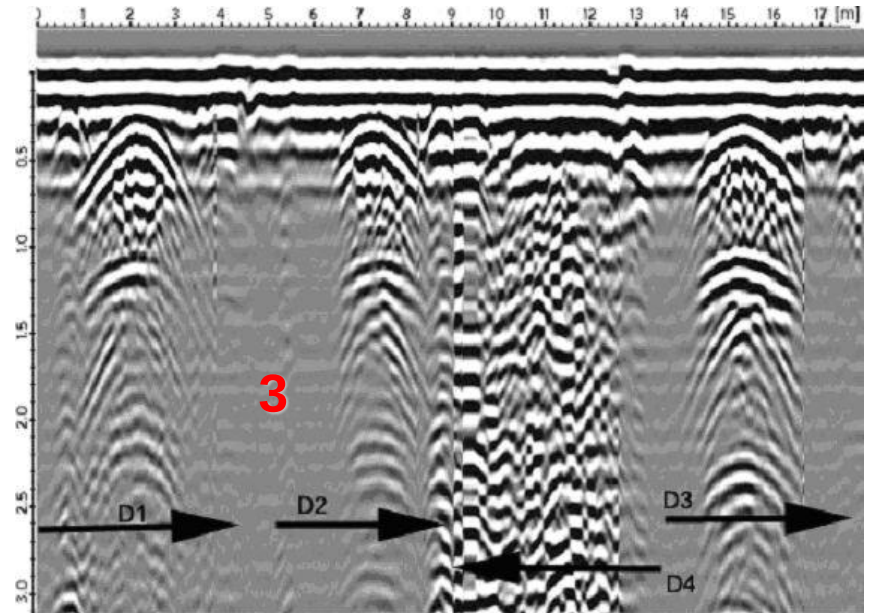


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

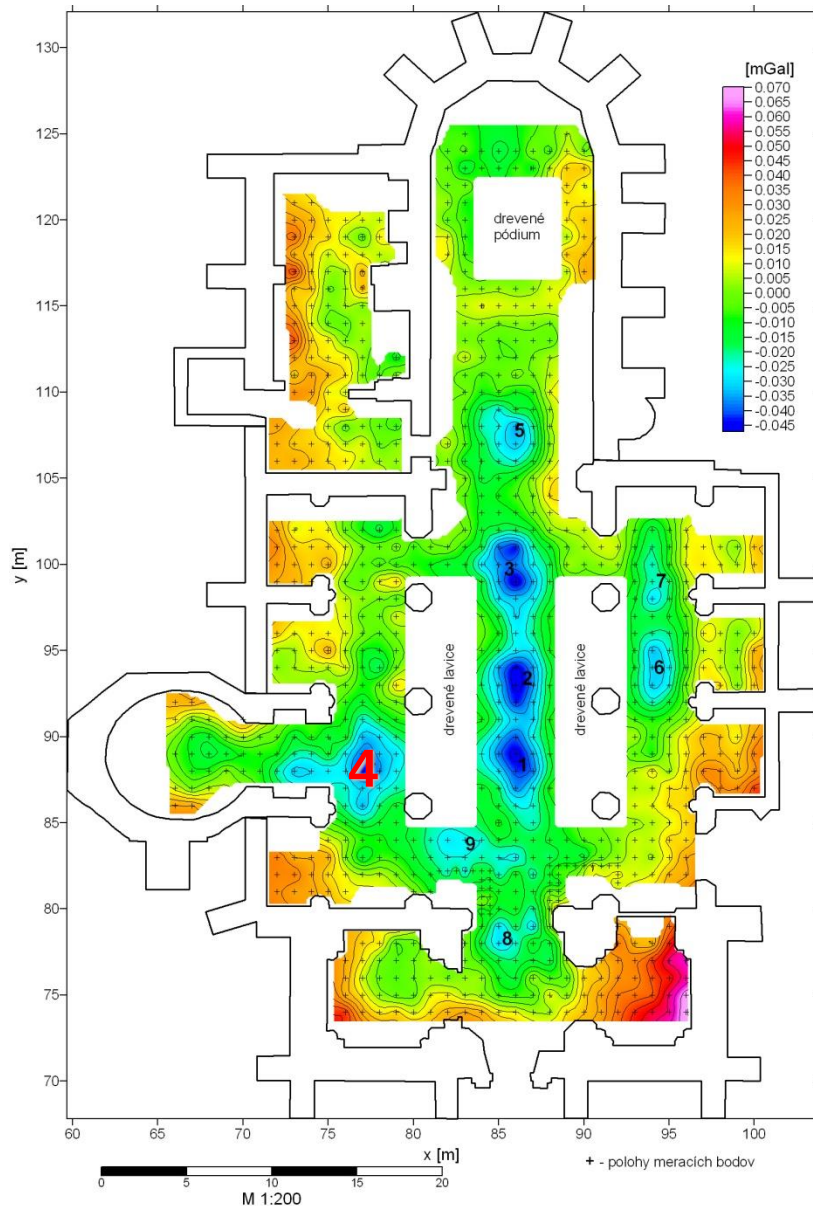
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



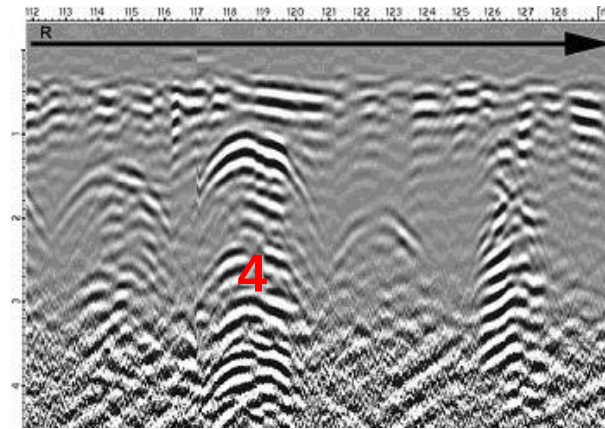
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



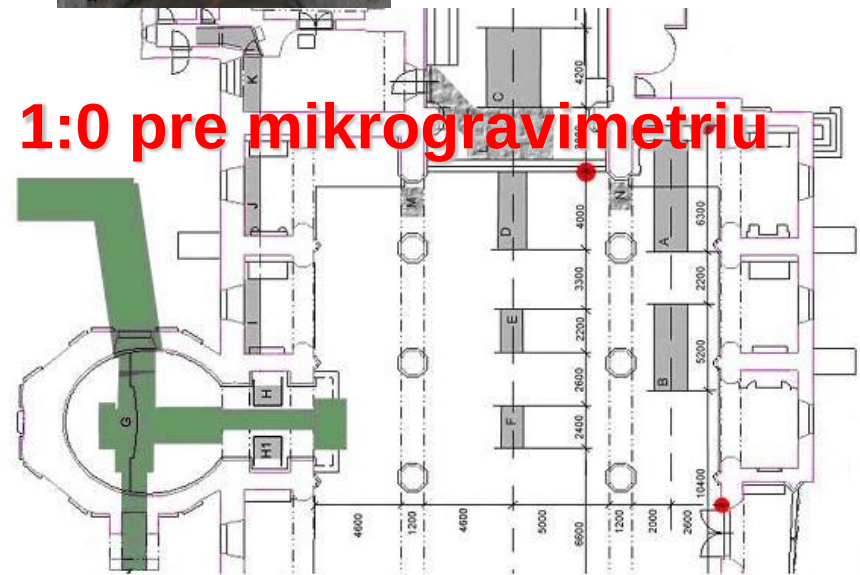
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



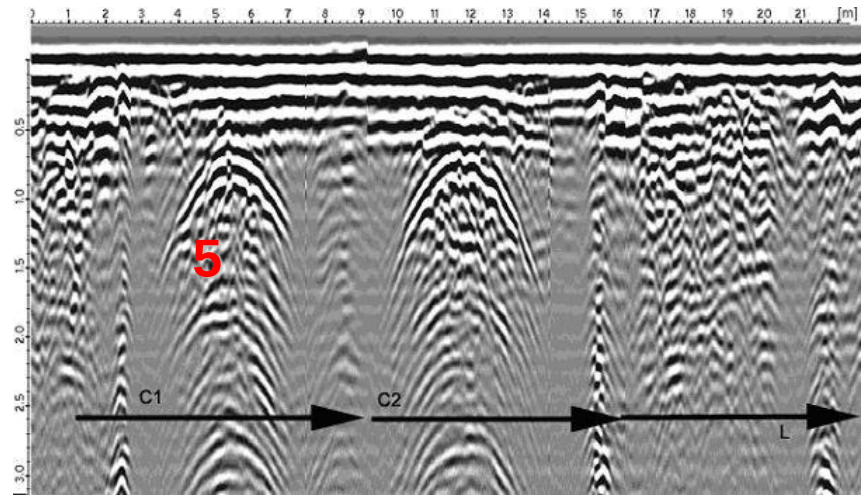
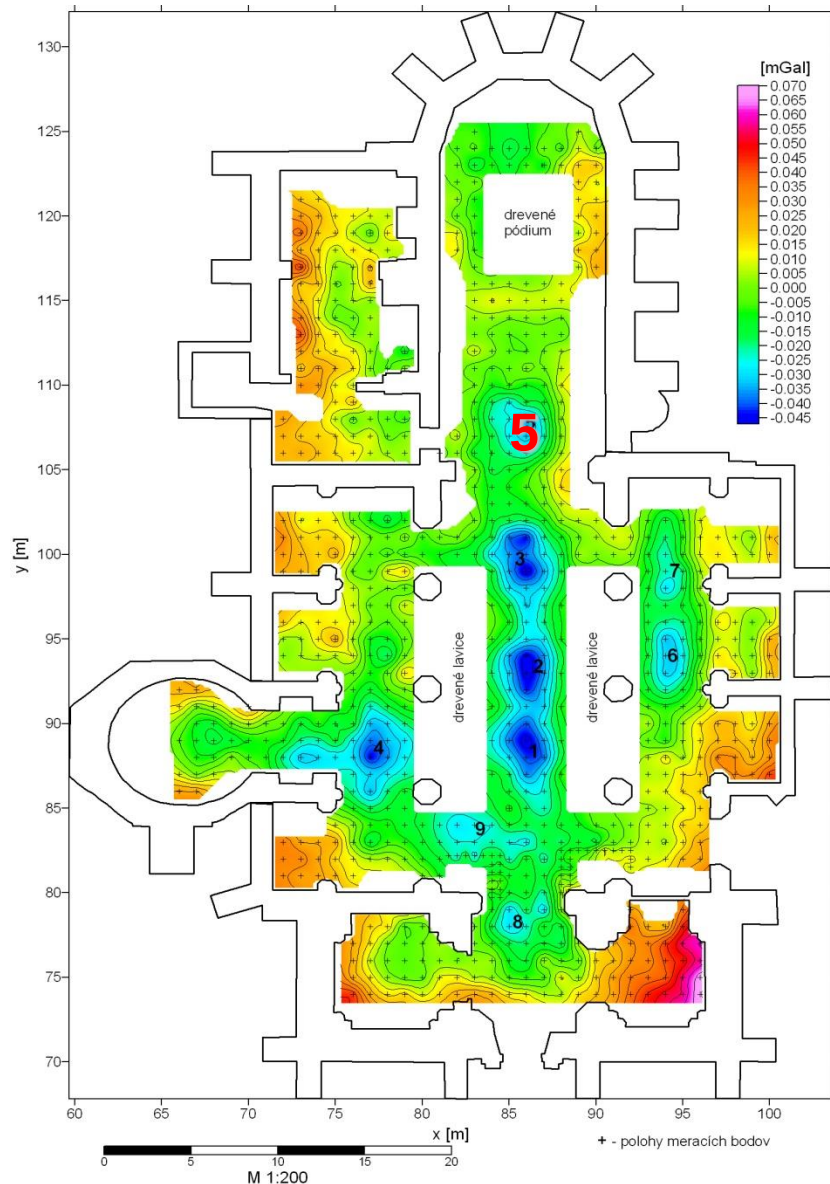
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



známa
krypta (chodba)

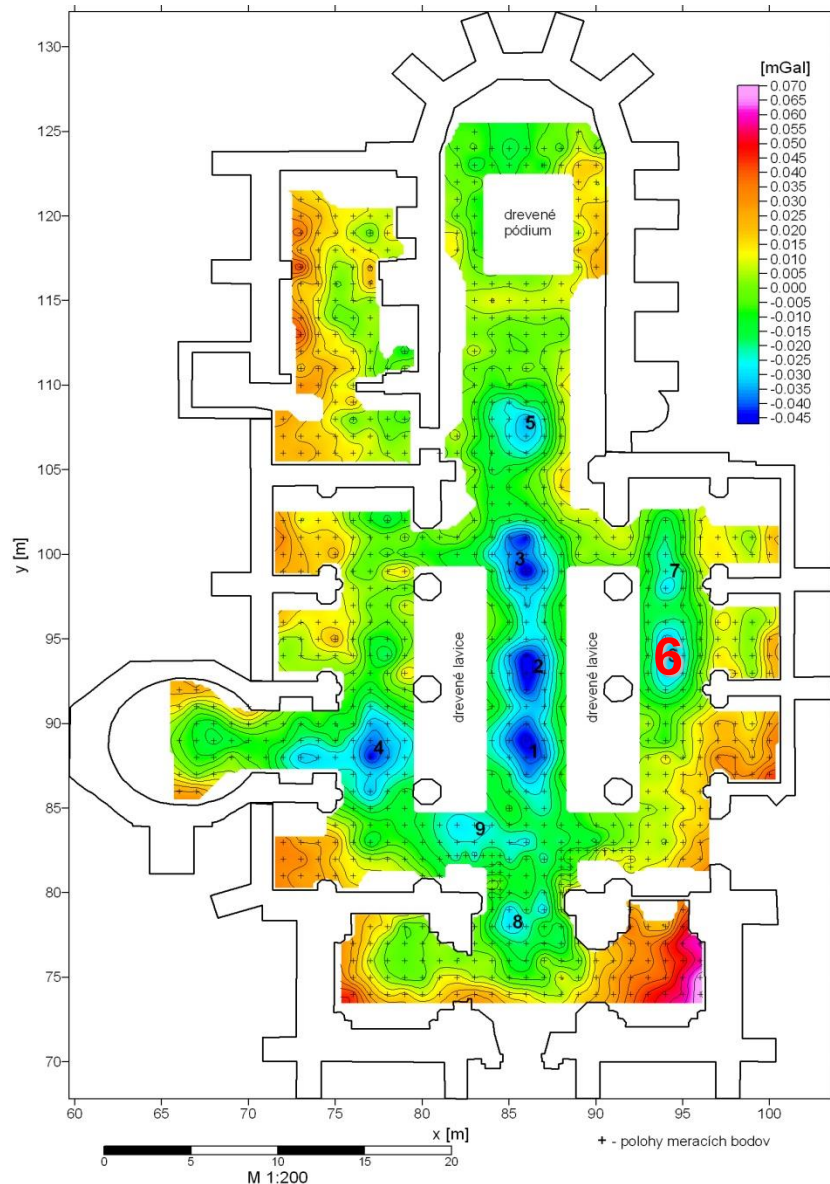


výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

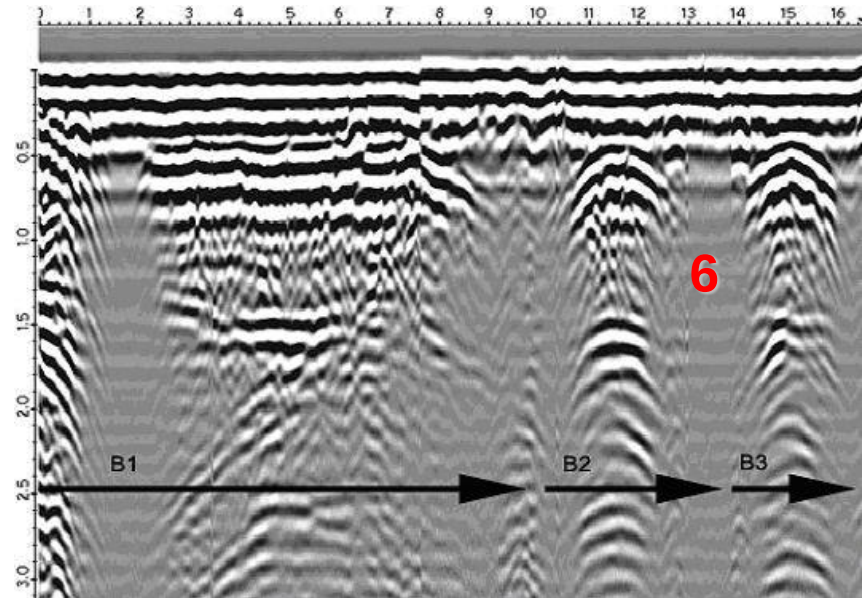


Obr. 8 Mapa priebihu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

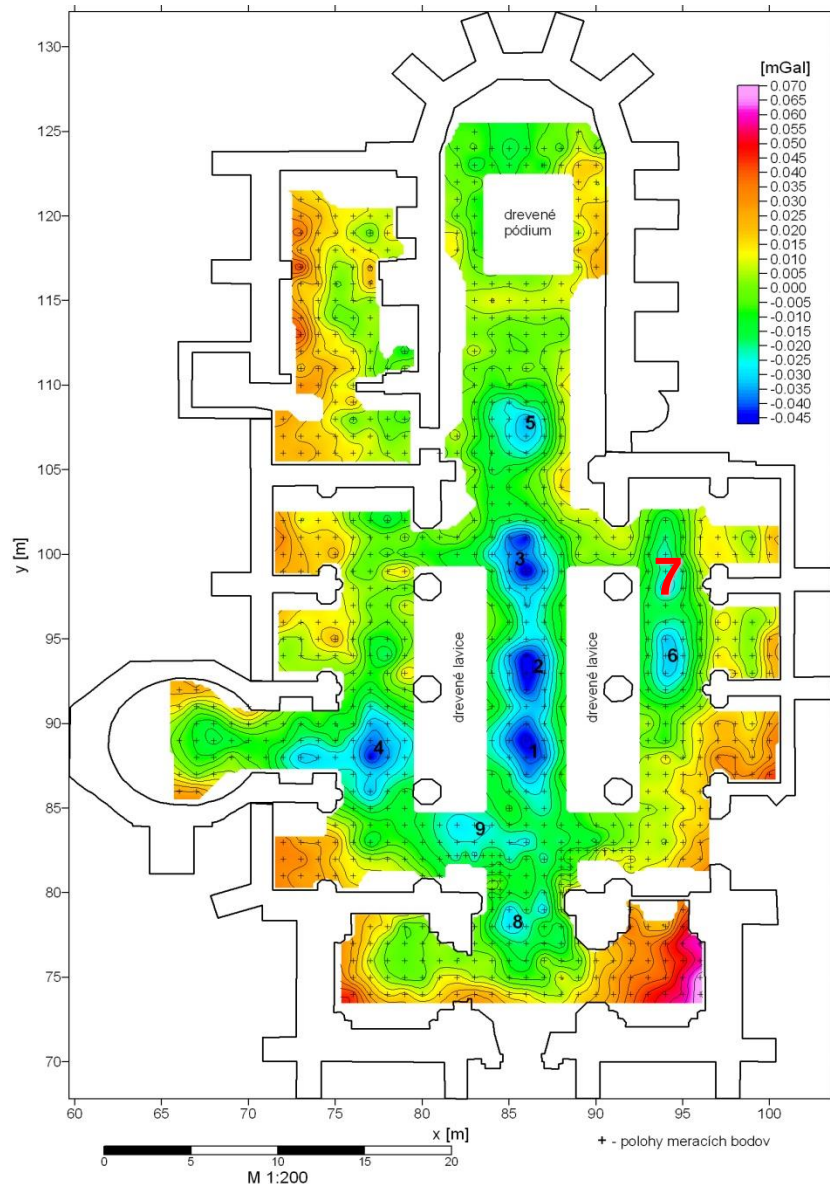
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



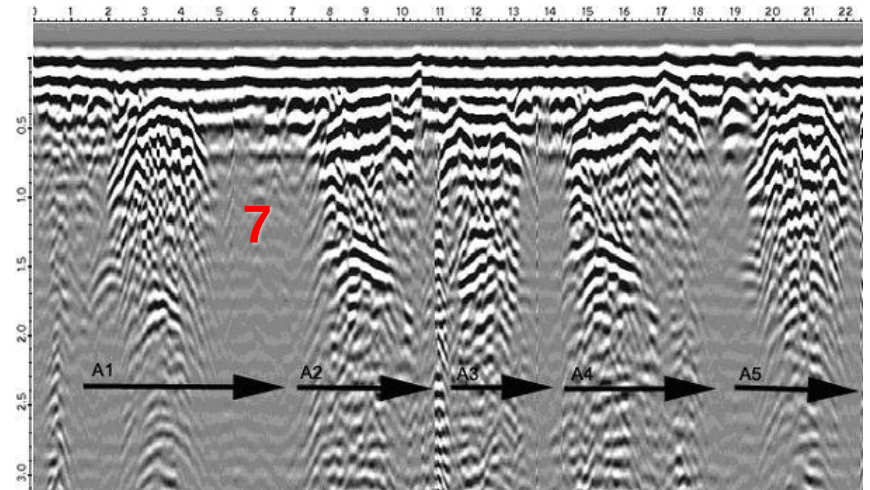
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



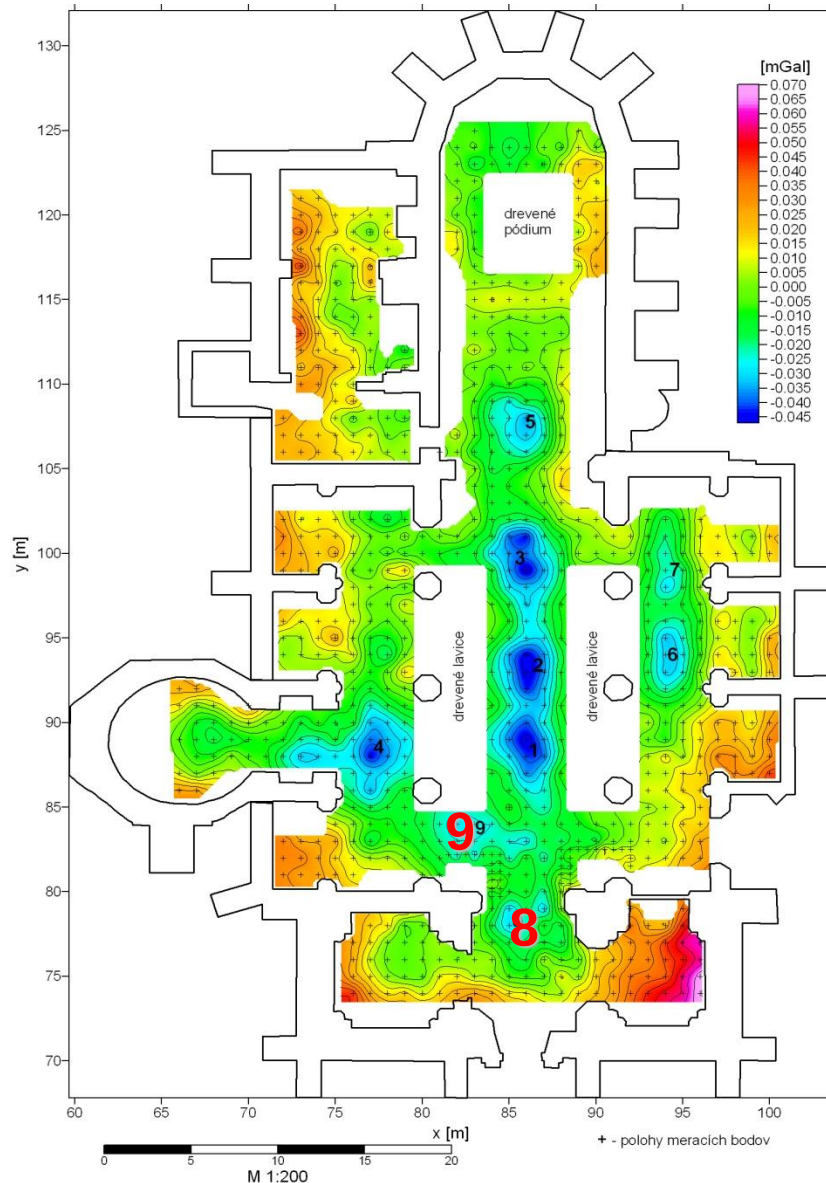
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



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}



výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

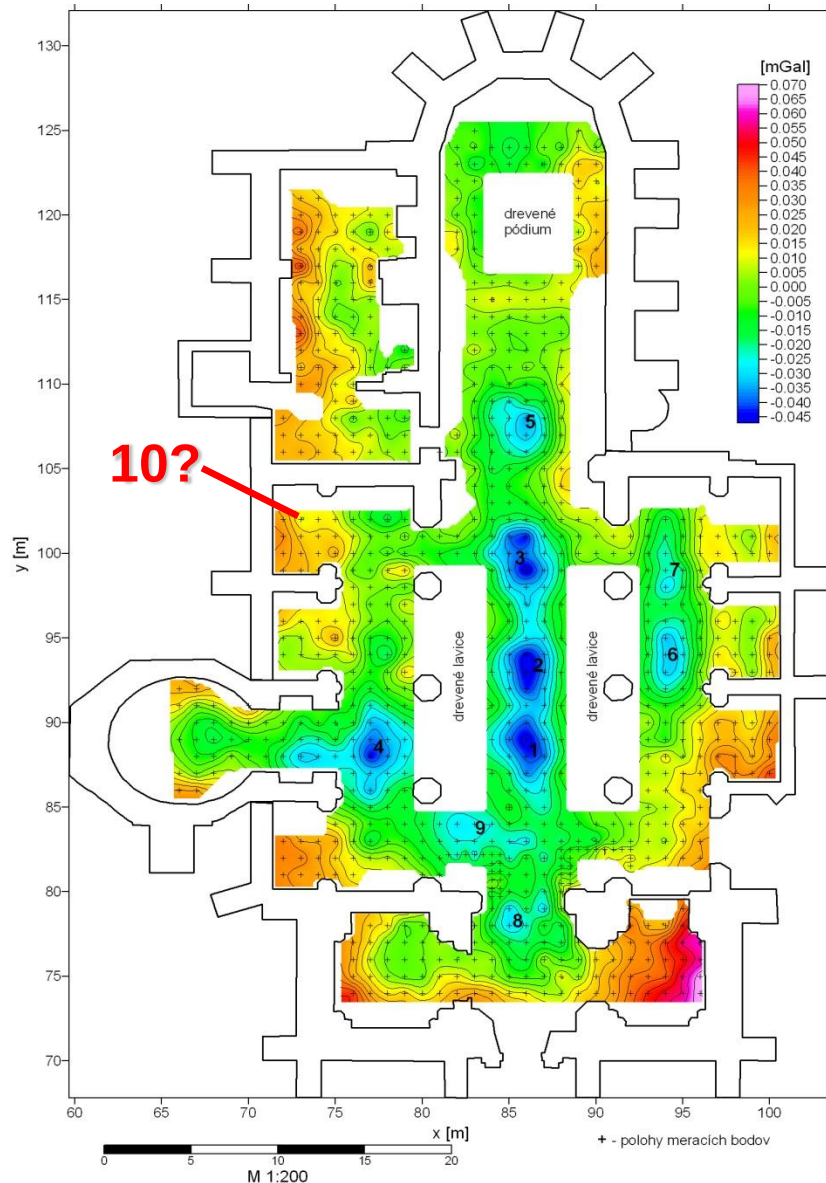


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

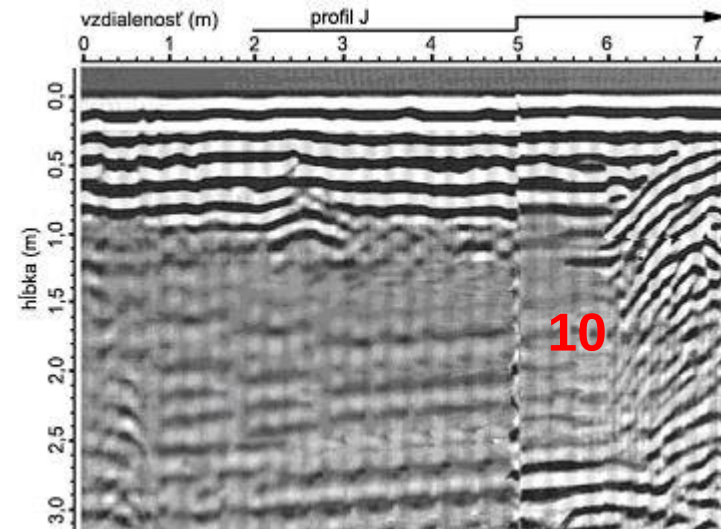
anomálie 8 a 9 svojim anomálnym charakterom nezodpovedajú s vysokou pravdepodobnosťou prejavu prítomnosti krýpt, ale iba ľahších objektov v podlaží

(bez GPR indikácií)

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}



GPR poskytuje indikáciu prítomnosti prázdneho priestoru tesne pri múre, pričom mikrogravimetria na tomto mieste nevykazuje žiadne anomálne hodnoty (lokálne minimum)

1:1

spojenie výsledkov mikrogravimetrie a metódy GPR

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

všetky GPR anomálie boli následne overené videoinšpekciou –
navrtaním a zasunutím priemyselnej mini-kamery s osvetlením



1. vrtanie po odkrytí dlažby



2. paženie



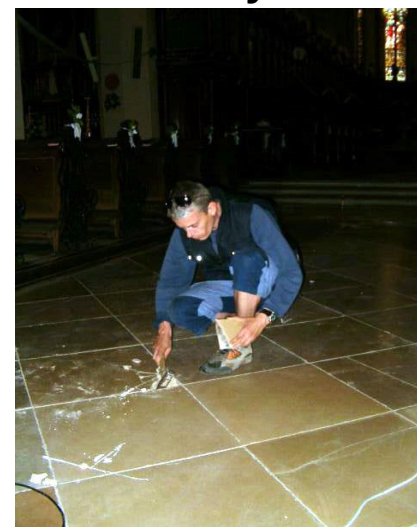
3. vsunutie kamery do otvoru



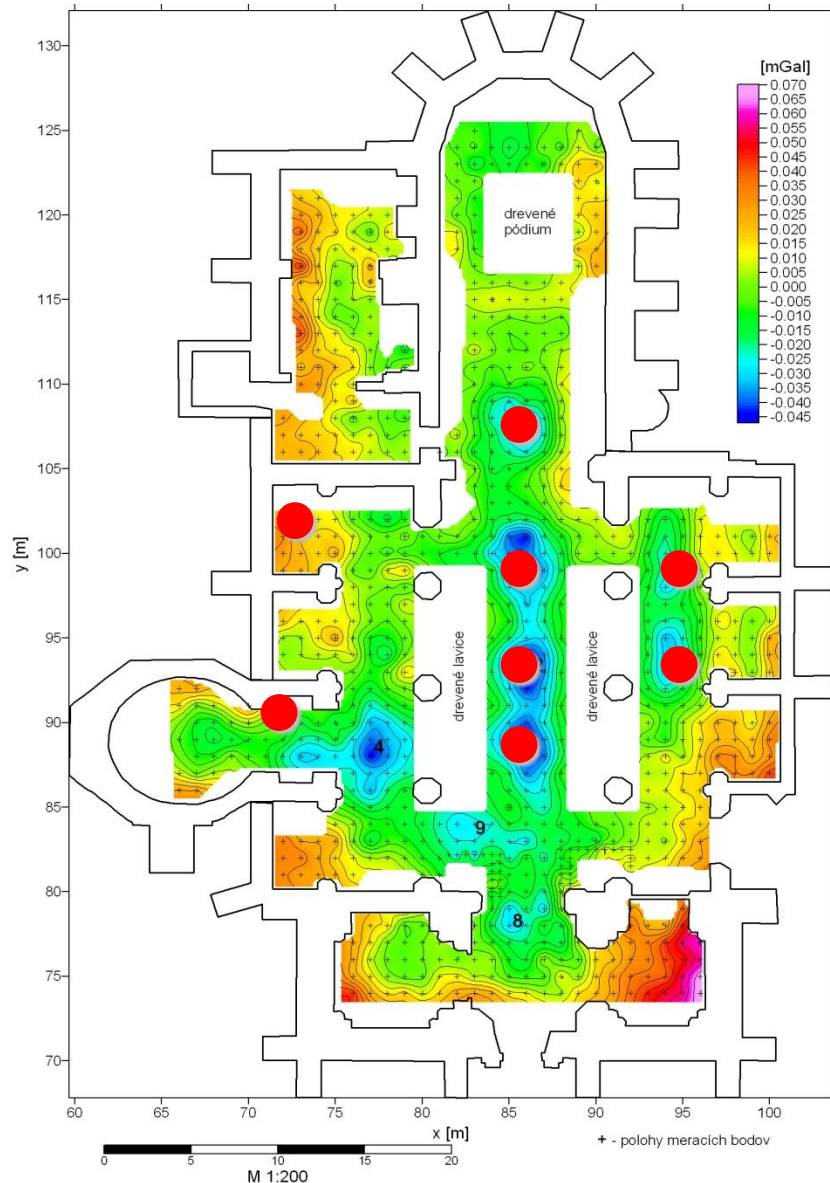
4. obhliadka priestoru



5. nahratie videosekvencie



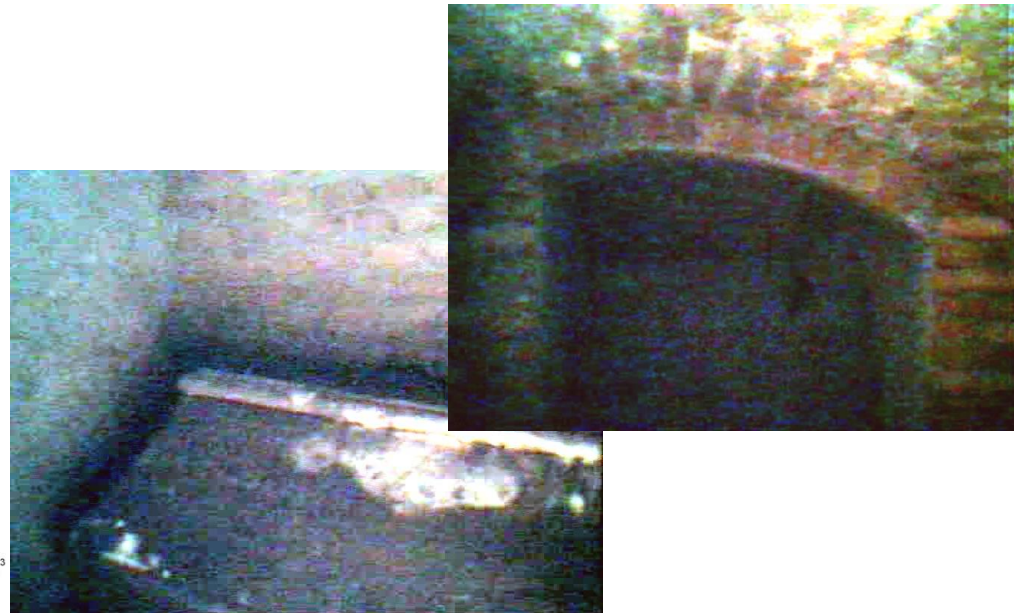
6. opätovné uloženie dlažby



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}

výsledky videoinšpekcie:

overené prakticky všetky dôležité
indikácie GPR (na 90 % totožné
s mikrogravimetriou) -
- vo všetkých prípadoch bola
potvrdená prítomnosť
stredovekých krýpt



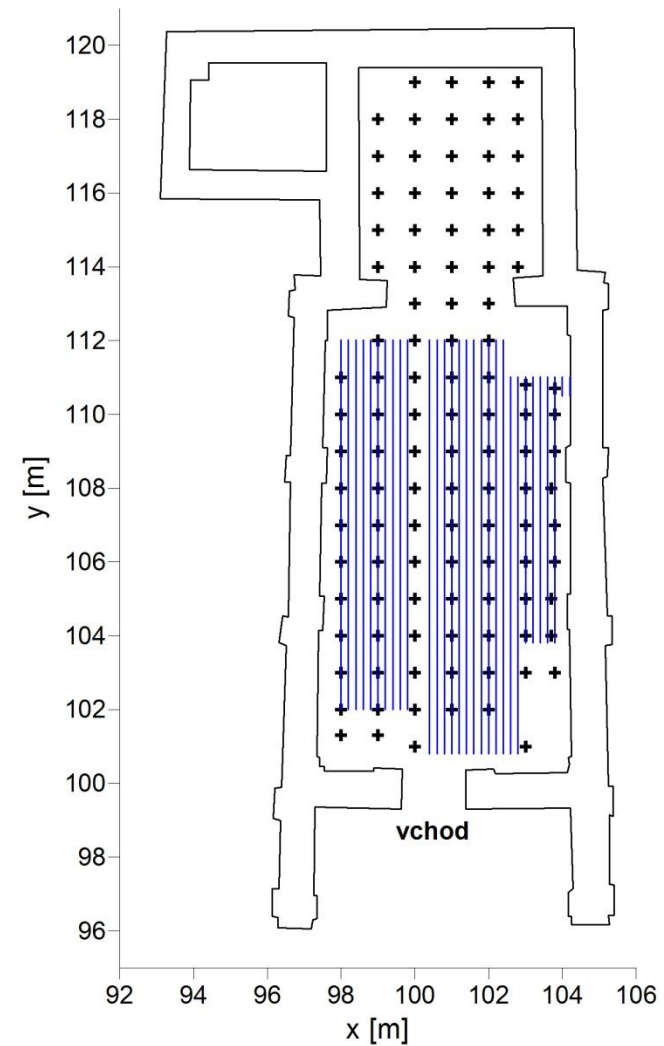
spojenie výsledkov mikrogravimetrie a metódy GPR

Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch (pri Nitre)

(letná škola INCA2009)



- georadar (sieť profilov 0.2 x 0.2 m),
hlavná loď
- mikrogravimetria (sieť bodov 1 x 1 m),
hlavná loď + svätyňa

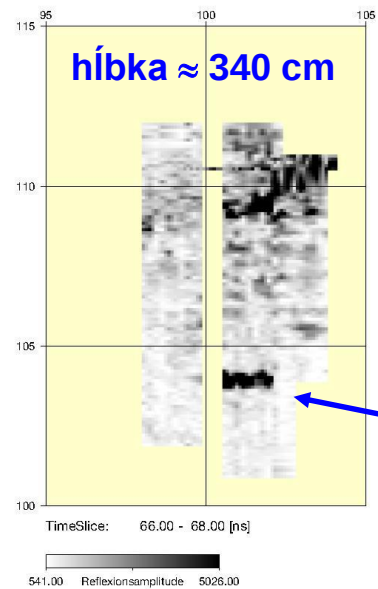
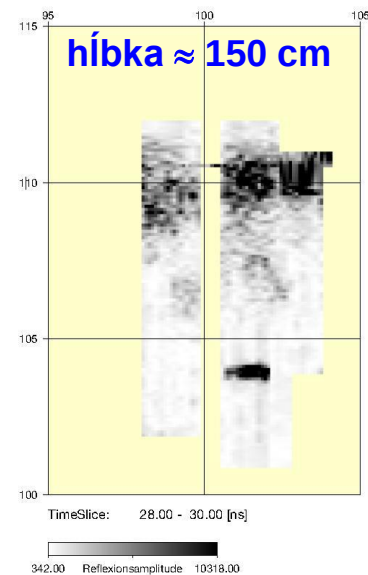
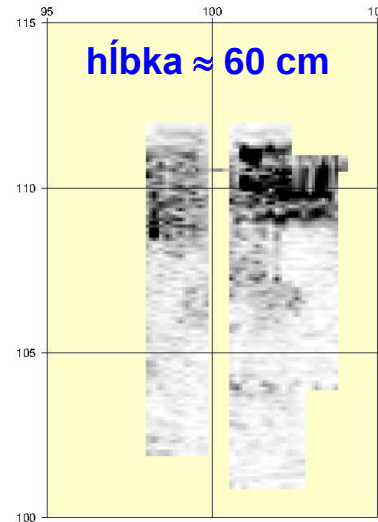
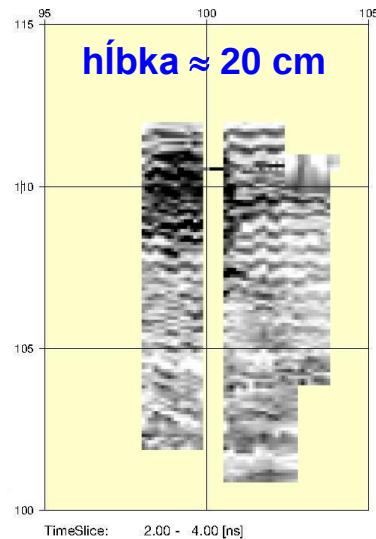


- + - polohy mikrogravimetrických bodov
- - polohy profilov meraných georadarom

prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

(letná škola INCA2009)

georadar – plošné rezy

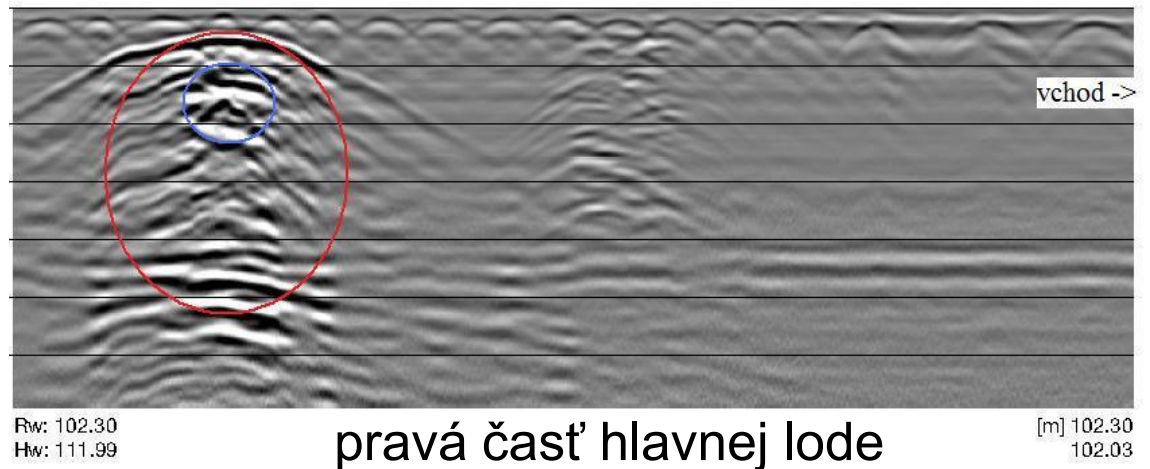
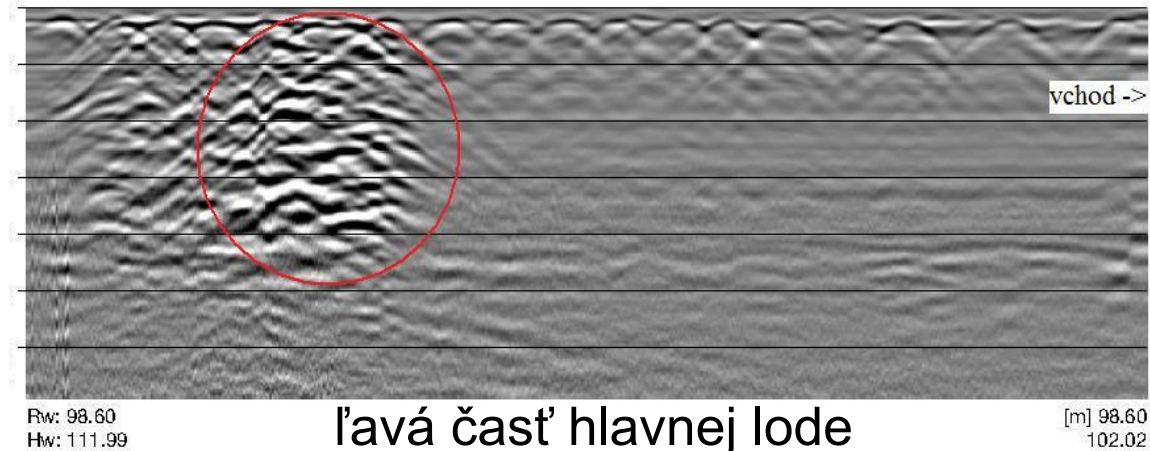
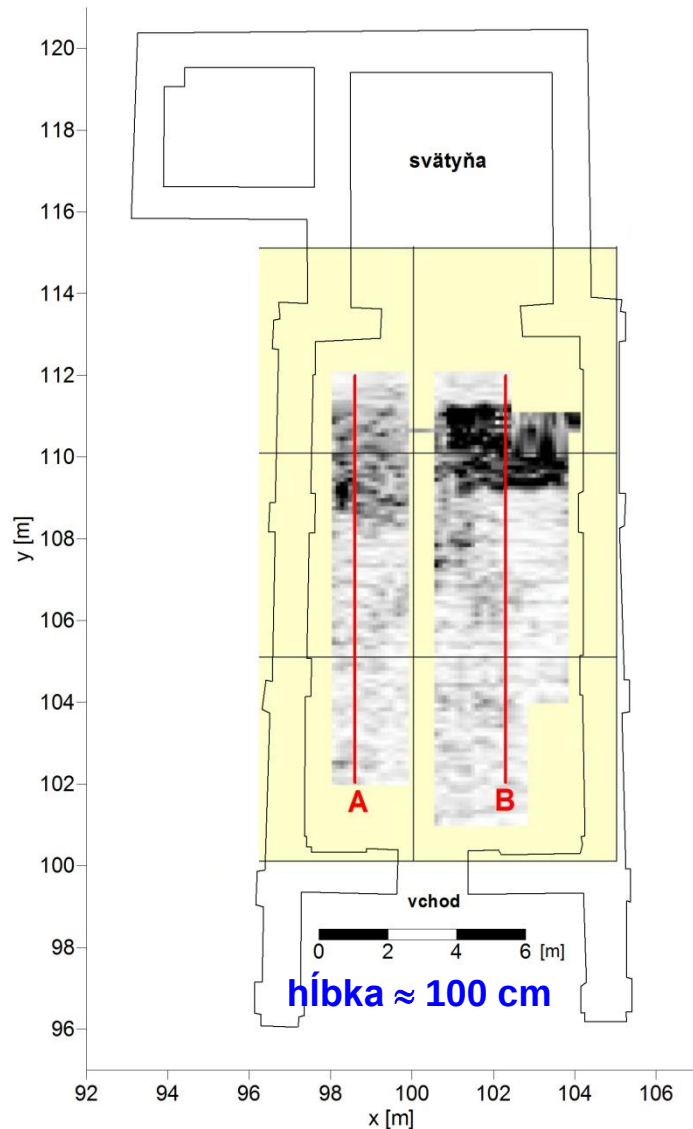


falošná anomália
(elektrický kábel,
ležiaci na podlahe)

prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

(letná škola INCA2009)

georadar – radarogramy (rezy)



prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

396 J. Panisova et al.

(letná škola INCA2009)

mikrogravimetria



FIGURE 5

Photograph of church exterior (NW view from the cemetery).

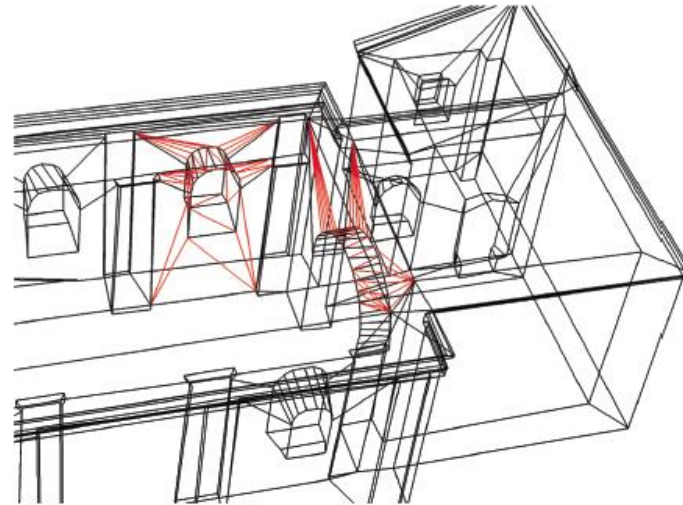


FIGURE 7

3D wire frame view of a selected part of the final model where the red lines represent a triangulation of several selected surfaces only.



FIGURE 6

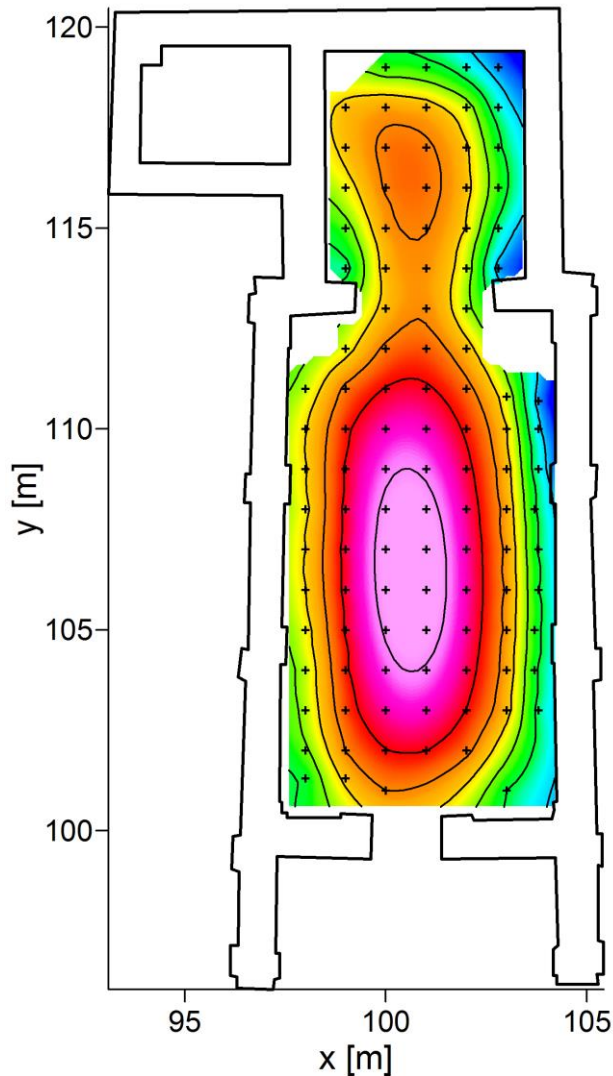
Digital model of the church without a roof displayed with original textures in PhotoModeler Scanner software.

na výpočet účinkov múrov tu bol použitý nový (fotogrametrický) prístup, vedúci k tvorbe 3D modelu z polyhédrov

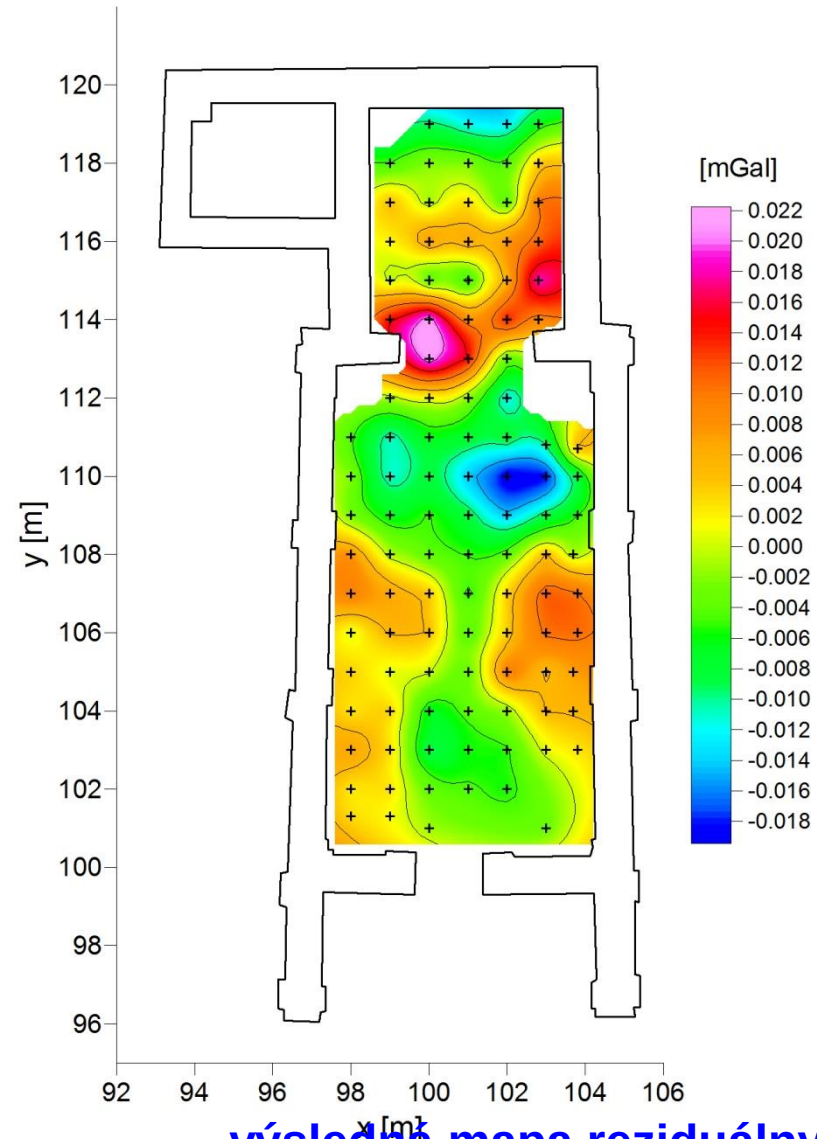
prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

(letná škola INCA2009)

mikrogravimetria



mapa modelovaných
účinkov múrov

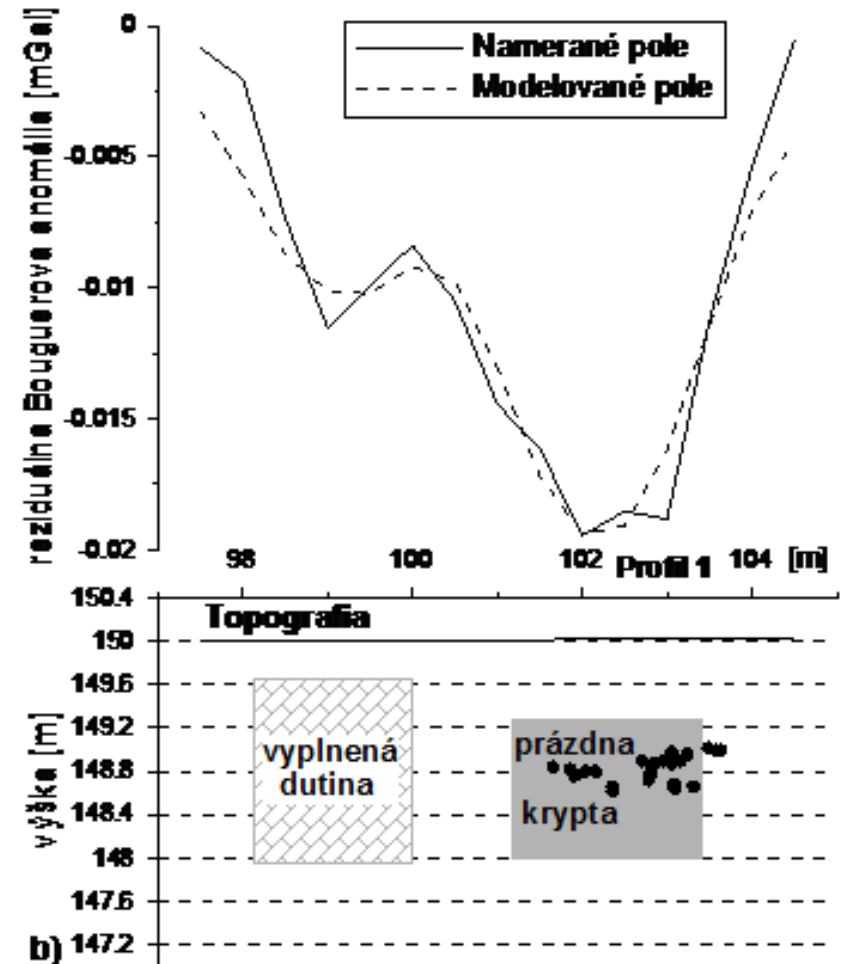
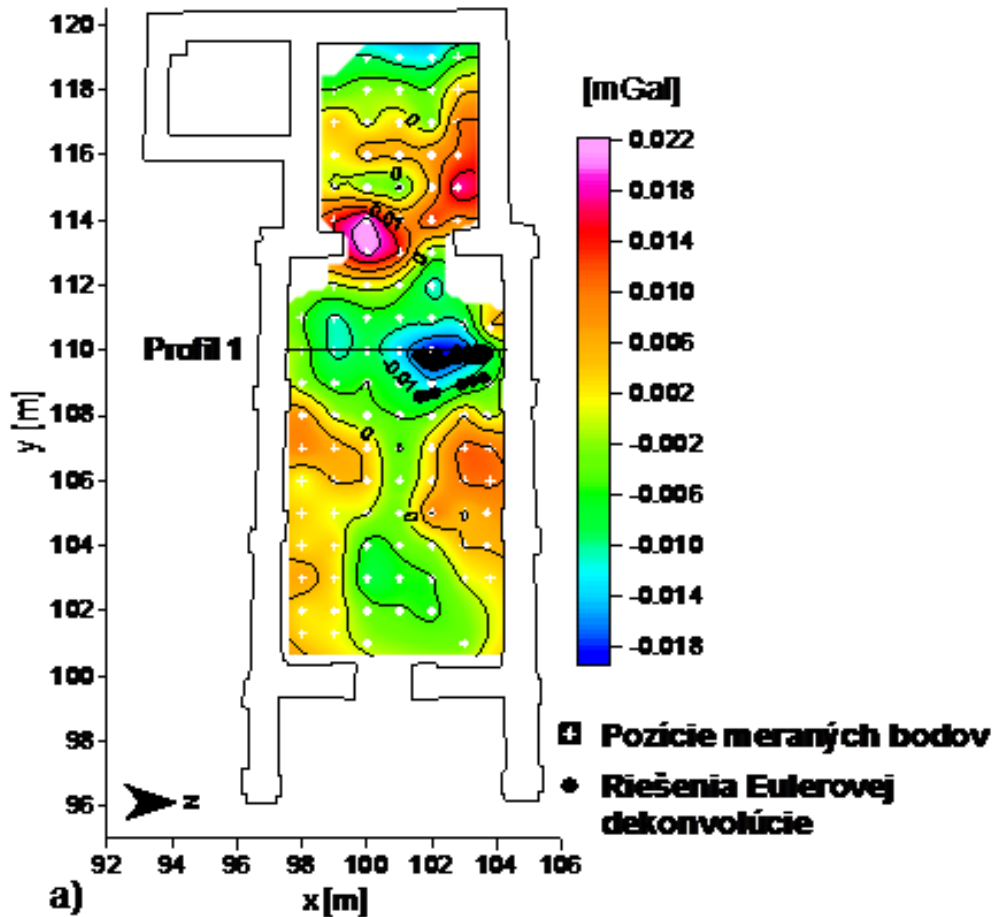


výsledná mapa reziduálnych
Bouguerových anomálií

prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

(letná škola INCA2009)

mikrogravimetria



výsledky kvantitatívnej interpretácie mapy reziduálnych Bouguerových anomálií (Eulerova dekonvolúcia a 3D hustotné modelovanie)

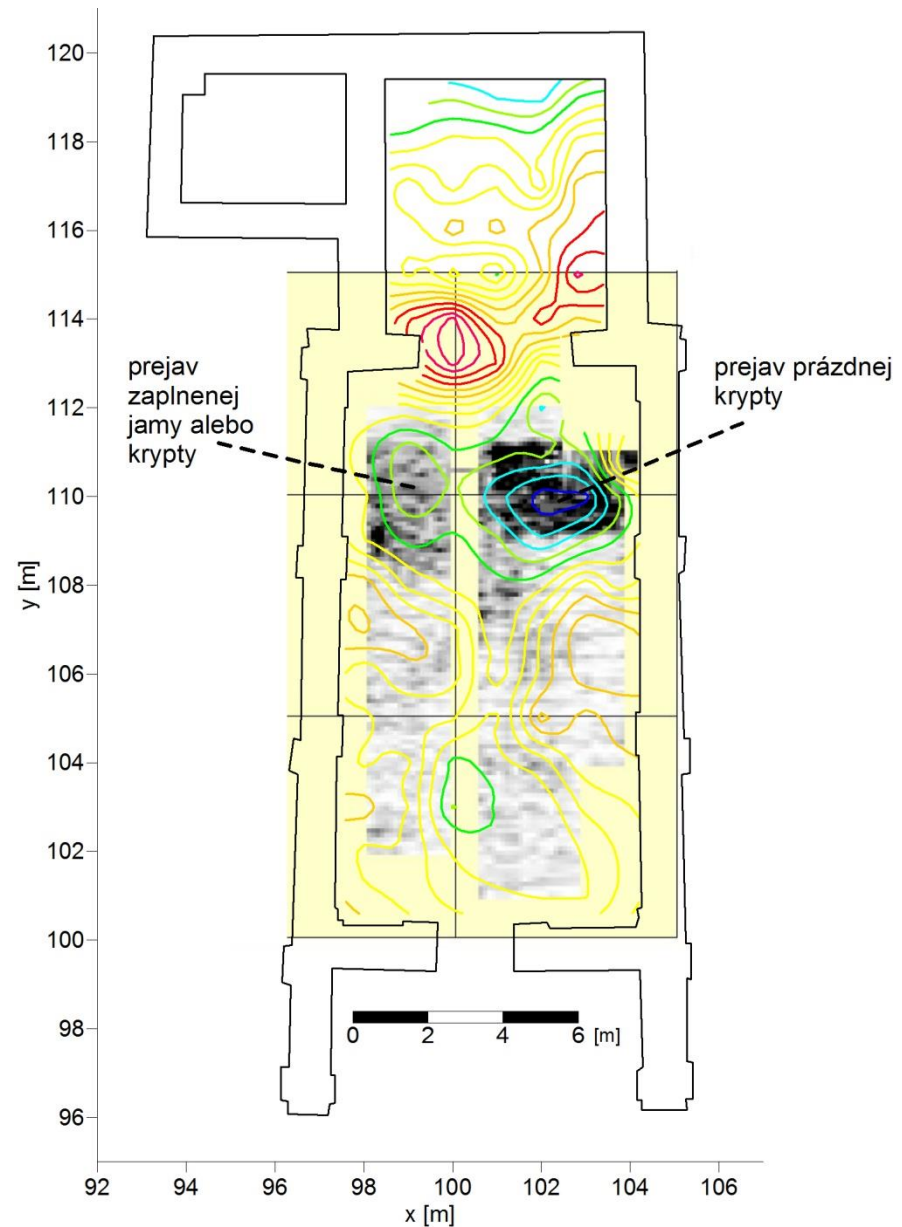
prieskum kostola Narodenia Panny Márie v Horných Krškanoch

(letná škola INCA2009)

mikrogravimetria + georadar

- polohy minim gravitačných anomálií sú v zhode s miestami vysokých amplitúd odrazených radarových vln (dutiny)

**anomálie zatiaľ neoverené
video-inšpekciou alebo
archeologickou sondou**

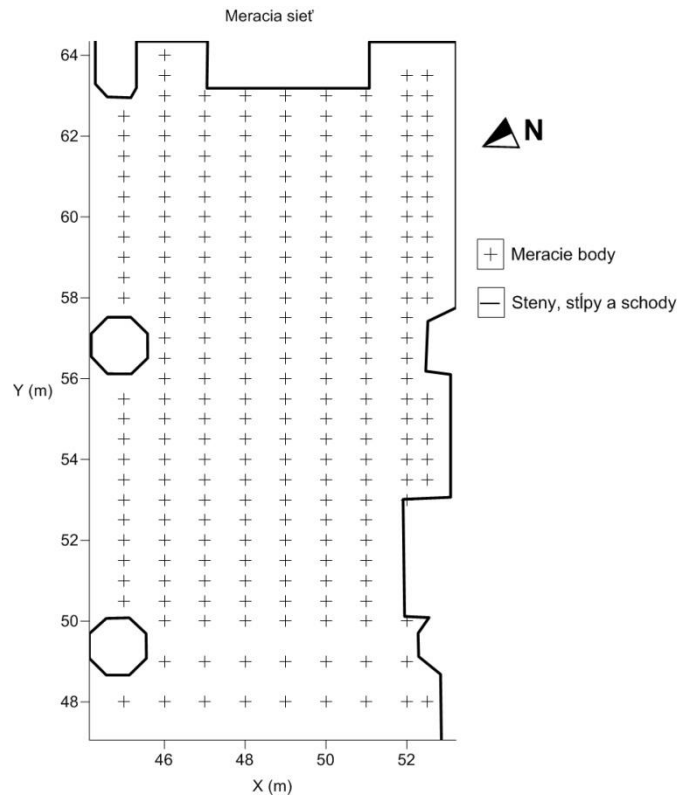


Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola sv. Juraja vo Svätom Juri pri Bratislave

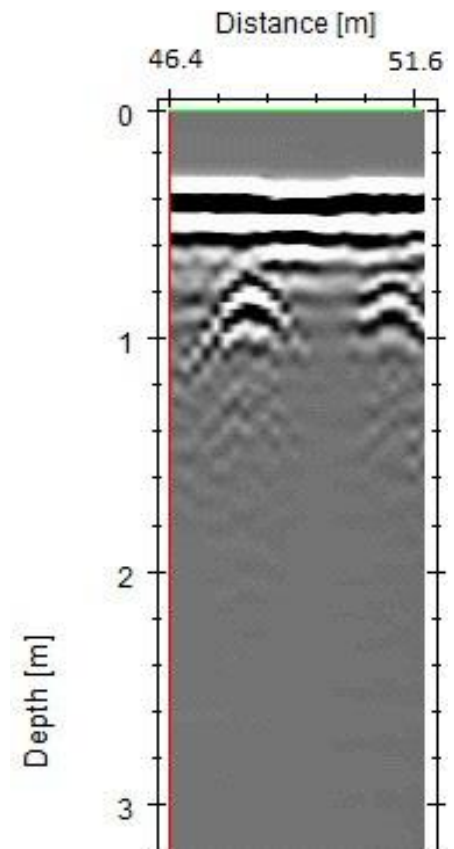
Georadarový a mikrogravimetrický prieskum (2010/2014)



orientácia lokálneho súradnicového systému

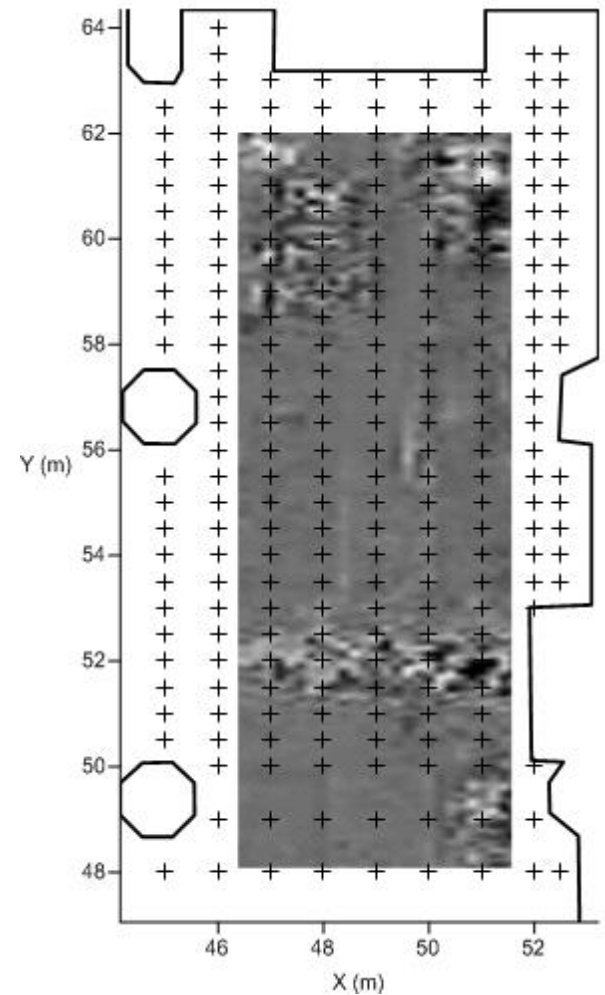
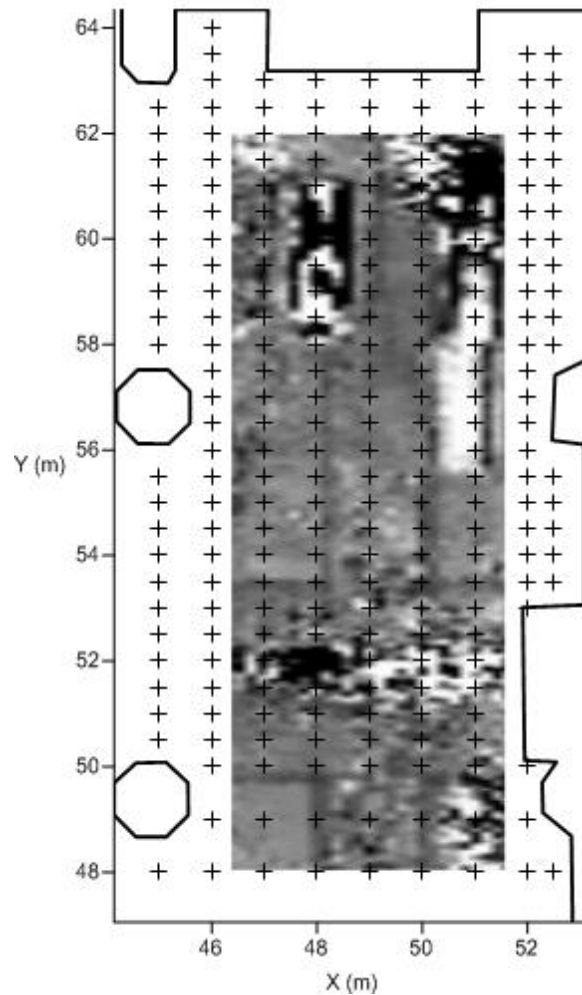
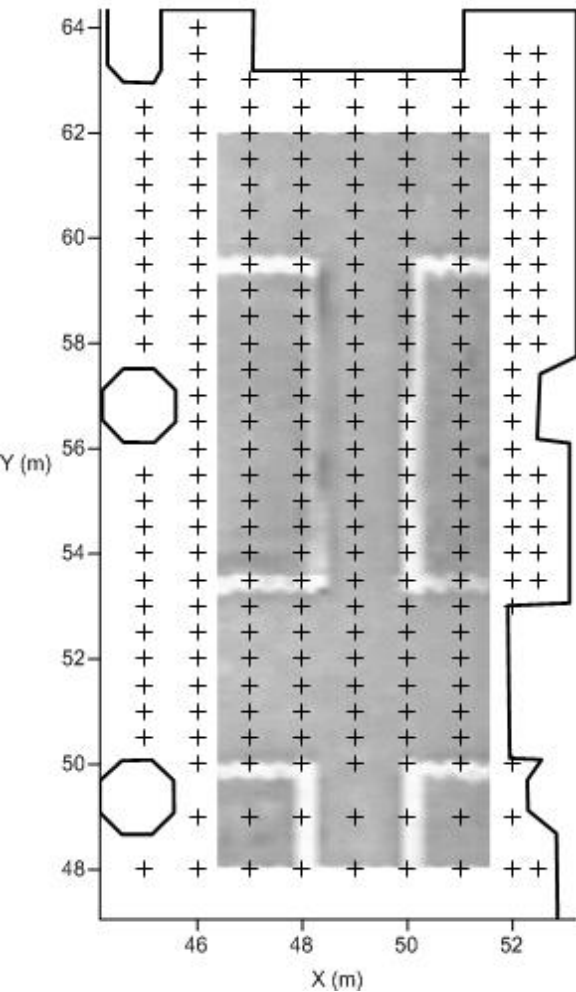


polohy mikrograv. bodov



vertikálny radargram na profile: $y = 59.5$ m

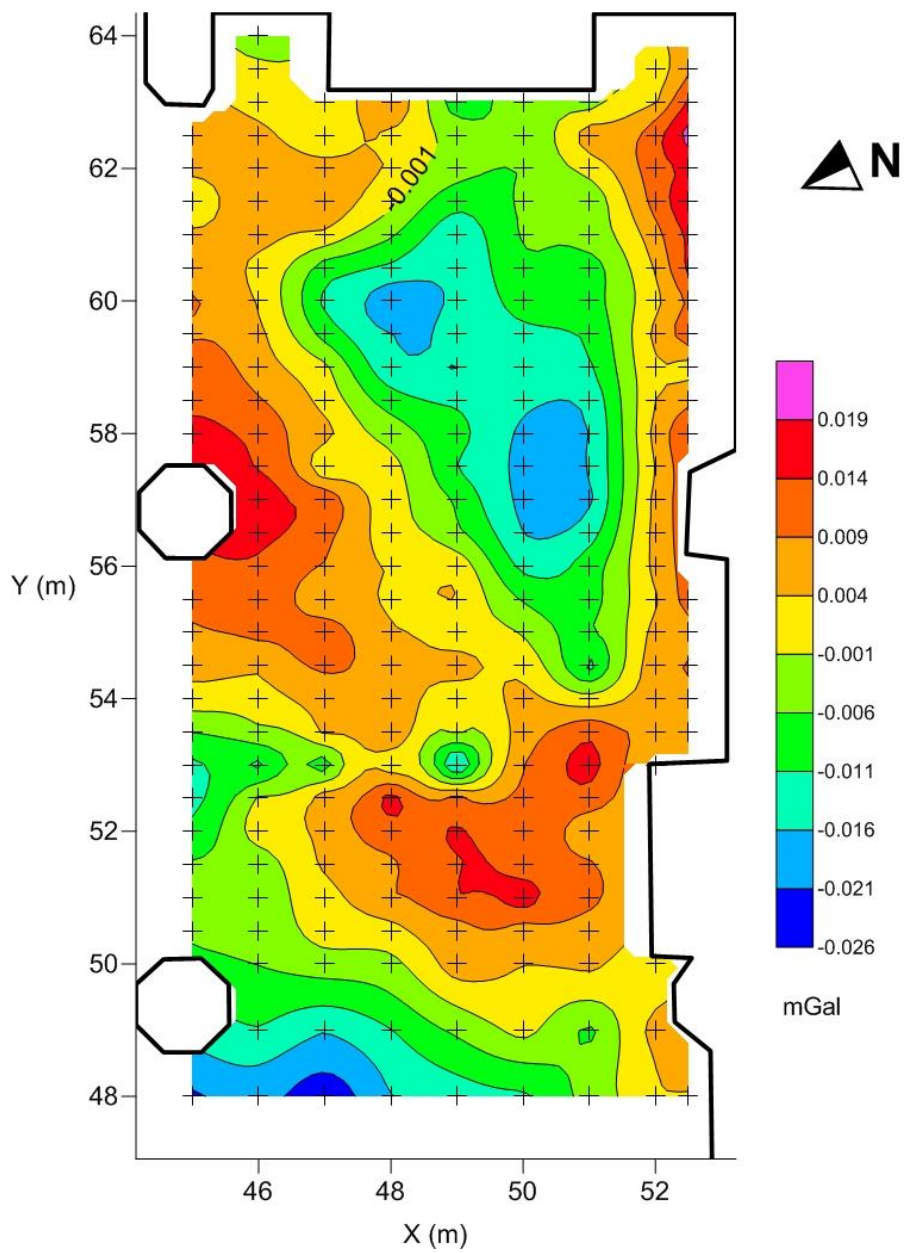
Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola sv. Juraja vo Svätom Juri pri Bratislave



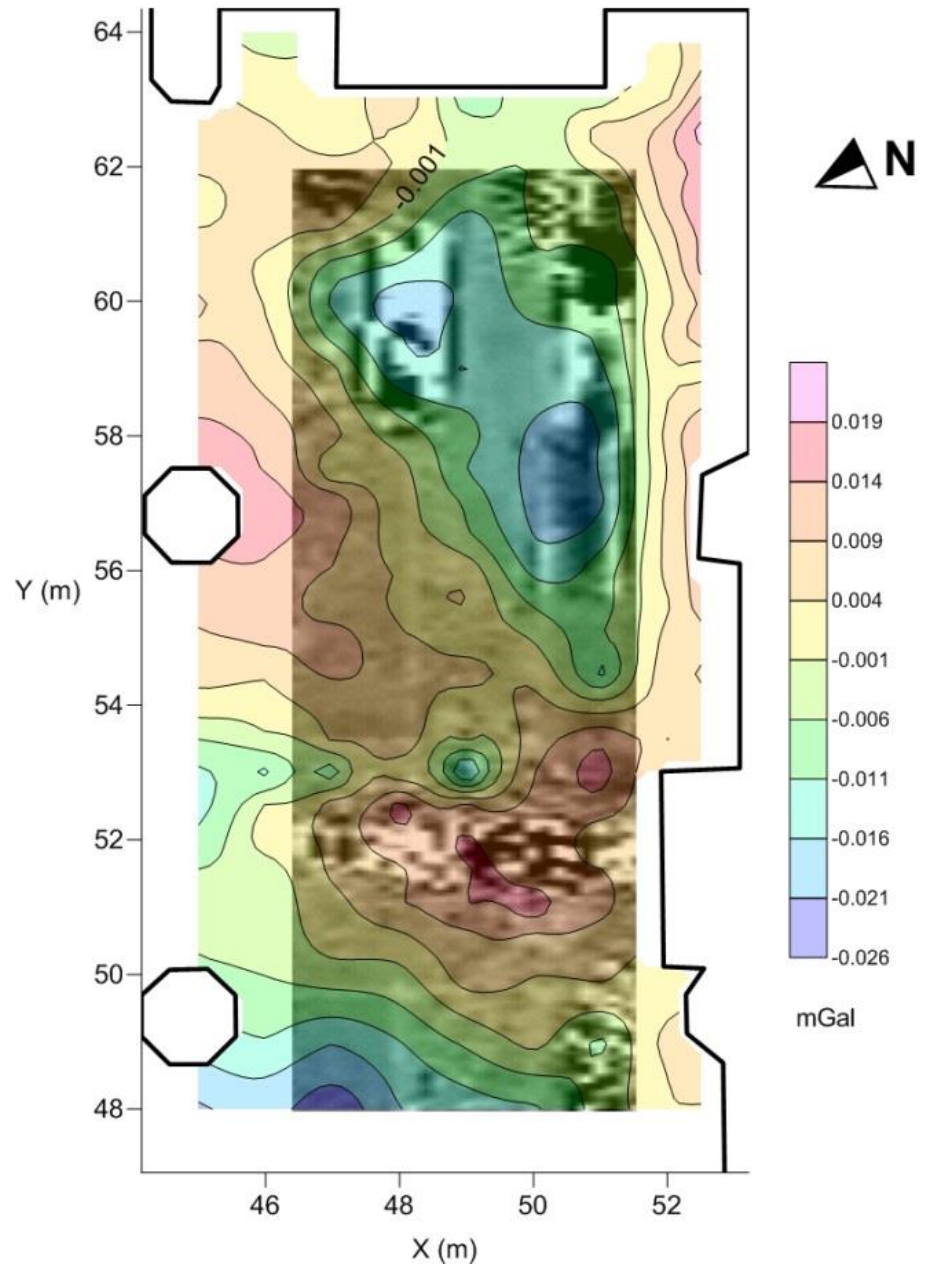
GPR – hĺbka cca 0.1 m

GPR – hĺbka cca 0.5 m

GPR – hĺbka cca 0.8 m



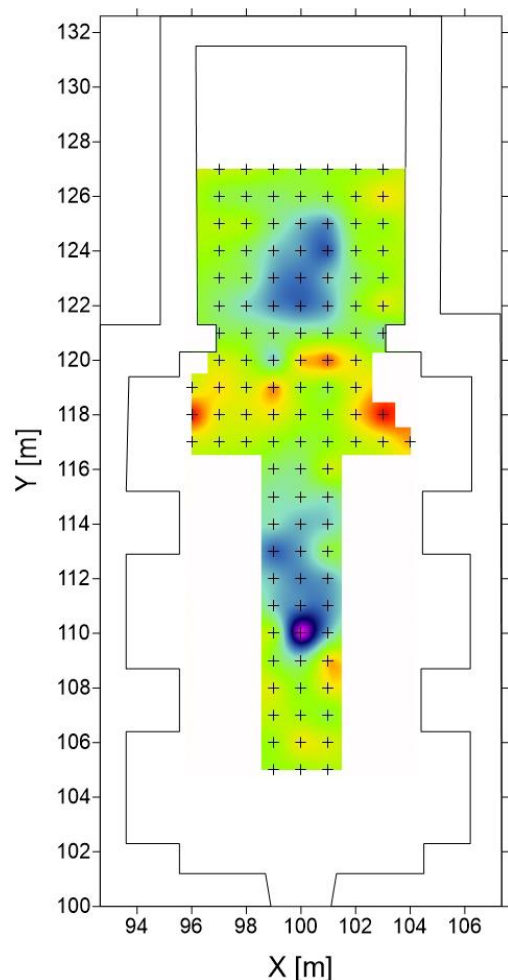
mikrogravimetria



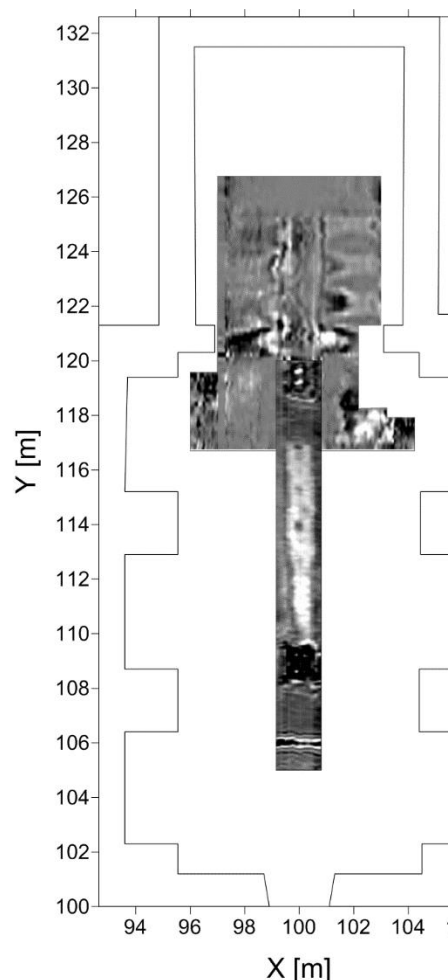
mikrograv. + GPR (0.6 m)

Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola sv. Jozefa pestúna v Beckove

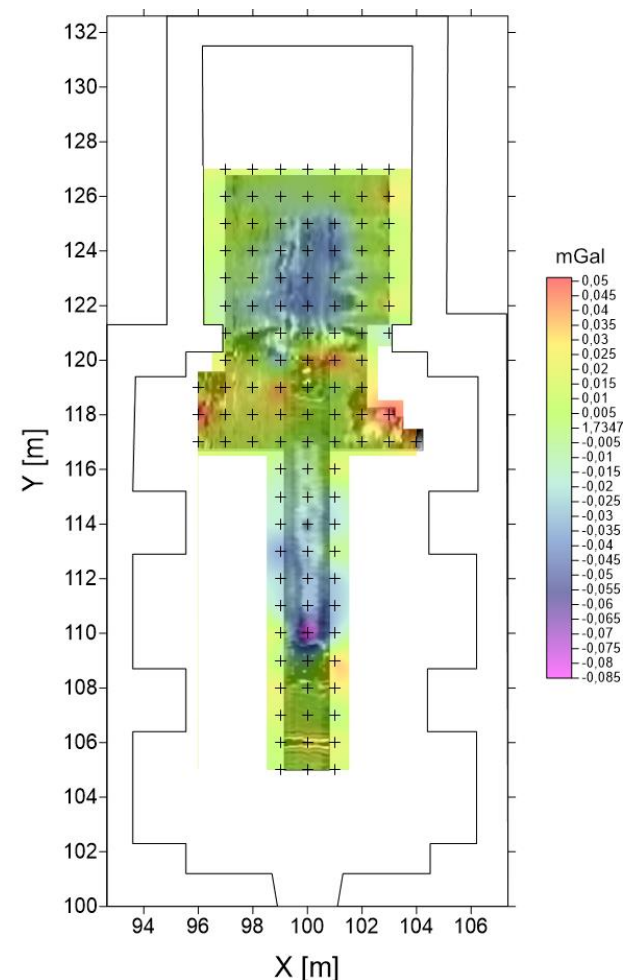
Georadarový a mikrogravimetrický prieskum (2018)



mikrogravimetria



GPR – hĺbka cca 0.7 m



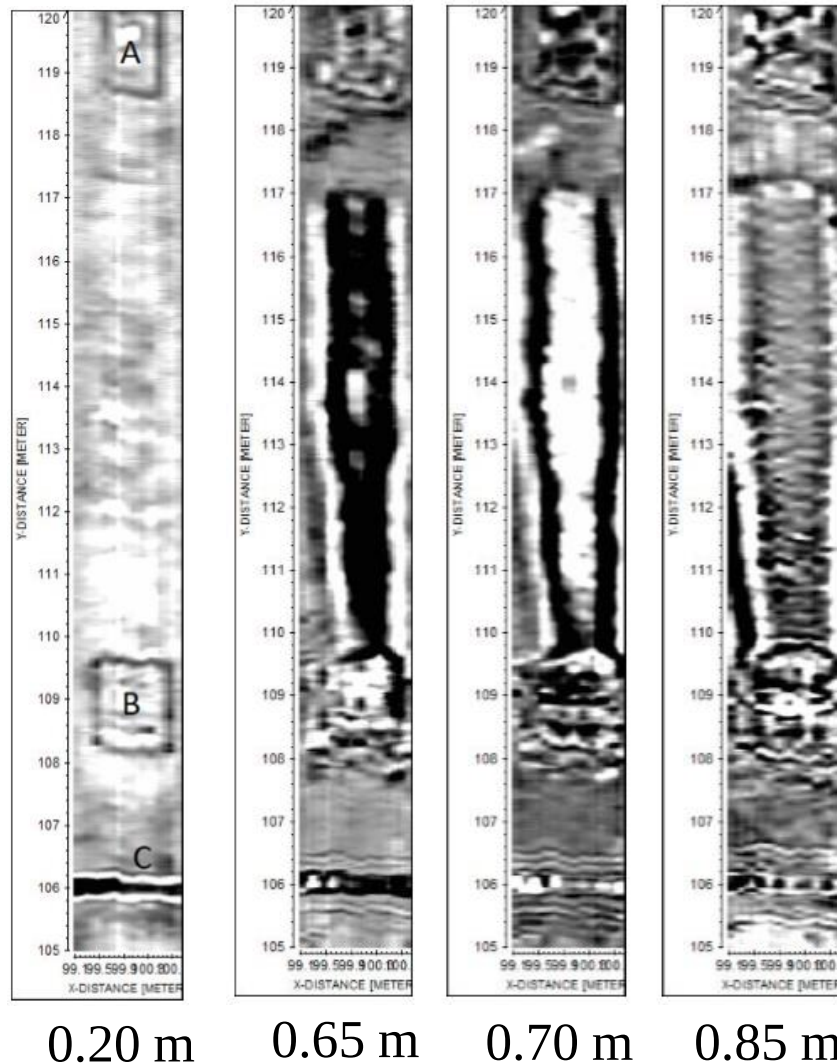
spolu

Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola sv. Jozefa pestúna v Beckove

Georadarový a mikrogravimetrický prieskum (2018)

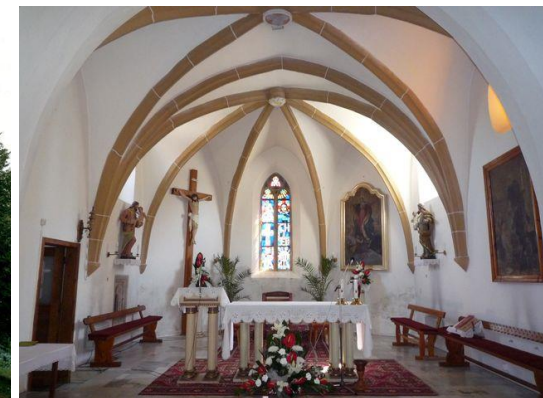


GPR – priestor
medzi lavicami

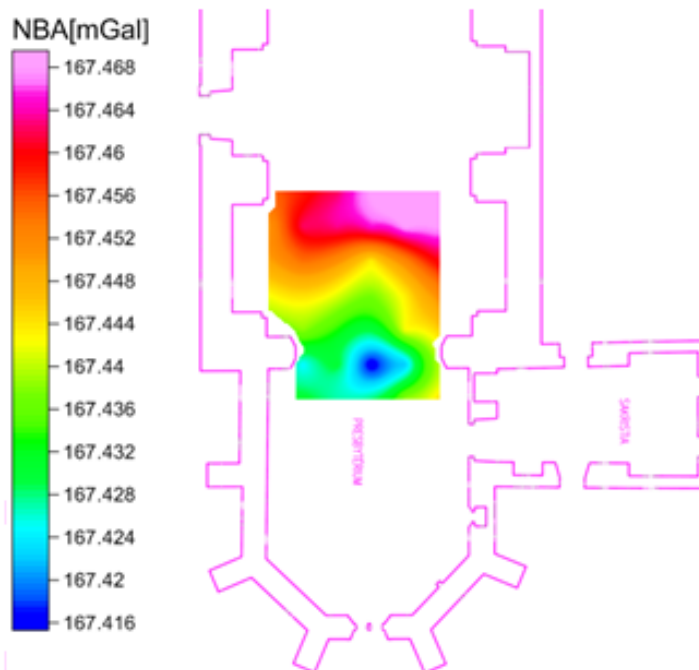


Mikrogravimetrický a georadarový prieskum kostola Nanebovzatia Panny Márie v Dolnom Dubovom (pri Trnave)

Georadarový a mikrogravimetrický
prieskum (2014/2015)



GPR – hĺbka cca 1.5 m



mikrogravimetria

kláštor a kostol

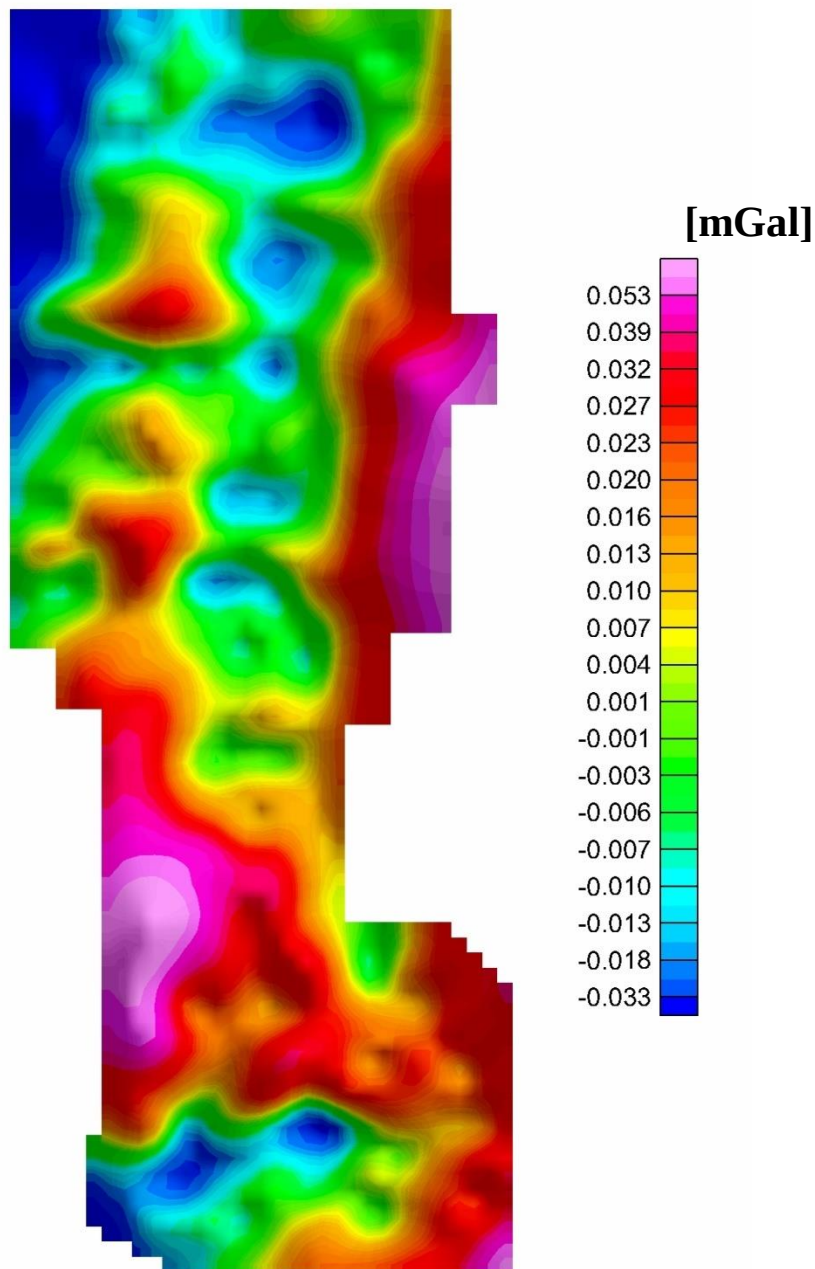
KATARÍNKA

***VÝSLEDKY DRUHEJ VÝZNAMNEJ ETAPY
GEOFYZIKÁLNEHO PRIESKUMU***

(2009 - 2012)

(v spolupráci s univerzitou v Kiel)





rok 1998:

**anomálne prejavy krýpt
podľa mikrogravimetrie –
výsledné pole reziduálnych
Bouguerových anomálií**

geoelektrické merania zemskej vodivosti

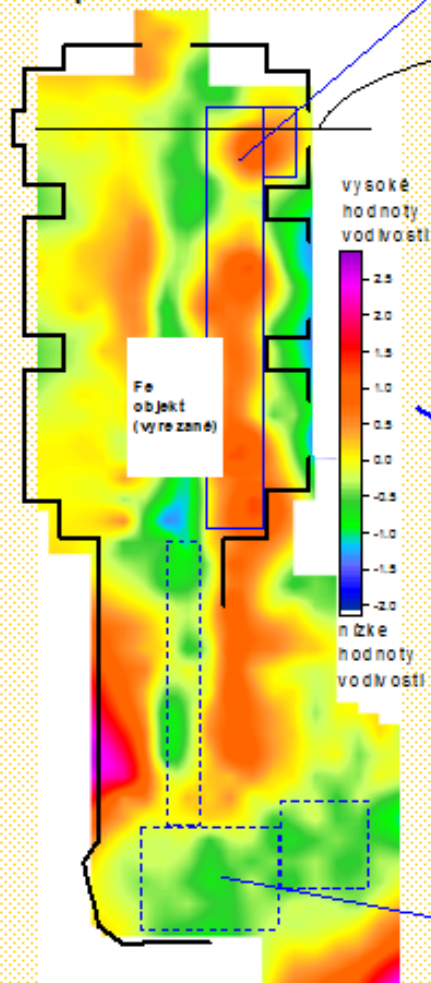
1998:



princípy
merania

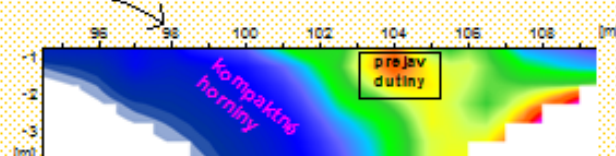


namerané pole vodivosti
stĺpca hornín do 6 m



prejav pásu
vodivého
prejavu krypt

rez vodivosti do 4 m



výsledky merania
vodivosti z oblasti
lože kostola



praktické
meranie
v teréne



prejavy výskytu
prítomnosti
nevodivých
dutin (v skale)

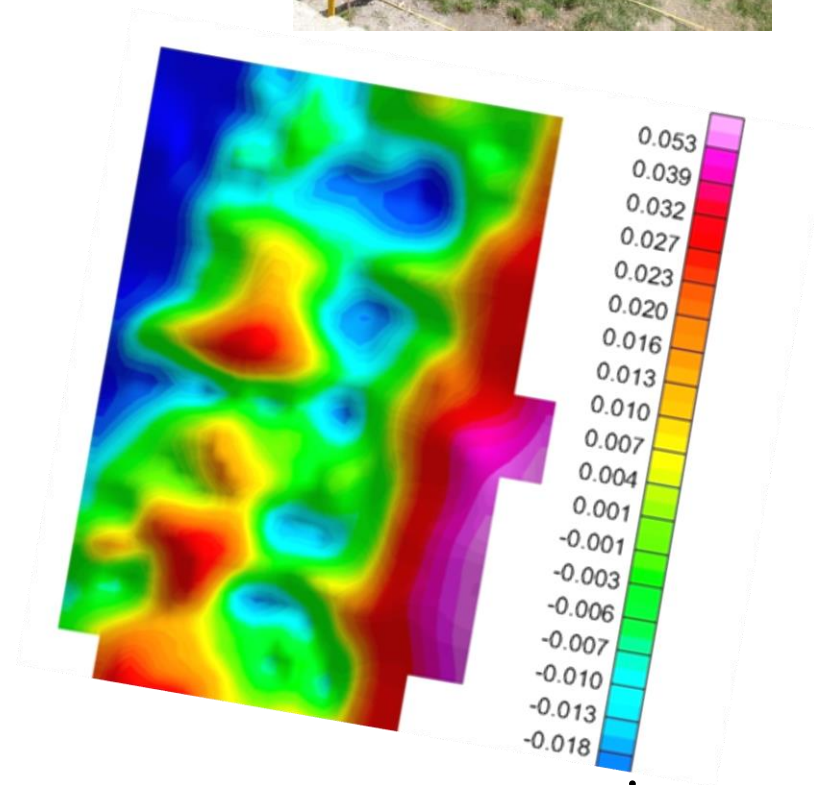
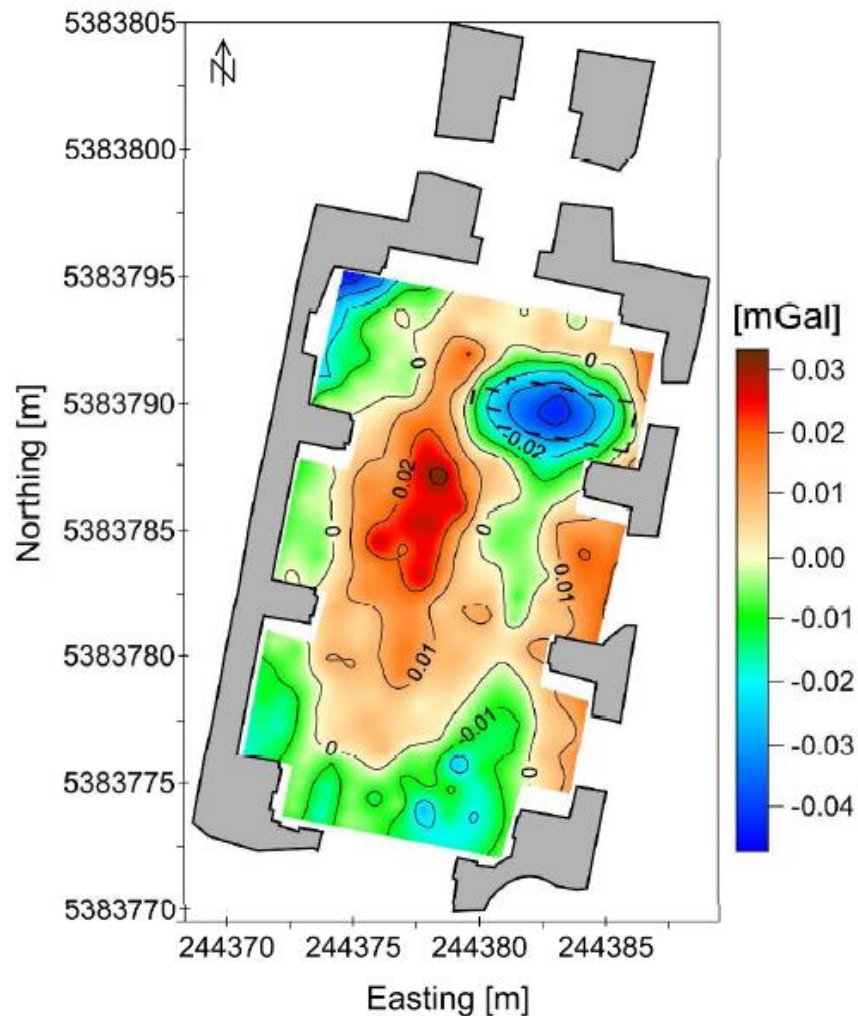
otvorenie 1. krypty - leto 2001



uzavretie 1. krypty - leto 2001

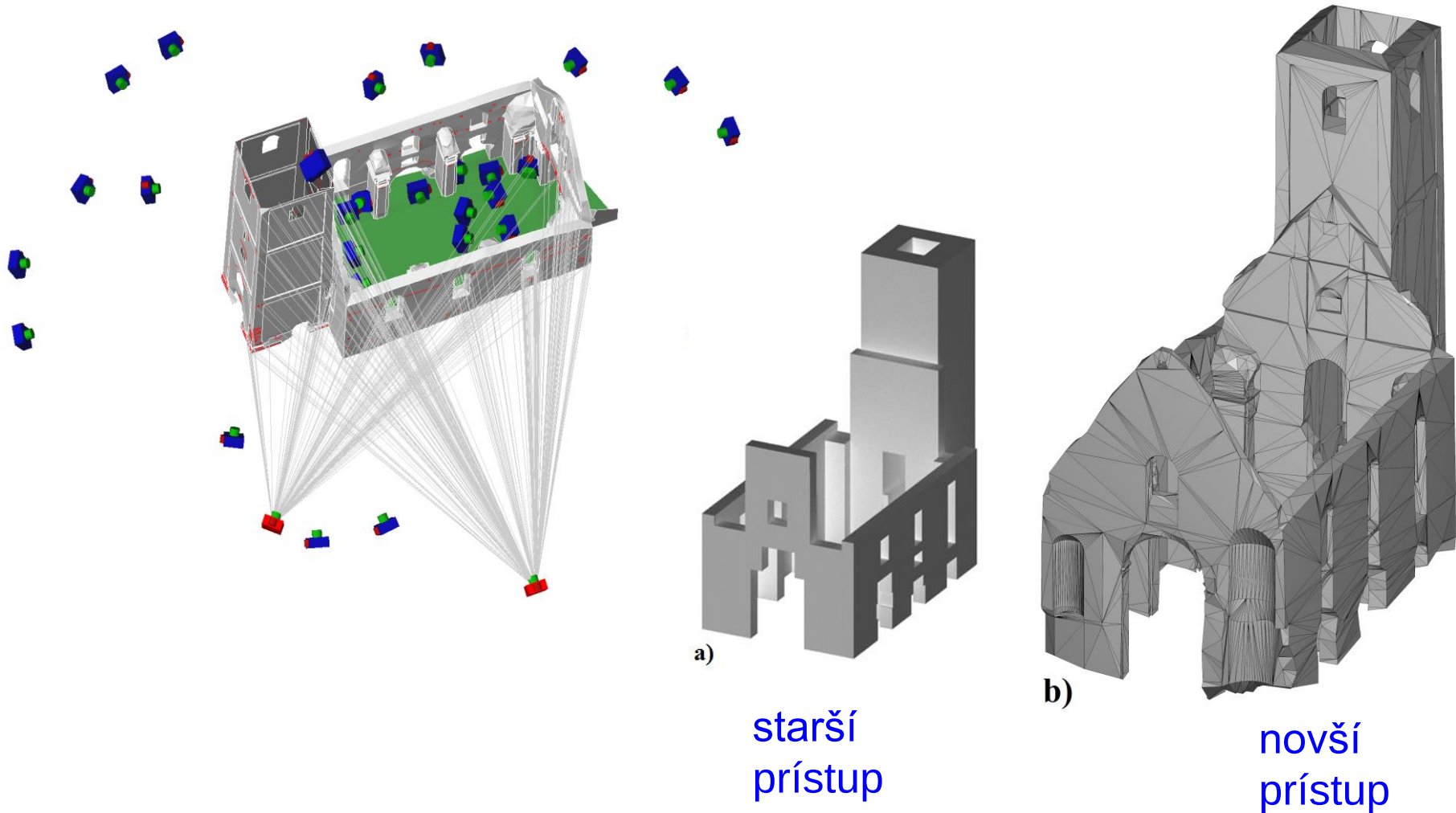


opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012



na porovnanie –
- výsledok z 1998

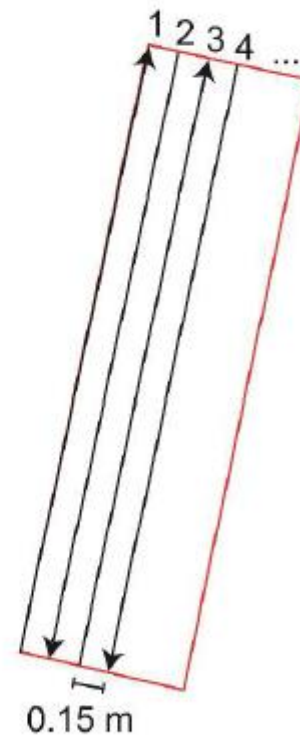
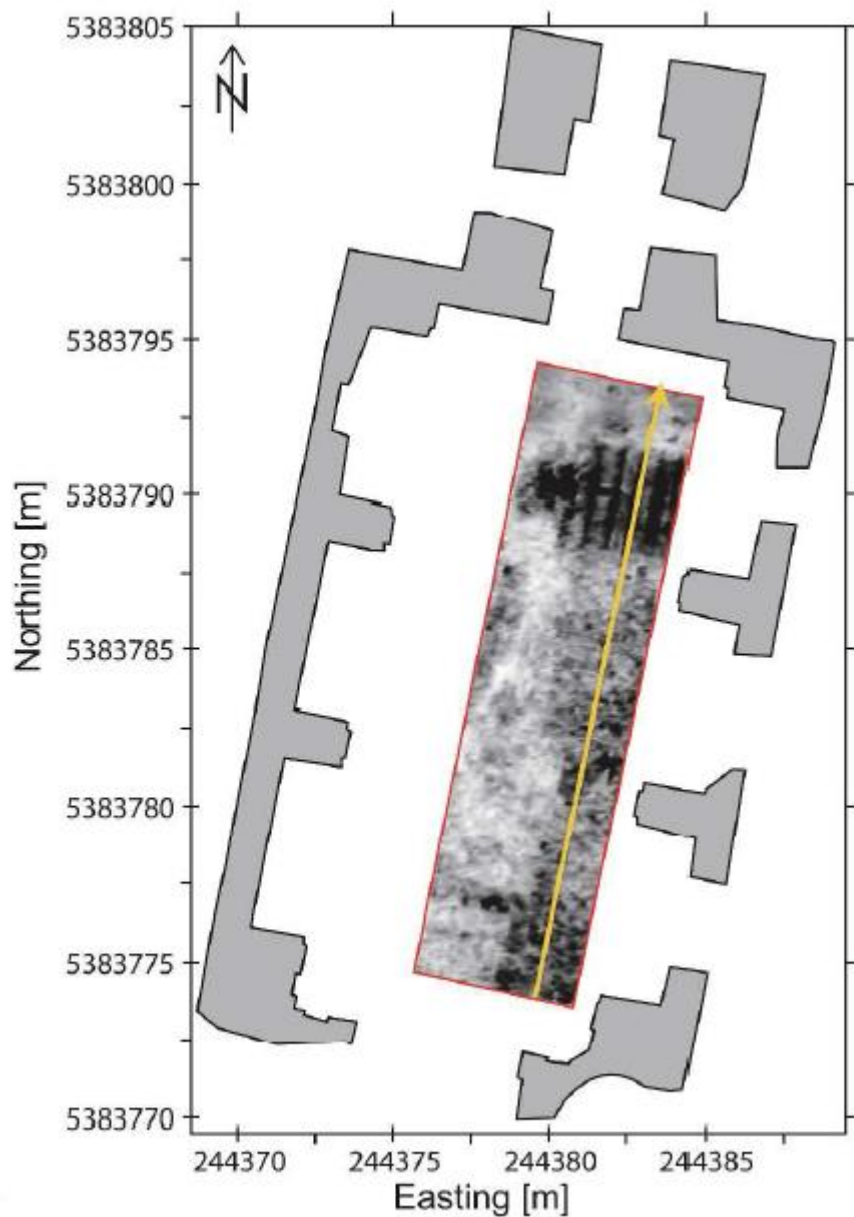
opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012



na výpočet účinkov múrov tu bol použitý nový (fotogrametrický)
prístup, vedúci k tvorbe 3D modelu z polyhédrov

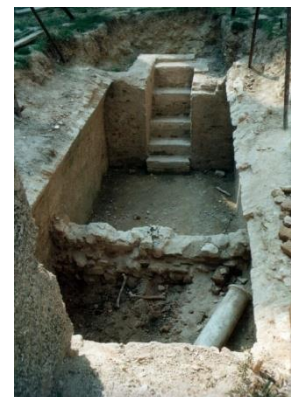
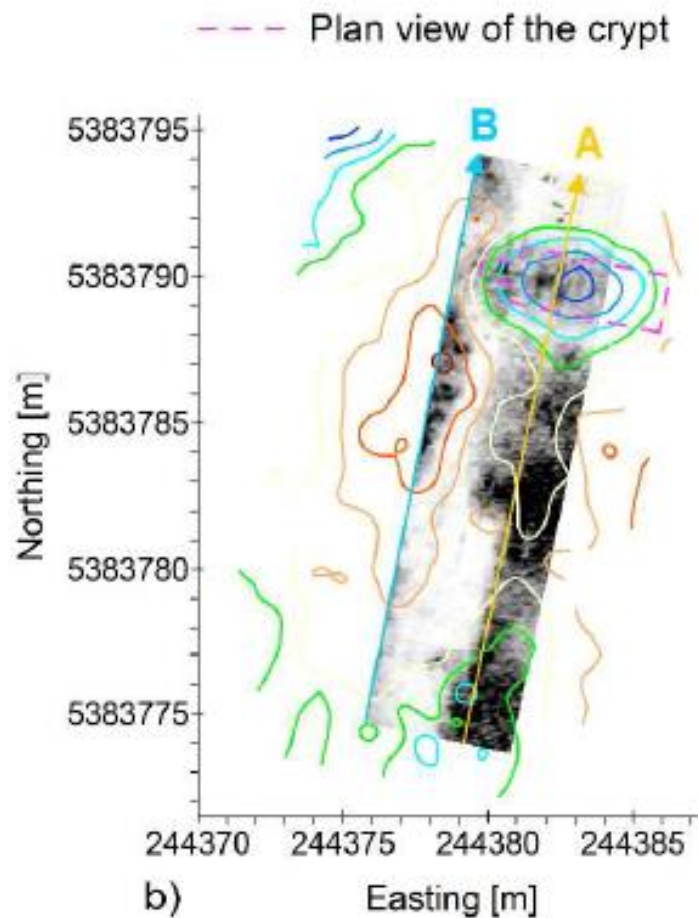
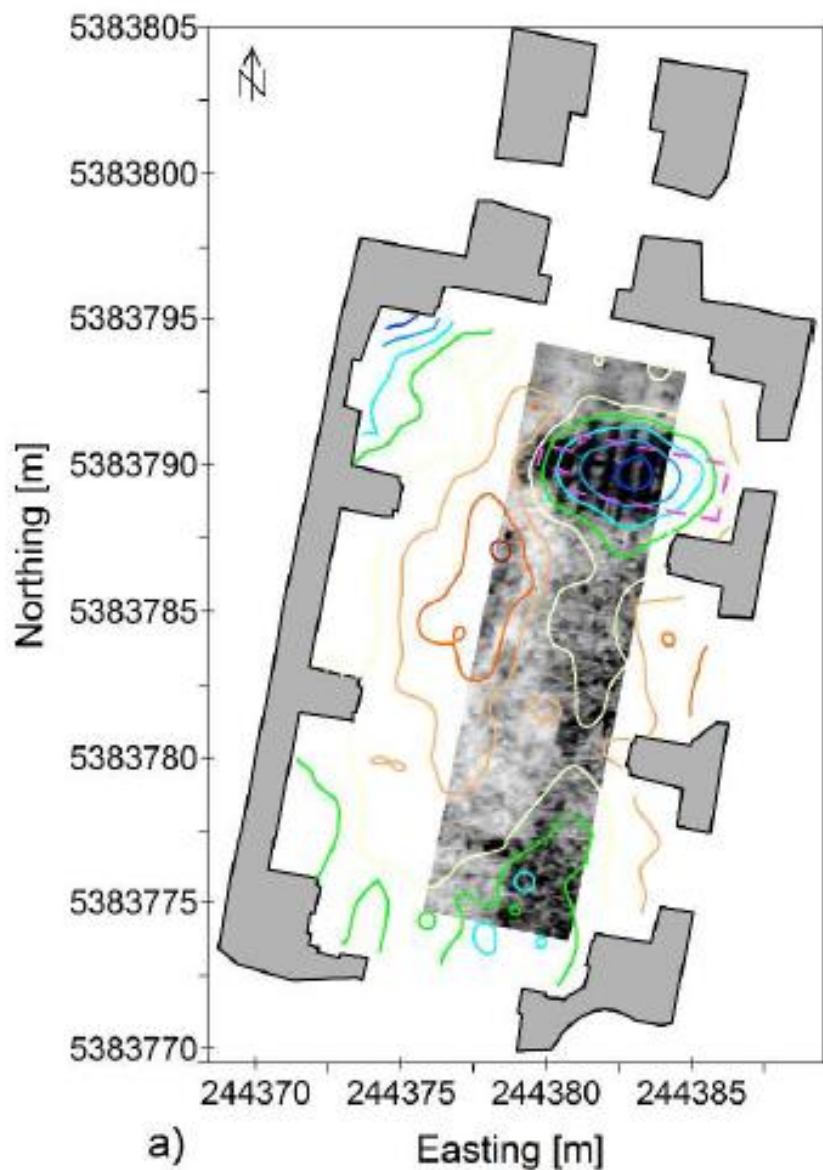
opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012

Georadar:
GSSI SIR-20



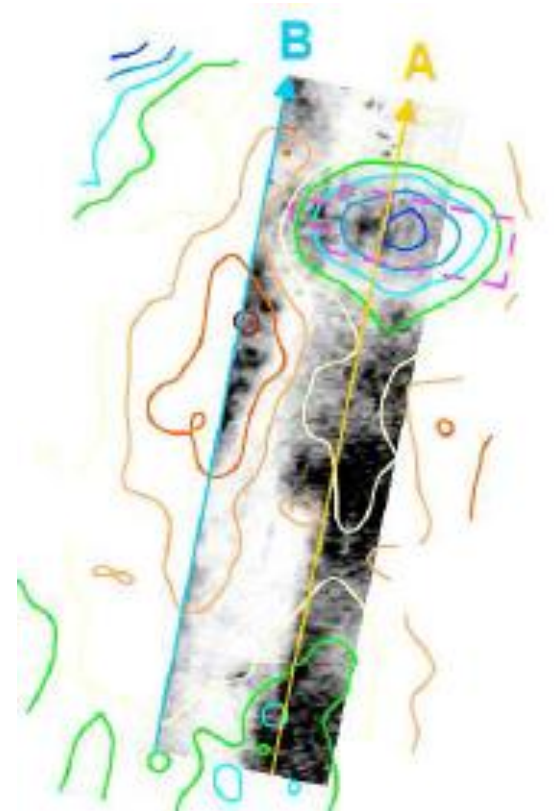
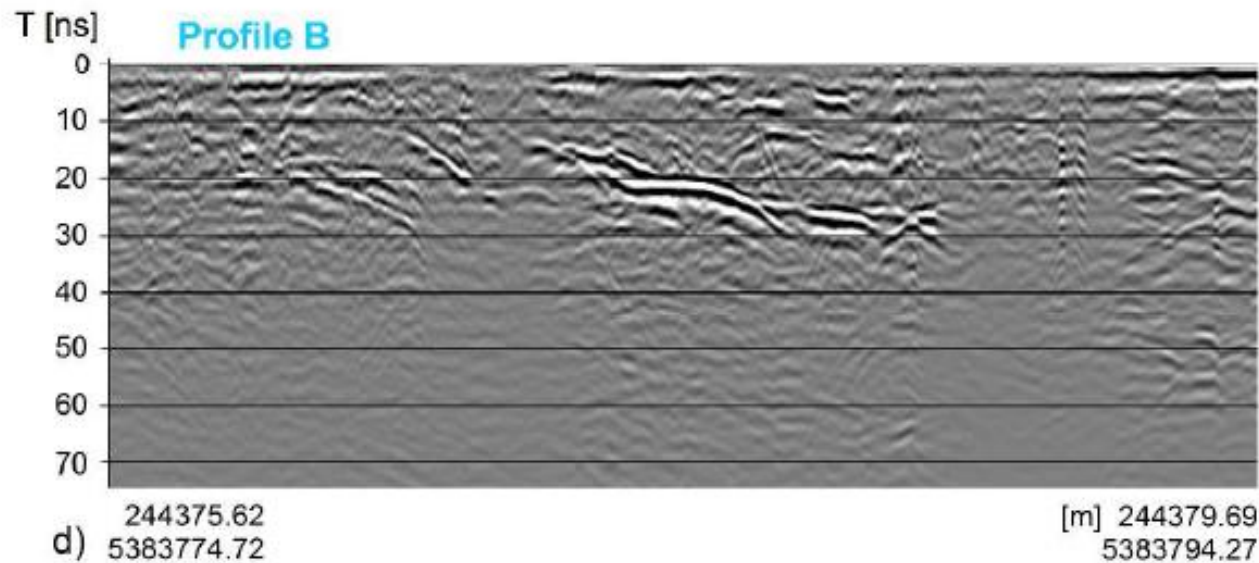
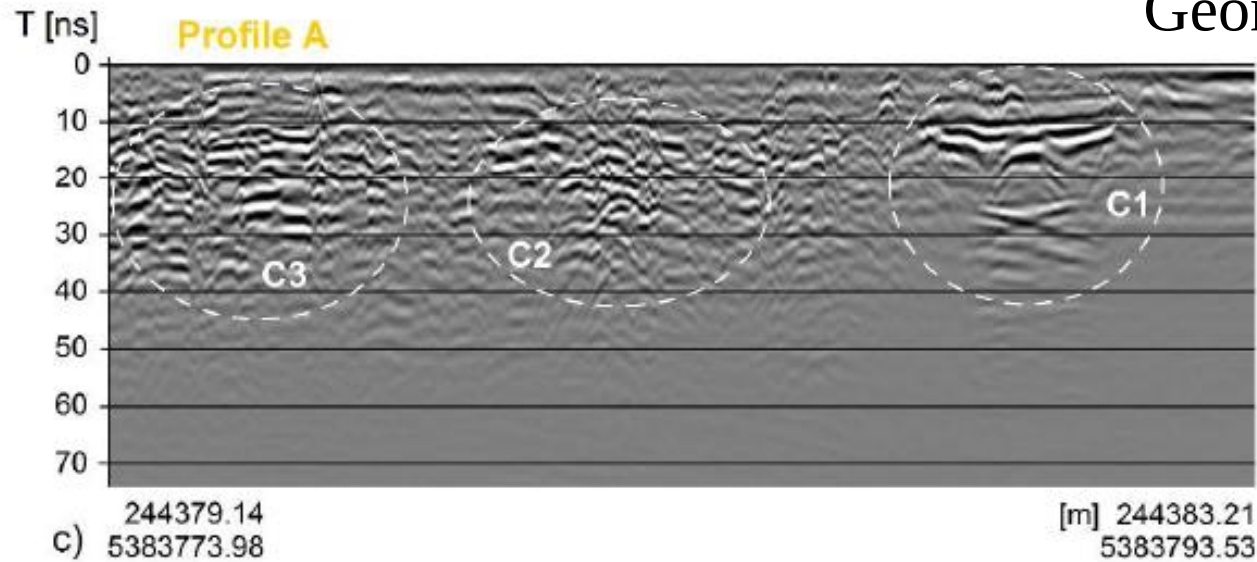
opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012

Georadar: GSSI SIR-20

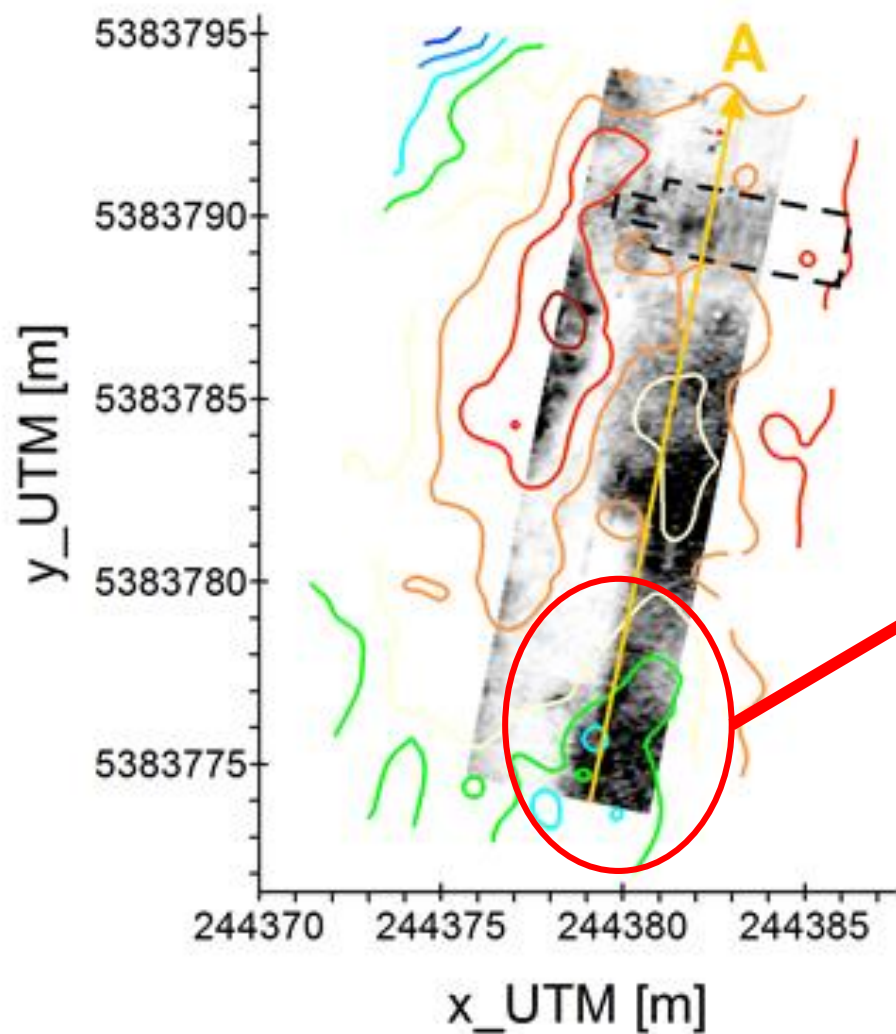


opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012

Georadar: GSSI SIR-20



opätovné premeranie v rámci letnej školy archeo-geofyziky v rokoch 2009 - 2012



rok 2013 - 2014:
otvorenie krypty

Iznik , (georadar +iné metódy)



Iznik
(bývalá Nicaea)

výsledky získané počas letnej školy INCA2008 pre študentov archeológie a geofyziky (Nemecko, Turecko, Slovensko)

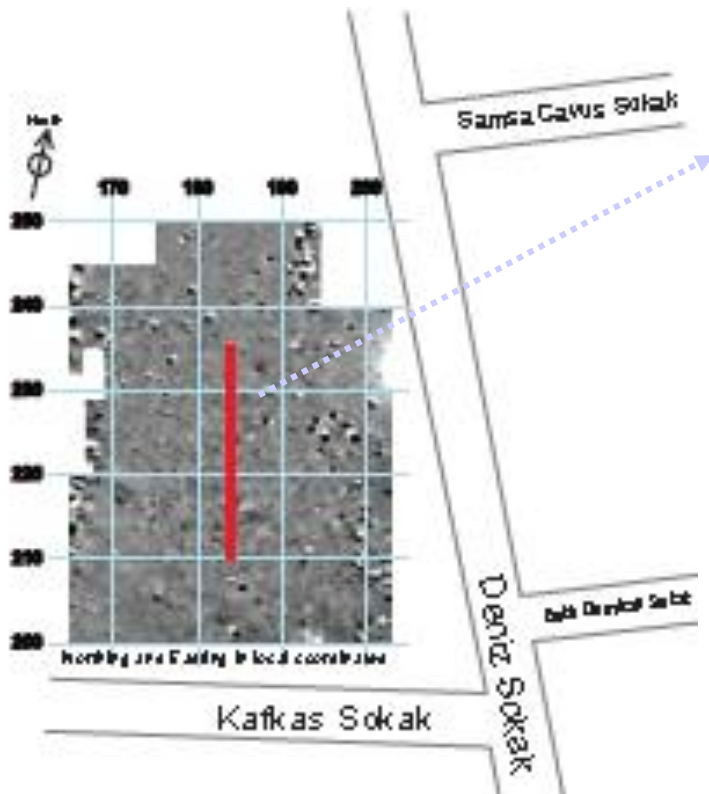
**INCA = International Course on ArcheoGeophysics
(LLP Erasmus Intensive Programme)**

Iznik , (georadar +iné metódy)

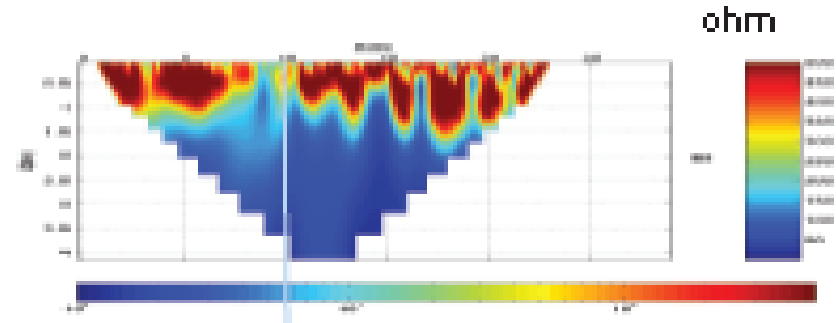


**jedna z lokalít - plocha fungovala prednedávnom
aj ako skládka odpadu**

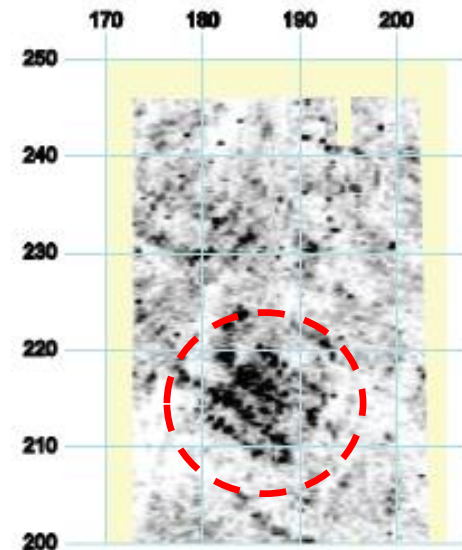
Iznik , (georadar + iné metódy)



anomálne magnetické pole
(výsledné anomálne pole
bolo veľmi porušené)

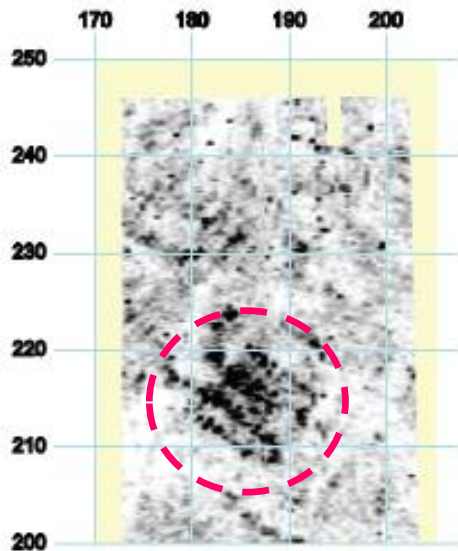


výsledok geoelektriky:
multielektródový vertikálny rez
(elektrického odporu)

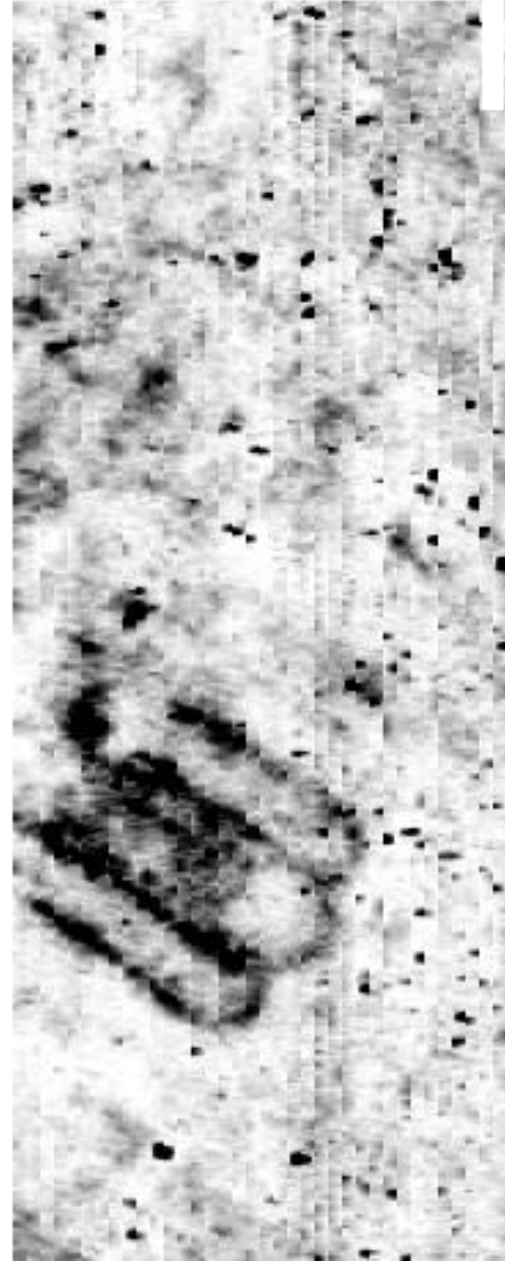


až použitie radaru (200 MHz anténa) ukázalo
prvé náznaky existencie základov budovy

Iznik , (georadar + iné metódy)

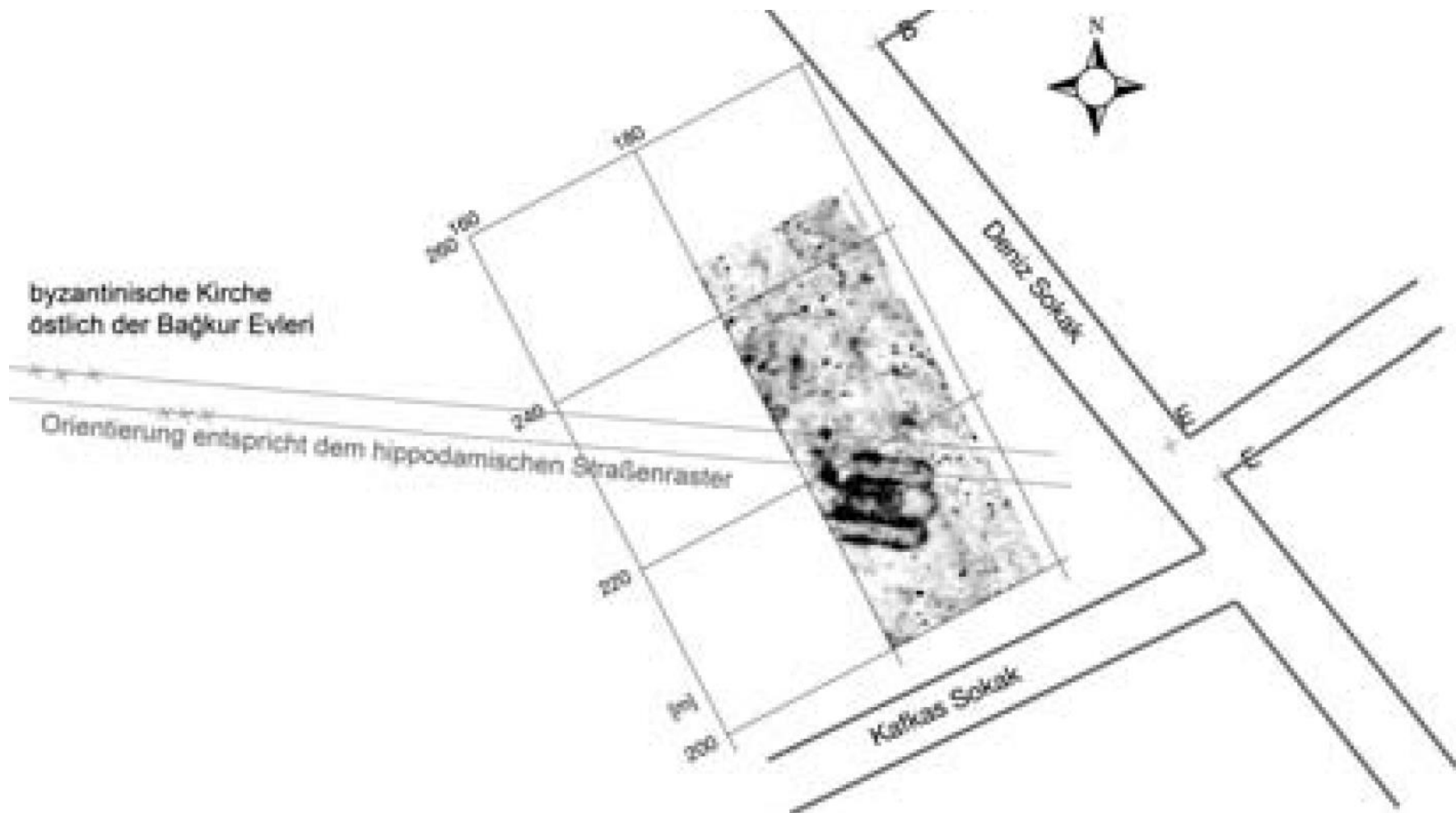


zistené náznaky existencie
základov budovy boli potvrdené
použitím 400 MHz antény



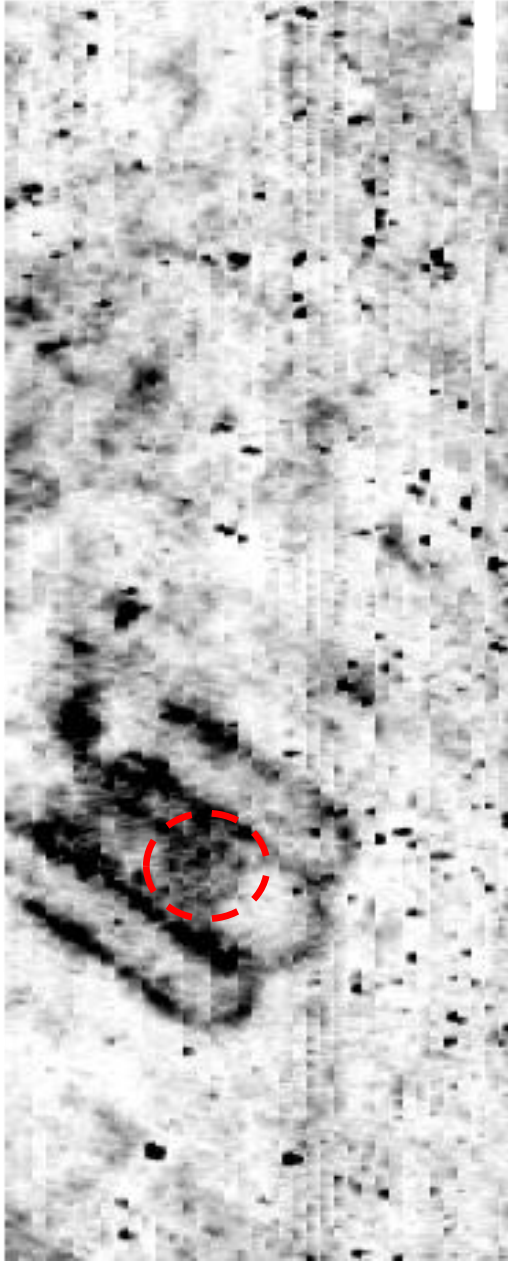
trojlod'ová
rannobyzantská
bazilika
(je možné, že
bola súčasťou
známeho
1. Níkejského
koncilu)

Iznik , (georadar +iné metódy)



georeferencovanie so súčasným a bývalým priebehom ulíc

Iznik , (georadar + iné metódy)

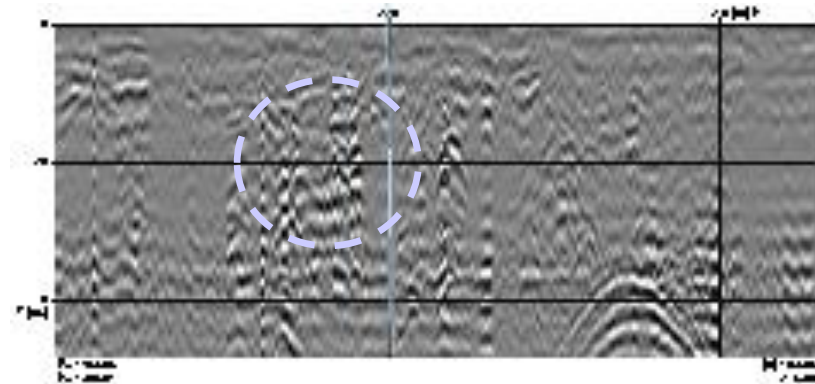


vzniknutá otázka

(ktorá min. jednému účastníkovi kurzu nedala spať):

mohla sa v takomto type sakrálnej stavby nachádzať aj krypta?

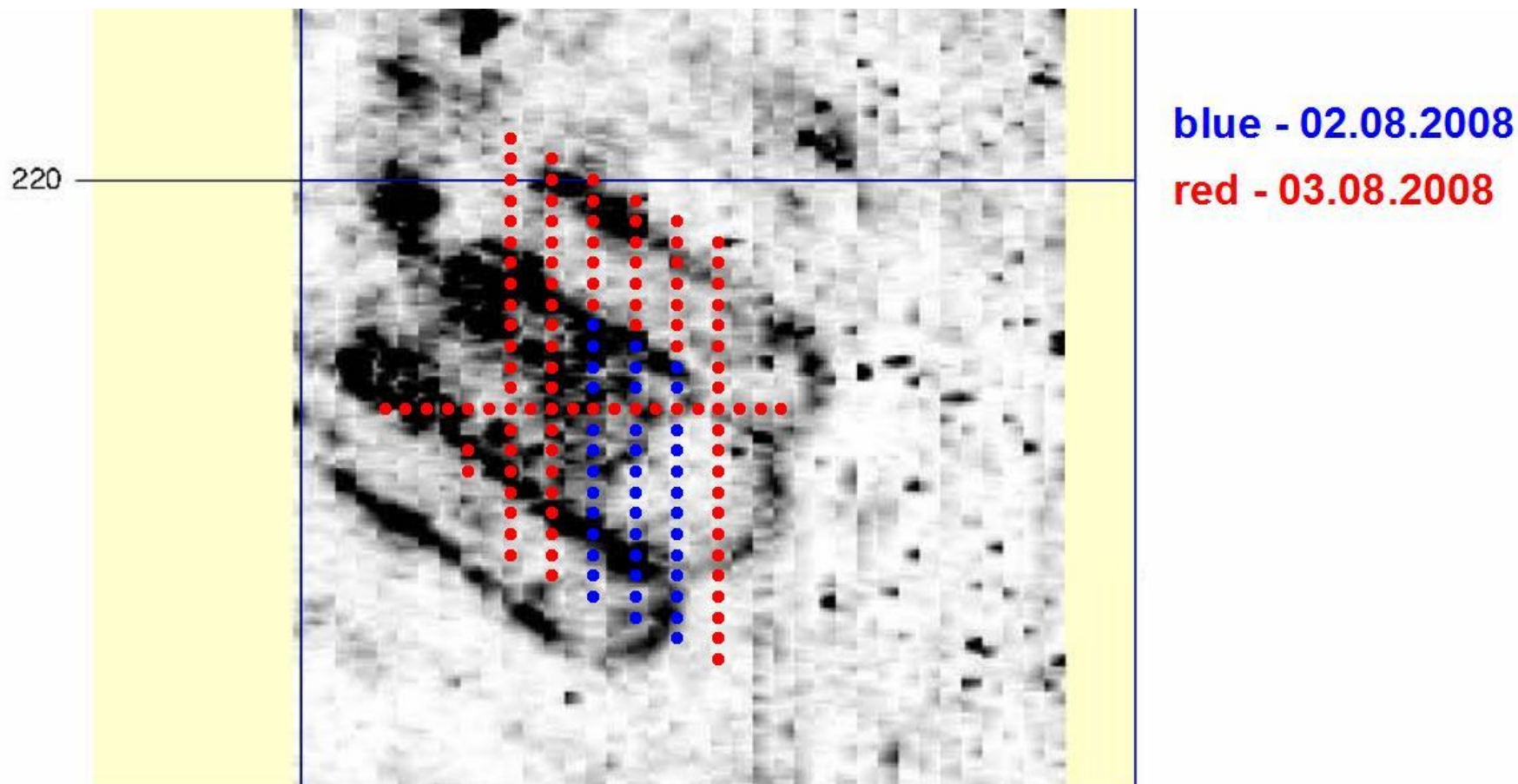
určité náznaky v niektorých radarogramoch:



riešenie (?):

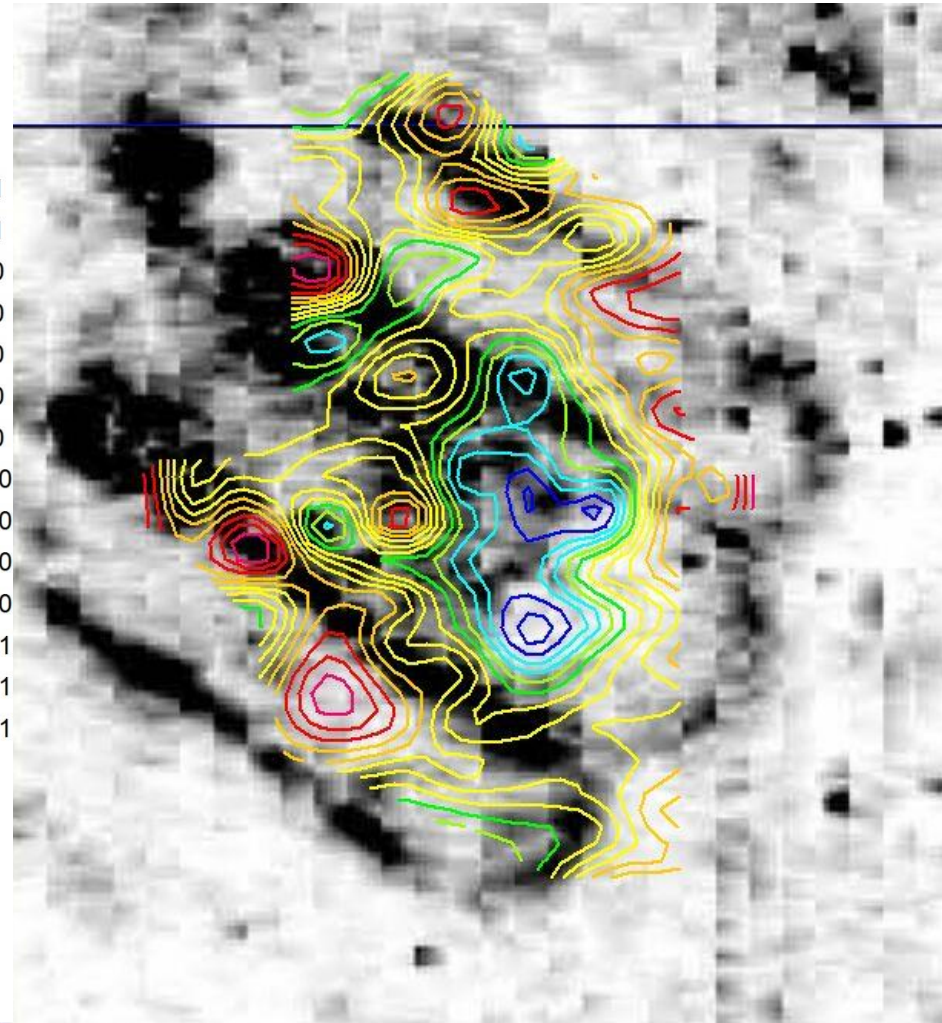
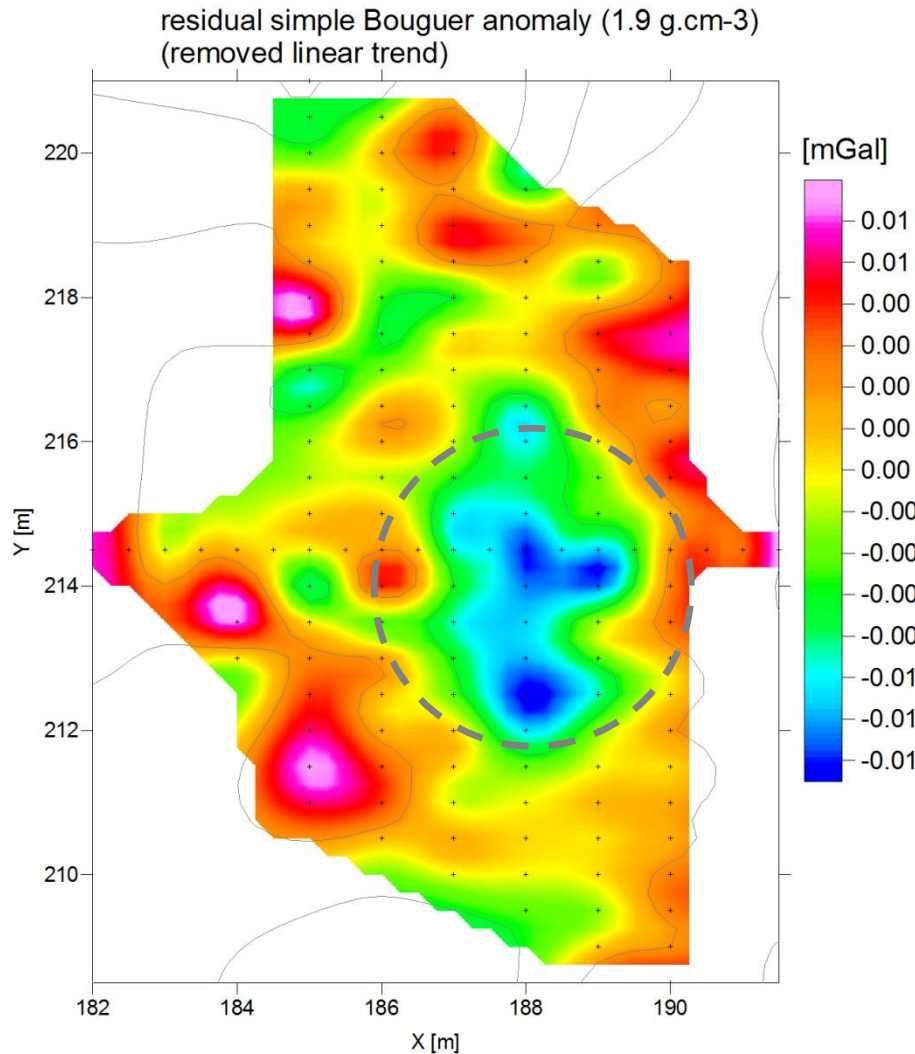
nástup mikrogravimetrickej „čaty“

Iznik , (georadar +iné metódy)



zmeraných 157 bodov, prístroj: Scintrex CG-5

Iznik , (georadar + iné metódy)



**výsledok – možnosť prítomnosti krypty (asi zavalenej)
sa ukazuje ako pravdepodobná**

Príkladové štúdie (case-studies) z archeo-geofyziky (mikrogravimetria + GPR)

Sumár:

- veľmi dobrá zhoda (GPR a mikrogravimetria),**
- vzájomné potvrdenie takmer 90% anomálií,**
- časovo je mikrogravimetria asi dva krát náročnejšia
(v porovnaní s GPR)**
- správanie sa poľa GPR v prípade dutín je potrebné
metodicky analyzovať**