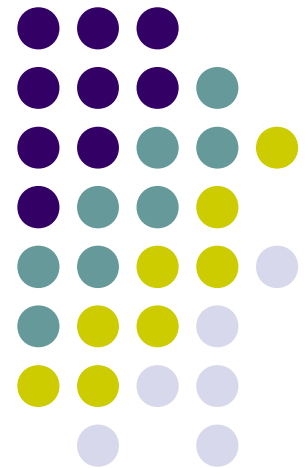


A fizikai geodéziában alkalmazott szoftverek áttekintése

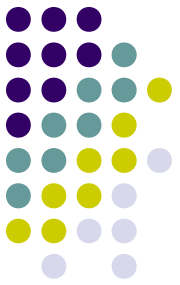
Fizikai geodézia és gravimetria

MSc

2018/19

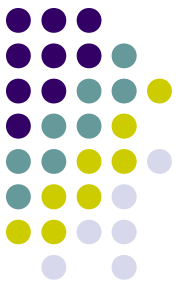


Áttekintés



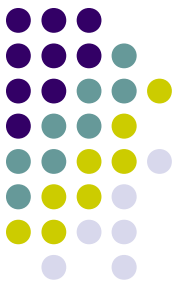
- Számítások geopotenciális modellekkel
- Spektrális eljárásokon alapuló szoftverek
- LKN kollokáció számítása
- Terephatás számítása
- Árapály korrekciók
- Űrgravimetria

Számítások geopotenciális modellekkel



- gömbfüggvénysor fokszáma szerint
 - alacsony fokszámú ($n_{max} = 720$) modellel végzett számításra alkalmas programok
 - magas fokszámú ($n_{max} = 2190$) EGM2008 modellel végzett számításra alkalmas programok
- számítható mennyiségek szerint
 - geoid
 - nehézségi rendellenességek, függővonal elhajlások
 - gravitációs gradiensek

Geopotenciális modellek együtthetői – ICGEM



- International Centre for Global Earth Models (ICGEM)
 - <http://icgem.gfz-potsdam.de>
 - IAG egyik szolgálata
- szolgáltatások
 - geopotenciális modellek adattára
 - letölthető modell együtthetők
 - online számítás és ábrázolás

I C G E M

Számítás ICGEM

EGM2008

$N_{\max} = 2190$

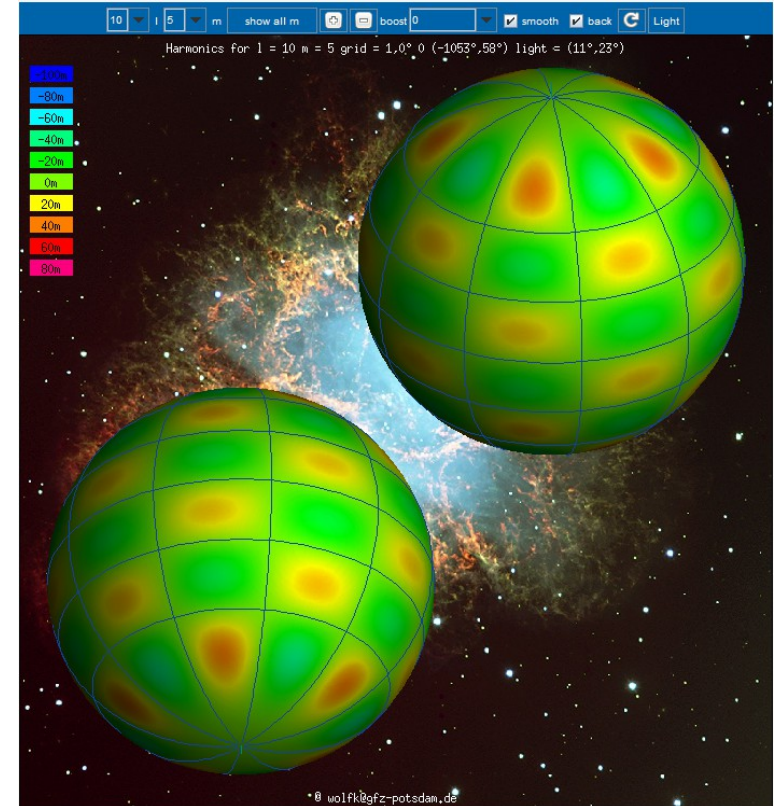
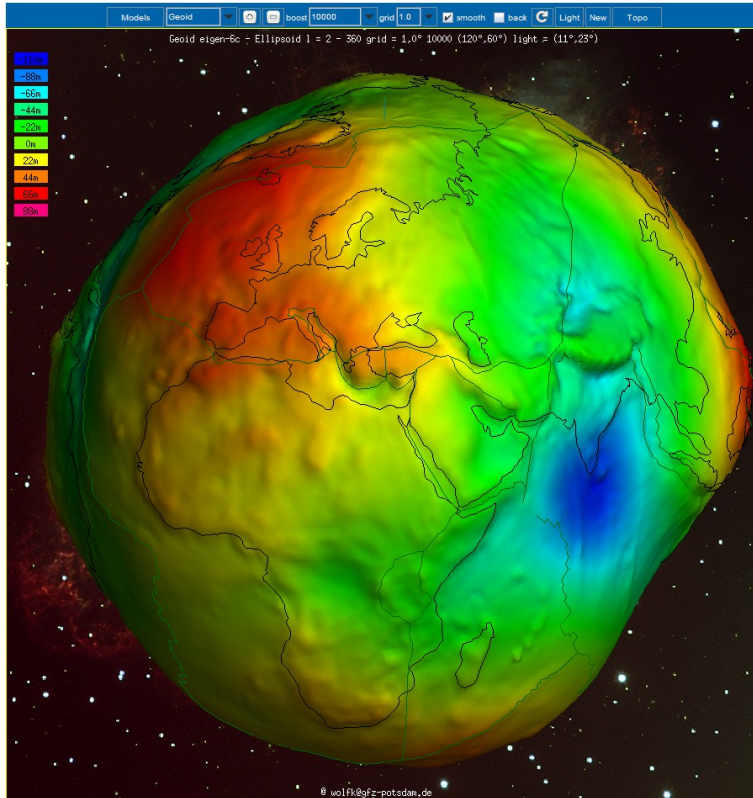
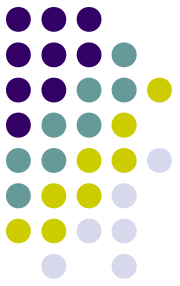
T_{zz} vertikális gradiensek

0.05°-os rácsra 10011 pontban

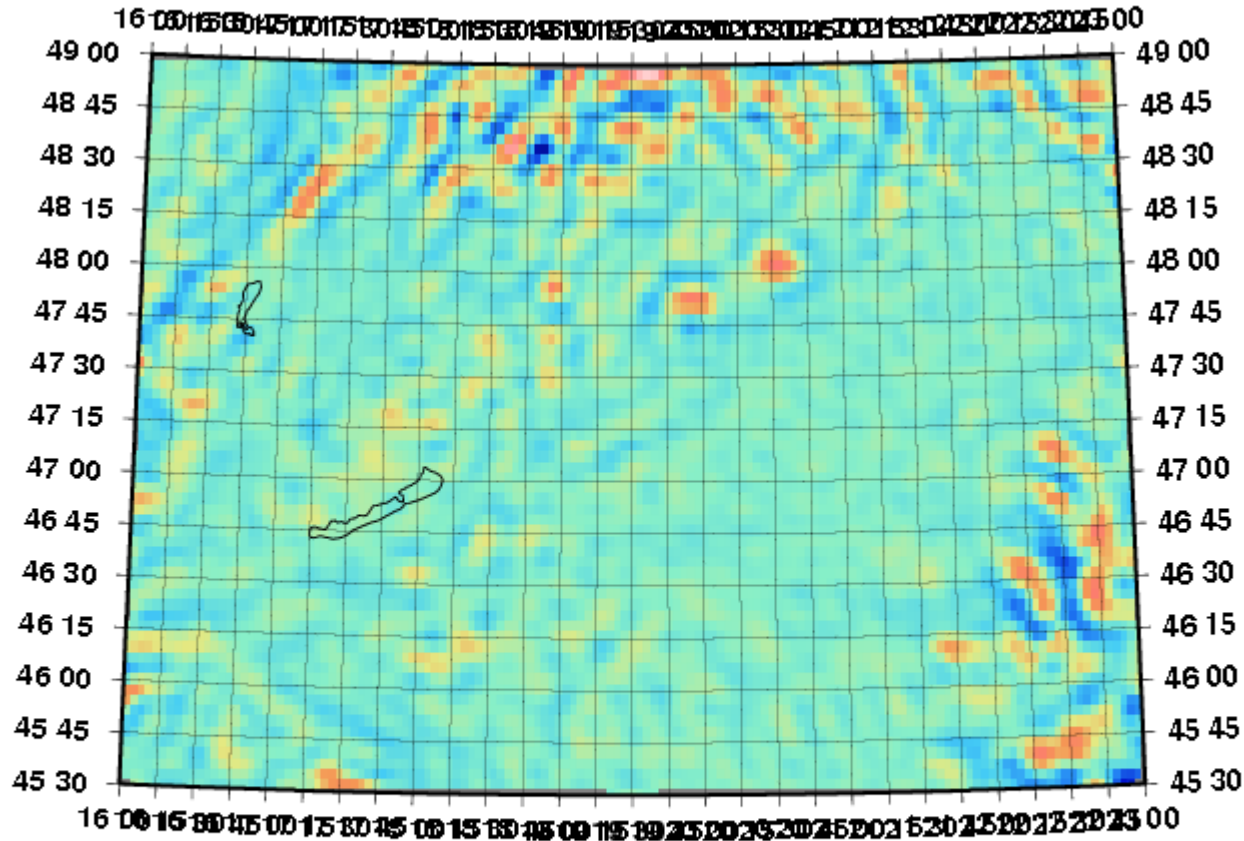
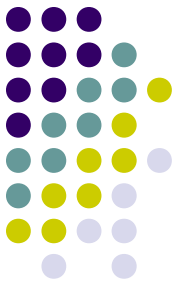
```
generating_institute      gfgz-potsdam
generating_date           2014/12/05
product_type              gravity_field
body                      earth
modelname                 egm2008
max_used_degree           2190
tide_system               tide_free
functional                second_r_derivative
zero_degree_term         included
unit                      Eotvos
refsysname                EGM2008
gmrefpot                  3.98600441500E+14 m**3/s**2
radiusrefpot              6378136.580 m
flatrefpot                 3.352805466344294E-03 (1/298.25768600000)
omegarefpot               7.29211500000E-05 1/s
normal_potential          6.263685566928820E+07 m**2/s**2
long_lat_unit             degree
latlimit_north            49.0000000000000
latlimit_south            45.5000000000000
longlimit_west            16.0000000000000
longlimit_east            23.0000000000000
gridstep                  0.500000000000000E-01
latitude_parallels        71
longitude_parallels        141
number_of_gridpoints      10011
gapvalue                   9999.0000
weighted_mean             -8.5042505E-02 Eotvos
maxvalue                   1.7835010E+02 Eotvos
minvalue                   -1.3663469E+02 Eotvos
signal_wrms                2.4365758E+01 Eotvos
grid_format                long_lat_value
```

```
                longitude    latitude    second_r_derivative
                [deg.]       [deg.]       [Eotvos]
end_of_head =====
                16.0000      49.0000      -2.448593605380
                16.0500      49.0000      -4.705300305755
                16.1000      49.0000      -1.186877710219
                16.1500      49.0000       6.094113167307
                16.2000      49.0000      11.201697691090
                16.2500      49.0000      10.888636989972
                16.3000      49.0000       6.900276764058
                16.3500      49.0000       1.624658180523
                16.4000      49.0000      -5.849261922088
                16.4500      49.0000     -16.962904707332
                16.5000      49.0000     -27.943565875273
```

Ábrázolás - ICGEM



Ábrázolás – ICGEM



egm2008

T_{RR} , $0.05^\circ \times 0.05^\circ$

wrms about mean / min / max = 24.37 / -136.6 / 178.4 Eotvos

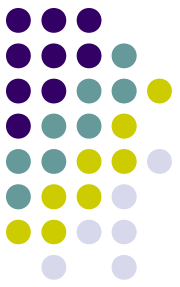


Gömbfüggvényysorral számító Euler programok



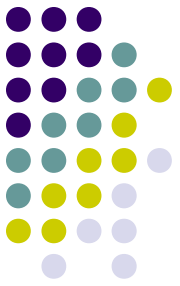
- geopot.e eljáráskönyvtárban
 - www.agt.bme.hu/gtoth/doktmat/Euler-egyeb.zip
 - szórt és rács pontokban is számol
- számított mennyiségek (FFT-vel is):
 - geoidmagasságok
 - nehézségi rendellenességek
 - Eötvös-tenzor összes eleme
 - Eötvös-tenzor r irányú 1. és 2. deriváltjai
 - a fentiek hibái a gömbfüggvény-együtthatók hibái alapján

EGM2008 geopotenciális modell



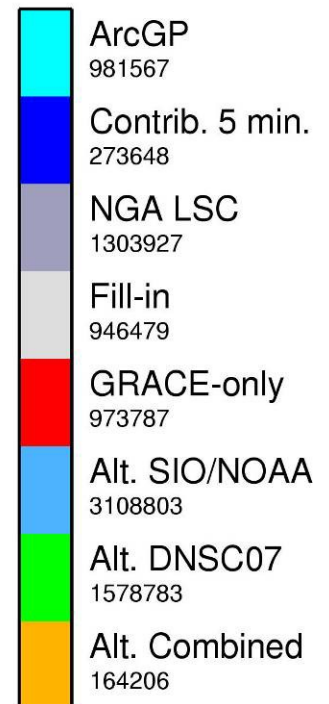
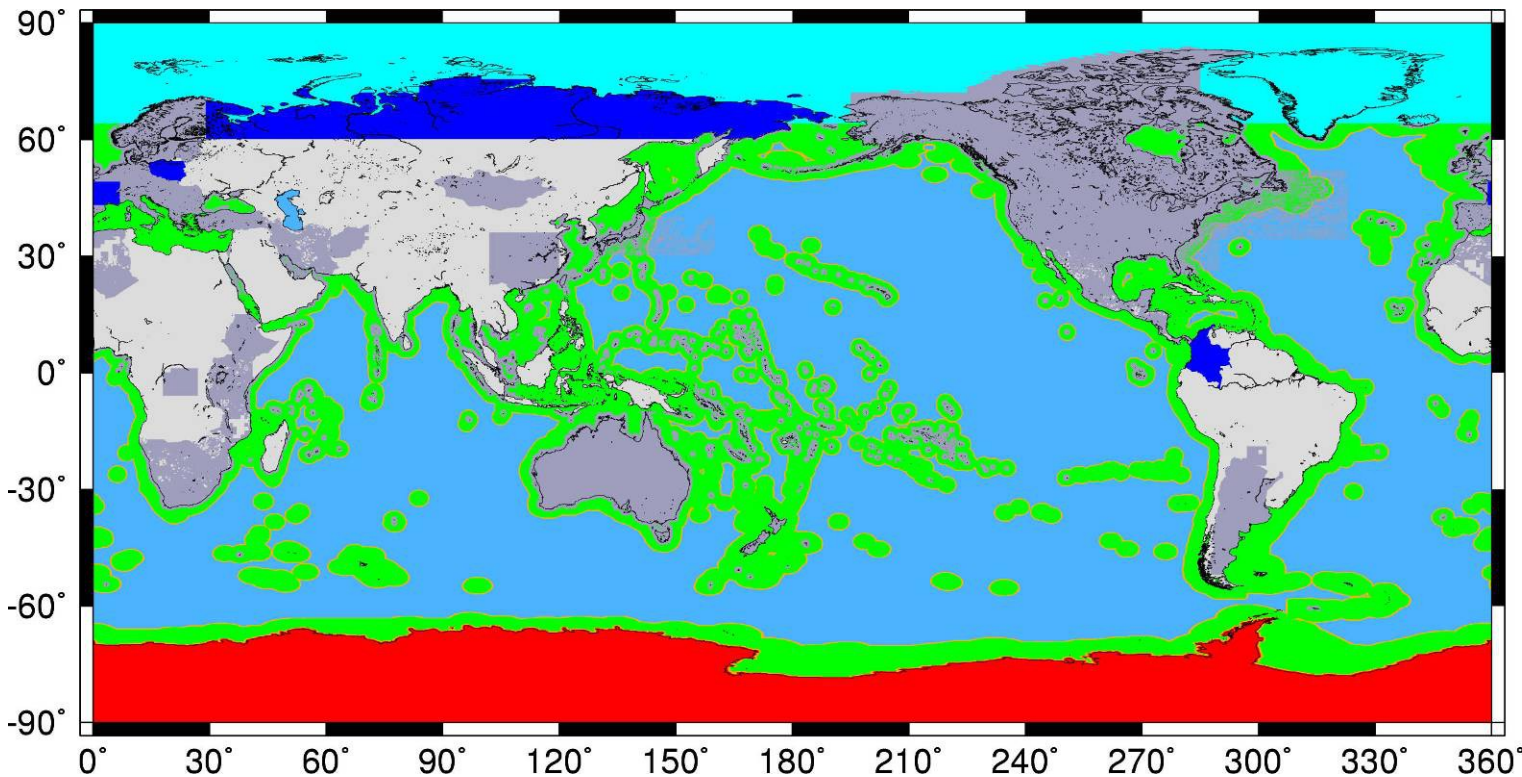
- Az NGA (National Geospatial- Intelligence Agency) legújabb fejlesztésű modellje
- 2160 fokig és rendig (további 2190 fokig a 2160-nál nem nagyobb rendű tagok)
- 4 802 666 C_{nm} és S_{nm} együttható
- hosszú hullámú összetevők a GRACE műholdak mérései alapján
- 5'x5' felbontású nehézségi adatokat tartalmazó adatbázis

EGM2008 geopotenciális modell

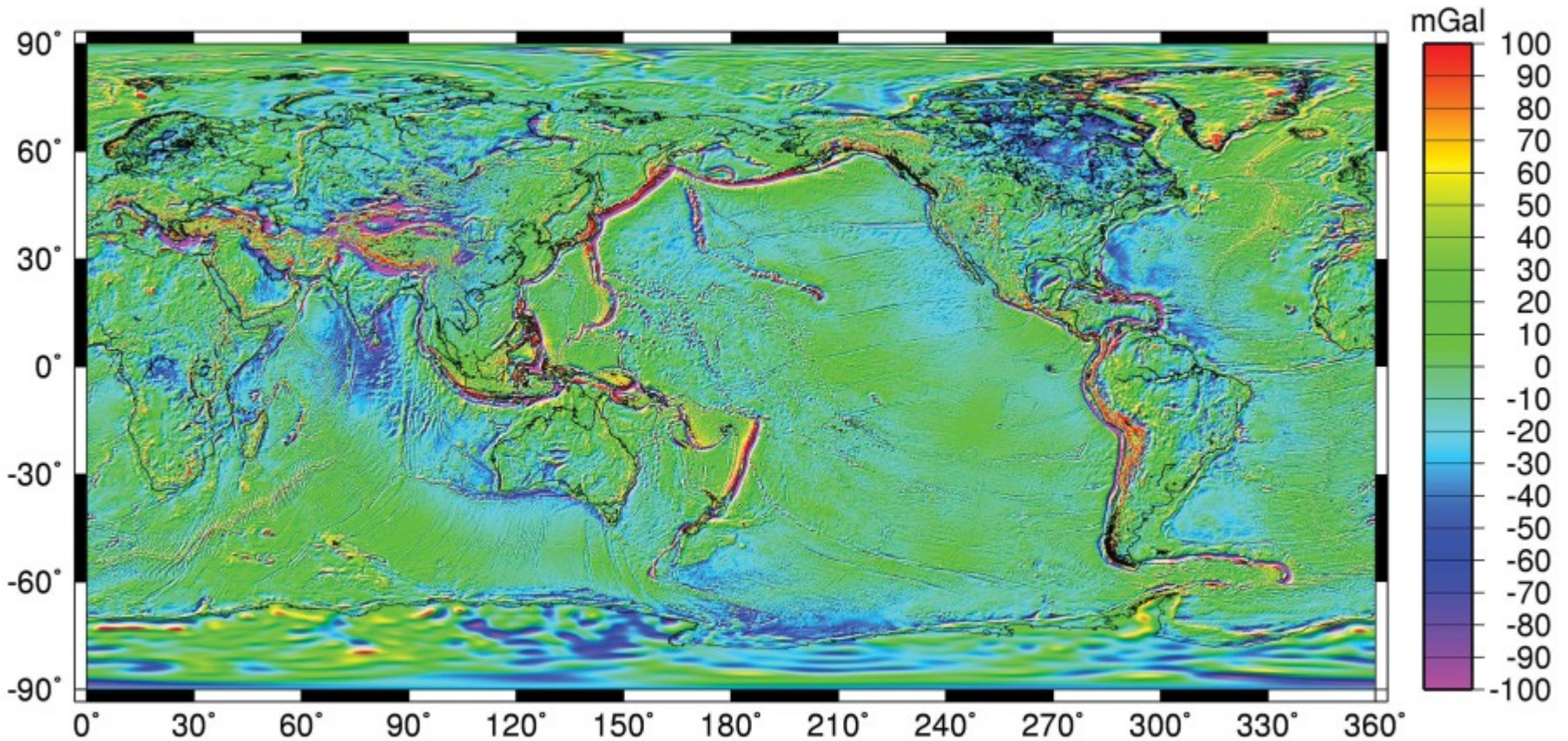
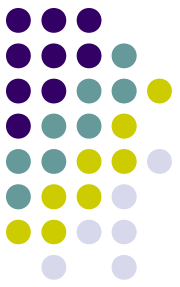


- SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) 30'x30' felbontású topográfiai adatbázis az északi szélesség 60°-tól a déli szélesség 58°-ig
- északi és a déli sarkok környezetében az ICESat mérései
- közepes tengerszint (MSS és DOT) az altiméteres mérésekből a nehézségi rendellenességek számításához

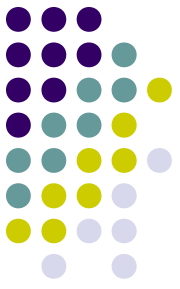
Az 5'x5' nehézségi rendellenességek adatnyerési forrásai



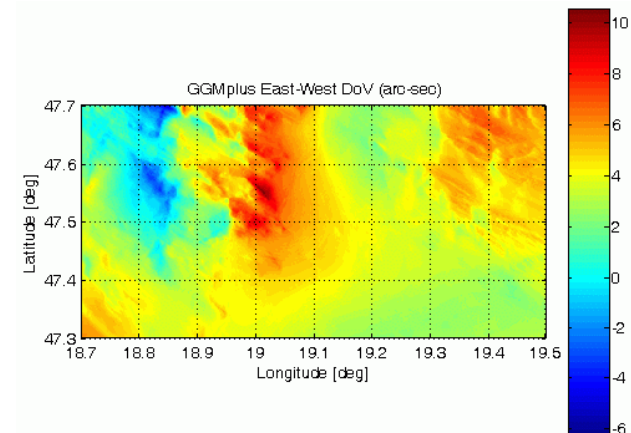
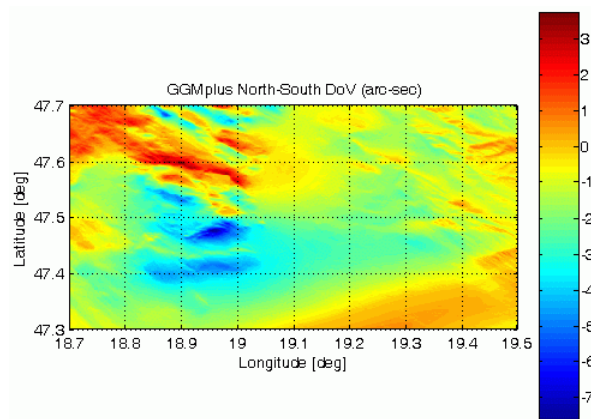
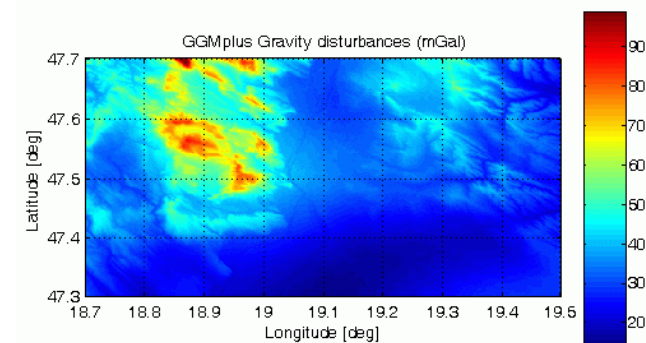
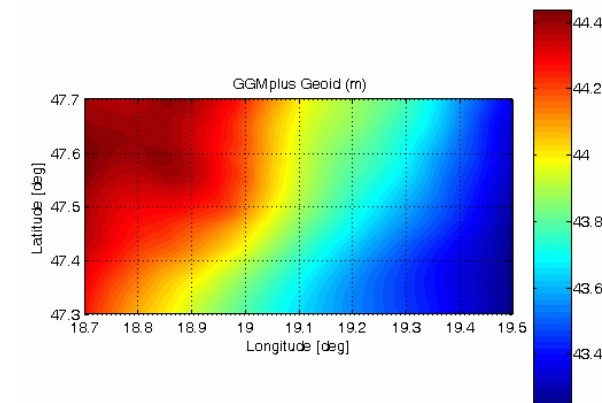
EGM2008 nehézségi rendellenességek



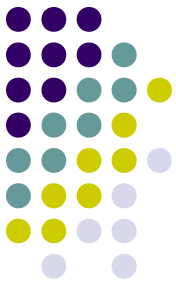
GGMplus nagyfelbontású nehézségi erőter modell (Hirt)



- 200 m-es felbontásban geoid, ξ , η , Δg ($\pm 60^\circ$ -os szélességig a kontinensekre)



Gyors és egyszerű EGM2008 geoidszámítás



- AllTrans EGM2008 Calculator (Hans-Gerd Duenck-Kerst)
 - pontonkénti és rács számítás
 - különböző felbontású (10', 2.5', 1') input rács

EGM2008 Gridmaker

Grid-Area

Lat. [°] (-90° to +90°)

Lon [°] (-360° to 360°)

Spacing: Lat. [°] Lon [°]

Bi-Quadratic Interpolation Triangulation

Bi-Linear Interpolation Nearest Neighbour

EGM2008 File Calculation

C:\Documents and Settings\TG.TGY\Dokumentumok\ok\Fiz.Geod\gya

C:\Documents and Settings\TG.TGY\Dokumentumok\ok\Fiz.Geod\gya

Format Input-File:

Textfile: Lat Lon Bi-Quadratic Interpolation

Textfile: Lon Lat Bi-Linear Interpolation

Textfile: Pt-Number Lat Lon Triangulation

Textfile: Pt-Number Lon Lat Nearest Neighbour

Textfile: GGA from GPS

AllTrans EGM2008 Calculator (c) H.-G. Duenck-Kerst

EGM2008 Manual Calc EGM2008 Gridmaker EGM2008 File Calc Info

EGM2008 Manual Calculation

Latitude [°]

Longitude [°]

Undulation [m]

Bi-Quadratic

Bi-Linear

Triangulation

Nearest Neighbor

Internal Database (10' x 10') External Database (EGM2008-File)

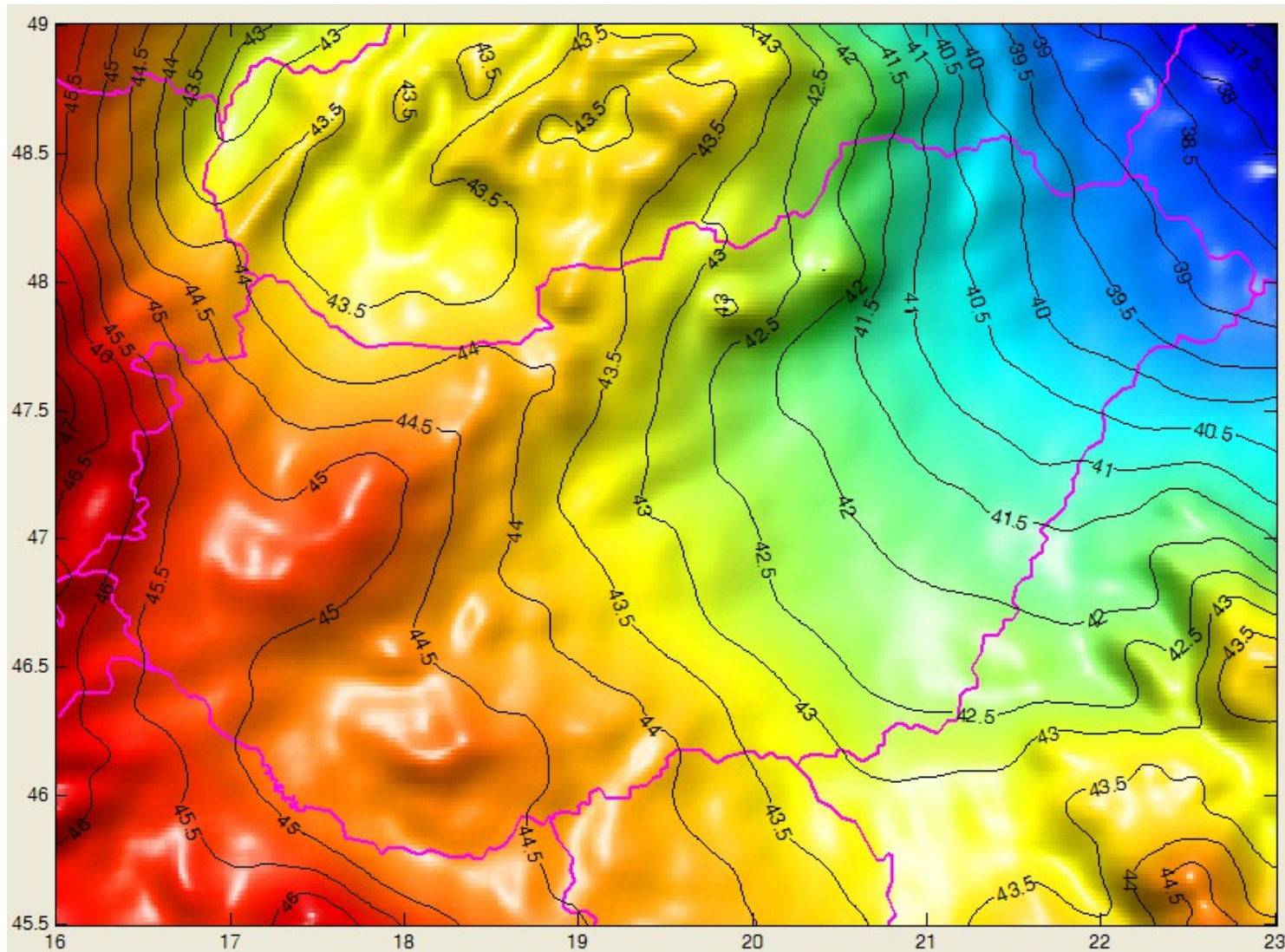
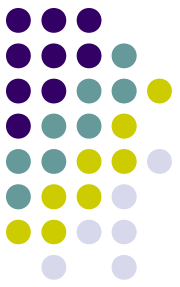
EGM-File

1' x 1' Grid Big Endian

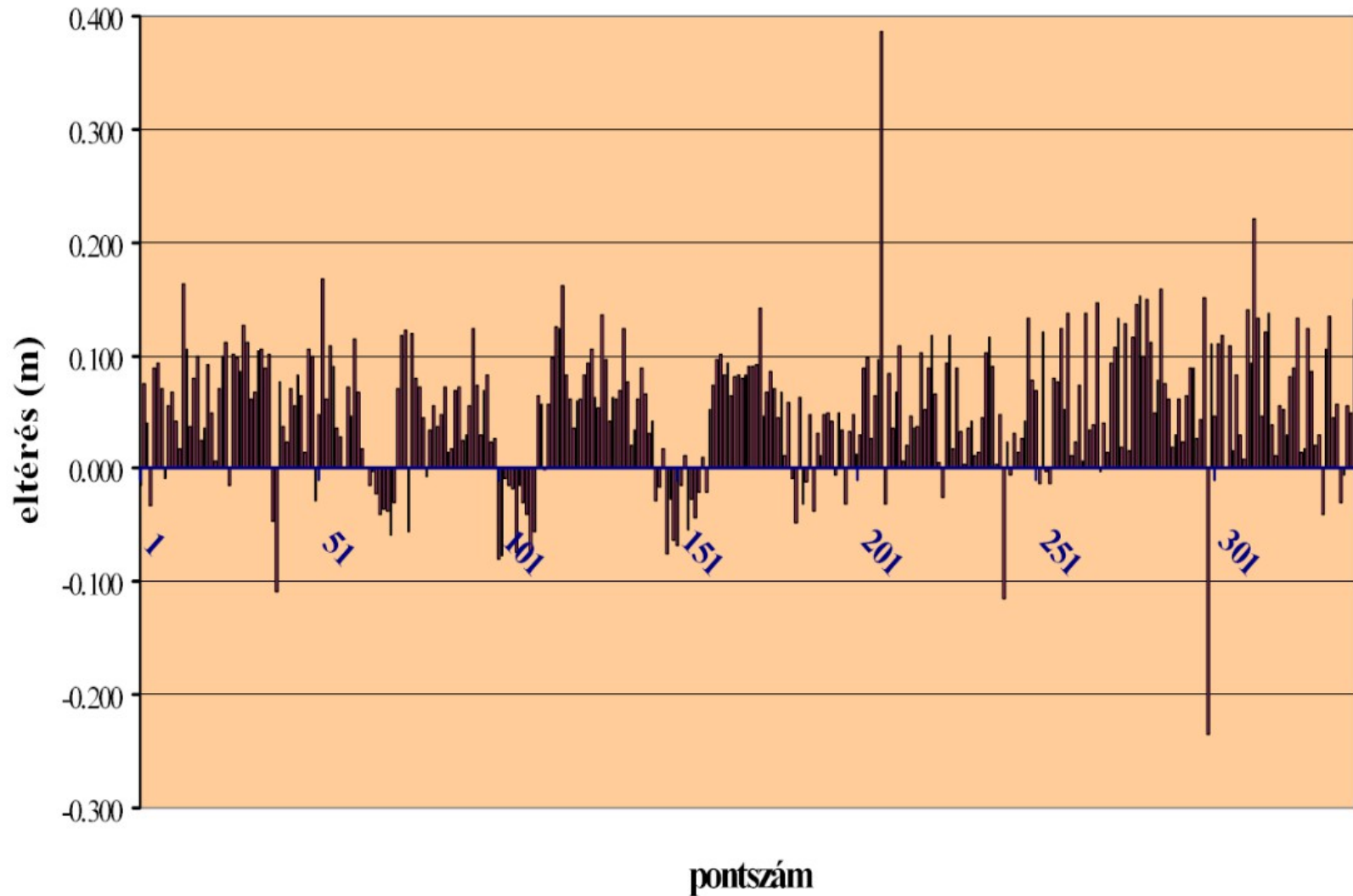
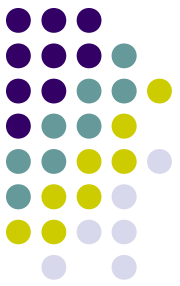
2.5' x 2.5' Grid

10' x 10' Grid

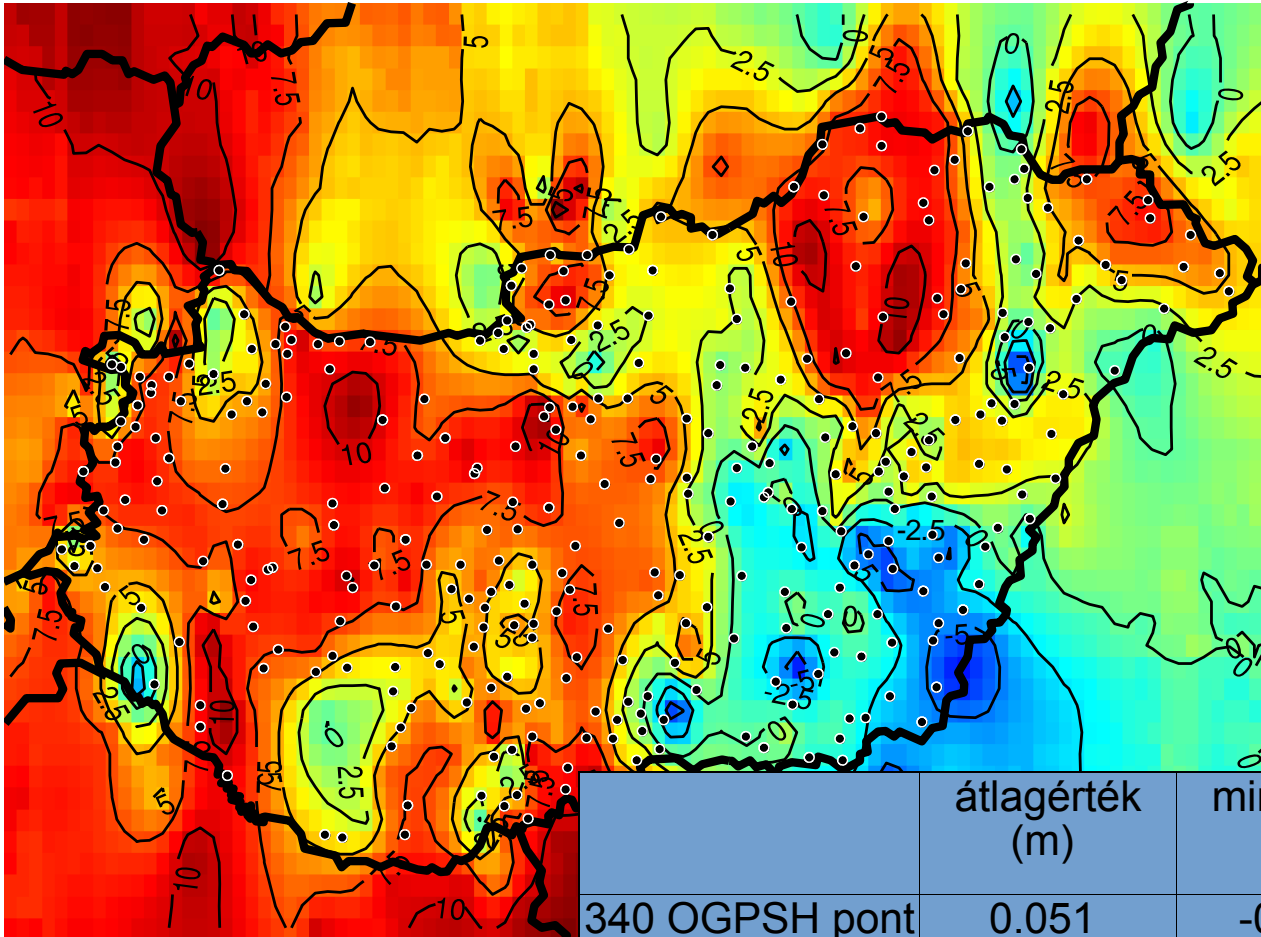
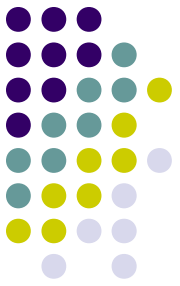
A számított EGM2008-as geoidkép (1' x 1'-es rács)



Az EGM2008 modell illeszkedése 340 OGPSH pontban

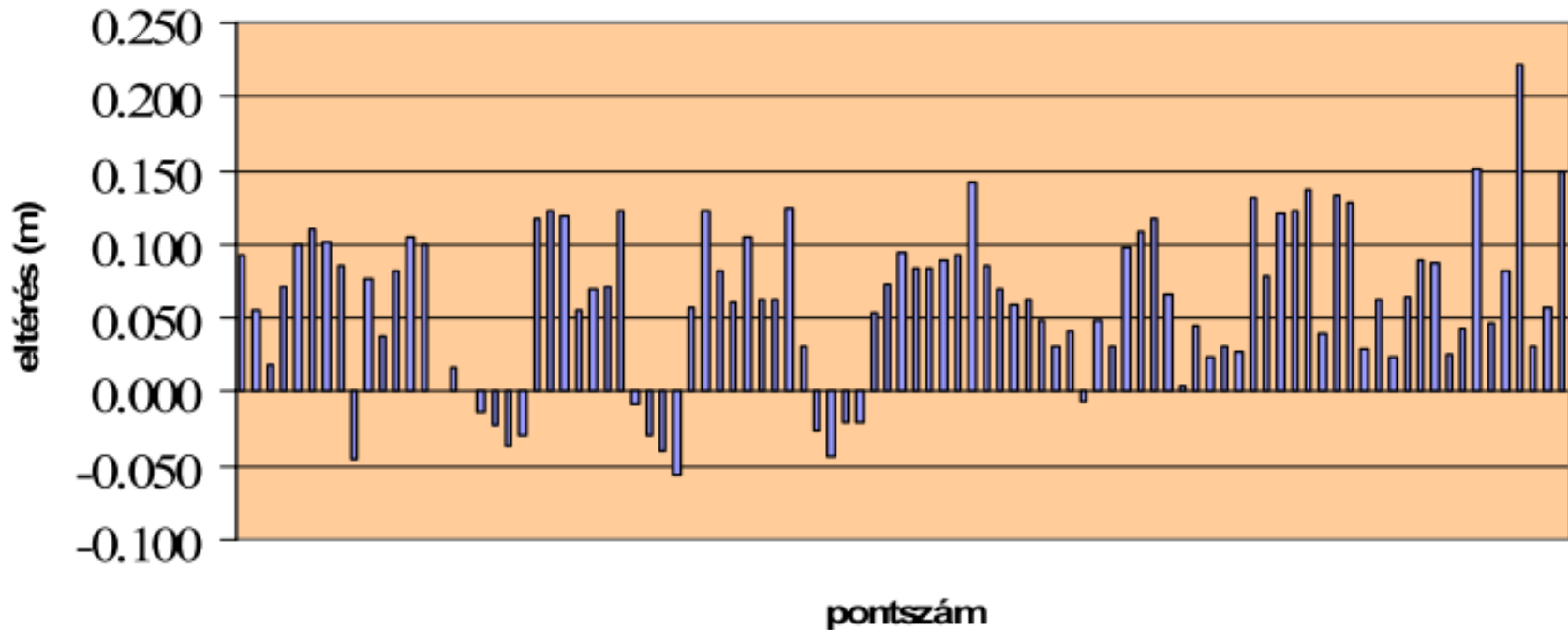
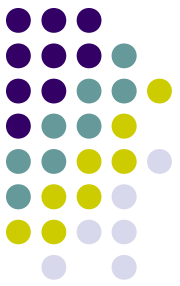


Az EGM2008 modell illeszkedése 340 OGPSH pontban

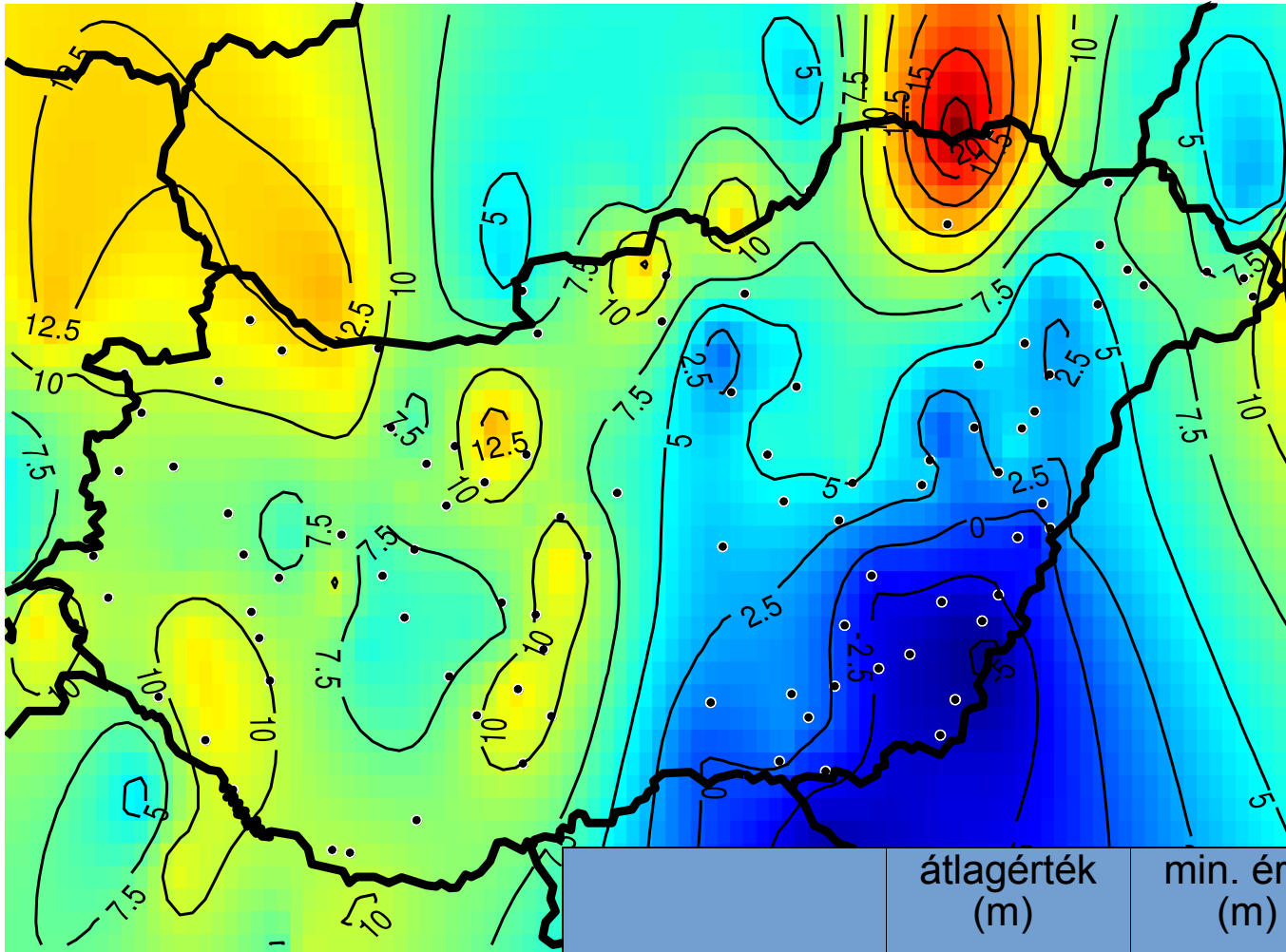


	átlagérték (m)	min. érték (m)	max. érték (m)	szórás (cm)
340 OGPSH pont	0.051	-0,235	0,386	7,81
306 OGPSH pont	0.042	-0,115	0,121	6,32

Az EGM2008 modell illeszkedése 95 újonnan szintezett OGPSH pontban

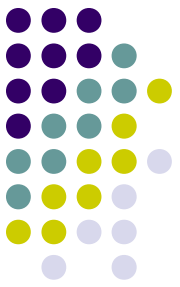


Az EGM2008 modell illeszkedése 95 OGPSH pontban



	átlagérték (m)	min. érték (m)	max. érték (m)	szórás (cm)
95 OGPSH pont	0.061	-0,055	0,221	5,3

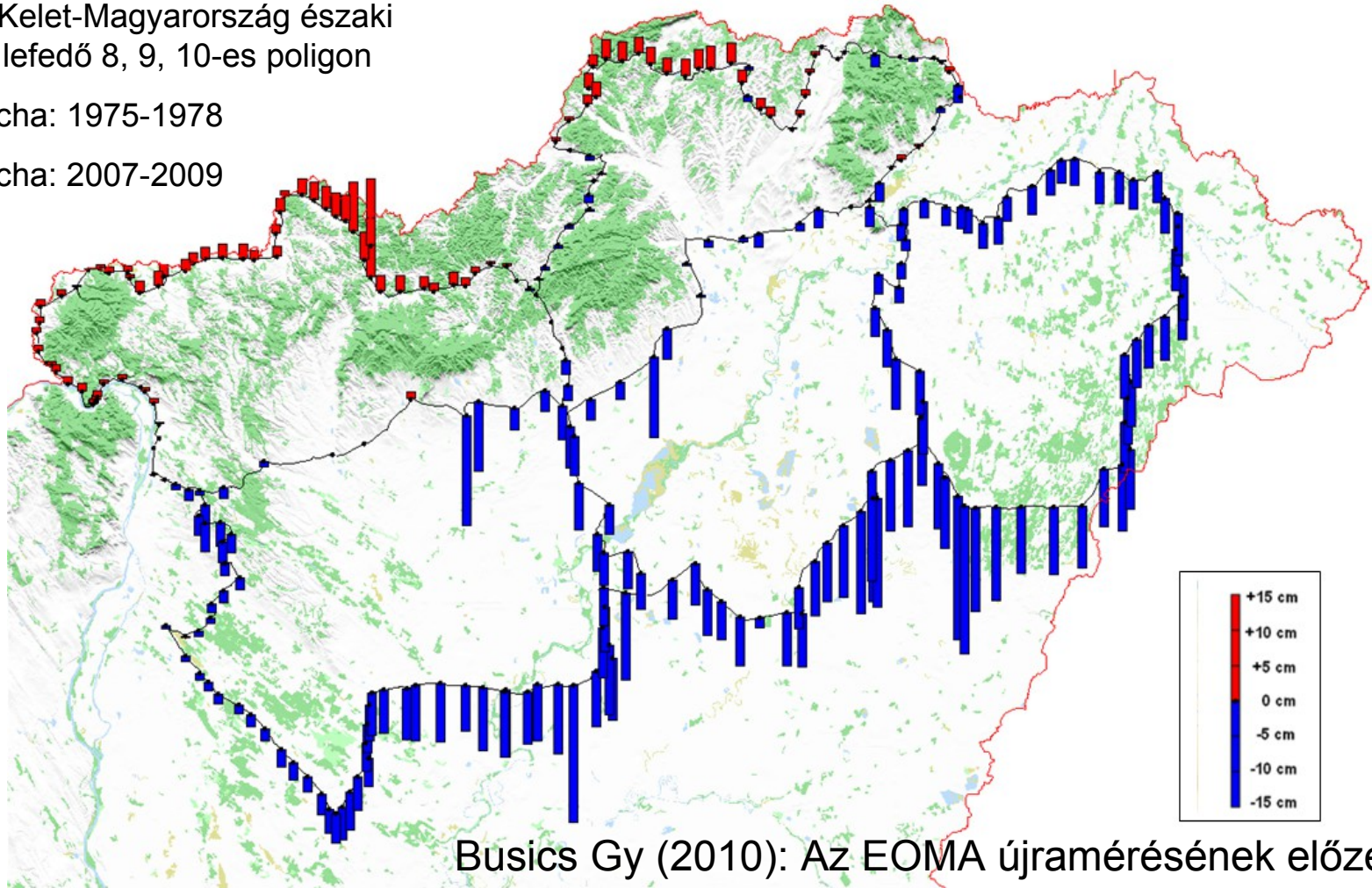
A K-pontok magasságváltozása a KMO 1. és 2. mérése között



KMO: Kelet-Magyarország északi részét lefedő 8, 9, 10-es poligon

1. epocha: 1975-1978

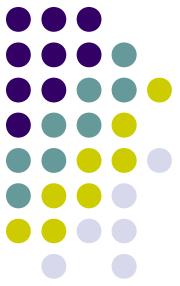
2. epocha: 2007-2009



Busics Gy (2010): Az EOMA újramérésének előzetes eredményei az első három poligonban. Geomatikai Közlemények XIII/2, 141-148. o.

GrafLab

- Matlab program, grafikus felülettel



IAG Commission 2: Gravity Field

Search

JWG 2.8: Modeling and Inversion of Gravity-Solid Earth Coupling (joint with Commission 3)

Home

Software

Relevant Papers

Group Letters

GrafLab

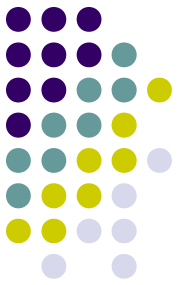
GrafLab (GRAVity Field LABoratory) is a MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders, which allows:

- evaluation of 38 functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders,
- evaluation of commission error of 26 functionals using full variance-covariance matrix of spherical harmonic coefficients,
- depiction of the computed data on a map.

- [source code](#) (version 2.0.1)
- input and output [data](#) for the test computation
- [user manual](#)
- Bucha, B., Janák, J., 2013. A MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders. Computers & Geosciences 56, 186-196, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2013.03.012>
- [Definition of functionals of the geopotential used in GrafLab software](#)
- [list of changes](#) in GrafLab (updated September 12, 2017)

isGrafLab

- Matlab program, grafikus felülettel



IAG Commission 2: Gravity Field

Search

JWG 2.8: Modeling and Inversion of Gravity-Solid Earth Coupling (joint with Commission 3)

Home

Software

Relevant Papers

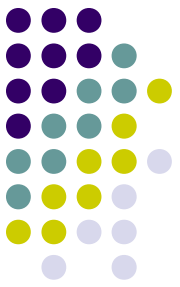
Group Letters

isGrafLab

isGrafLab (Irregular Surface GRAVity Field LABORatory) is a modified version of GrafLab that allows accurate and fast computation of functionals of the geopotential on dense grids at irregular surfaces such as the Earth surface. isGrafLab employs the highly efficient lumped coefficients approach for the evaluations at regular surfaces (the sphere or the ellipsoid of revolution), and the Taylor series expansions to continue these functionals to the irregular surface. All the other options available in GrafLab, such as the employment of three different approaches to compute the fully normalized associated Legendre functions, the graphical user interface or the possibility to depict data on a map, are also available in the new software.

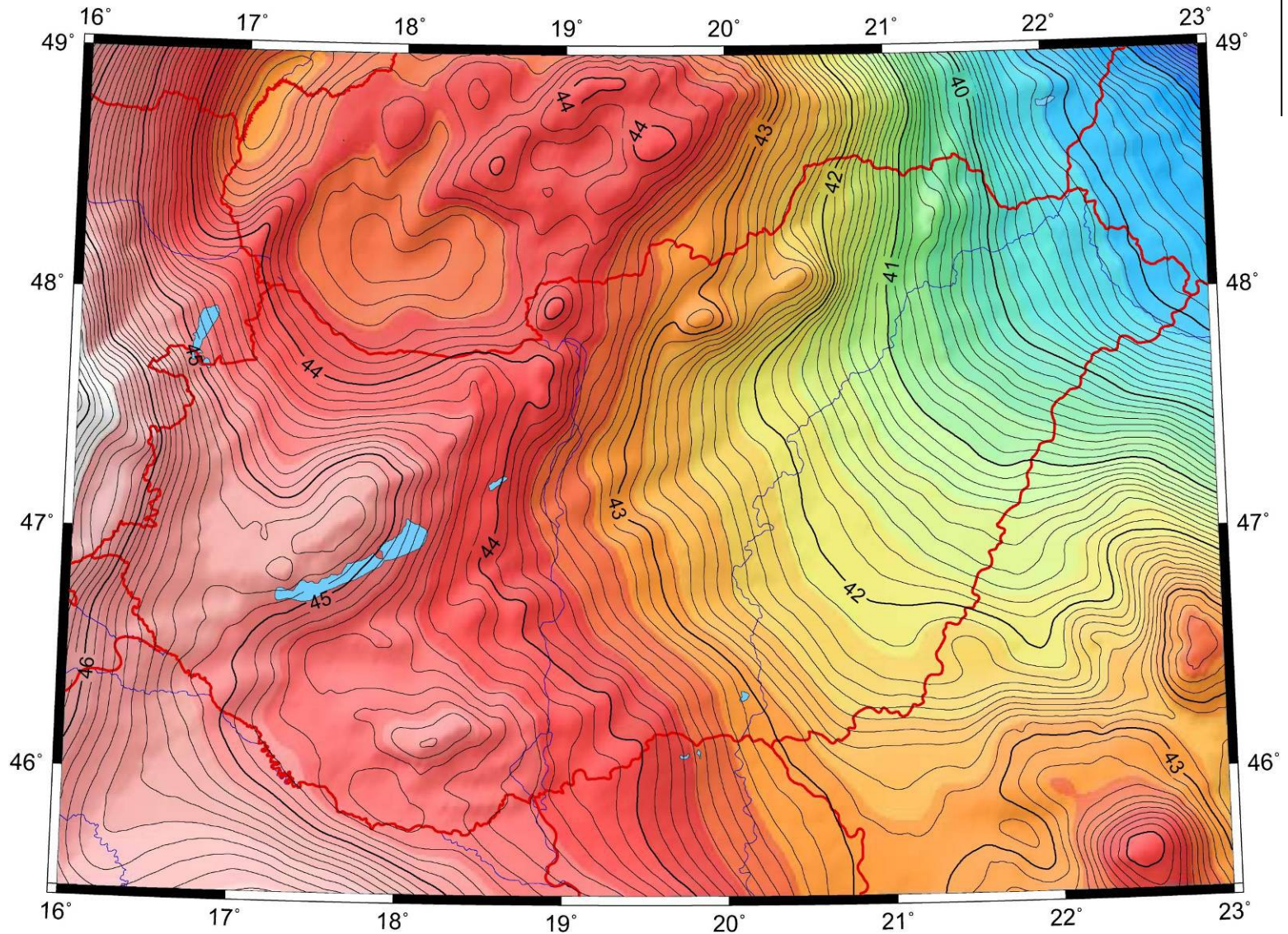
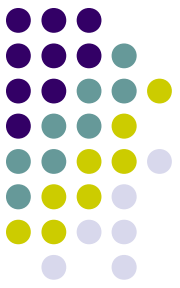
- [source code](#) (version 2.0.1)
- input and output [data](#) for the test computation
- [user manual](#)
- Bucha, B., Janák, J., 2014. A MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders: Efficient computation at irregular surfaces. Computers & Geosciences 66, 219-227, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.02.005>
- [list of changes](#) in isGrafLab (updated September 12, 2017)

GMT (Generic Mapping Tools) és Mirone

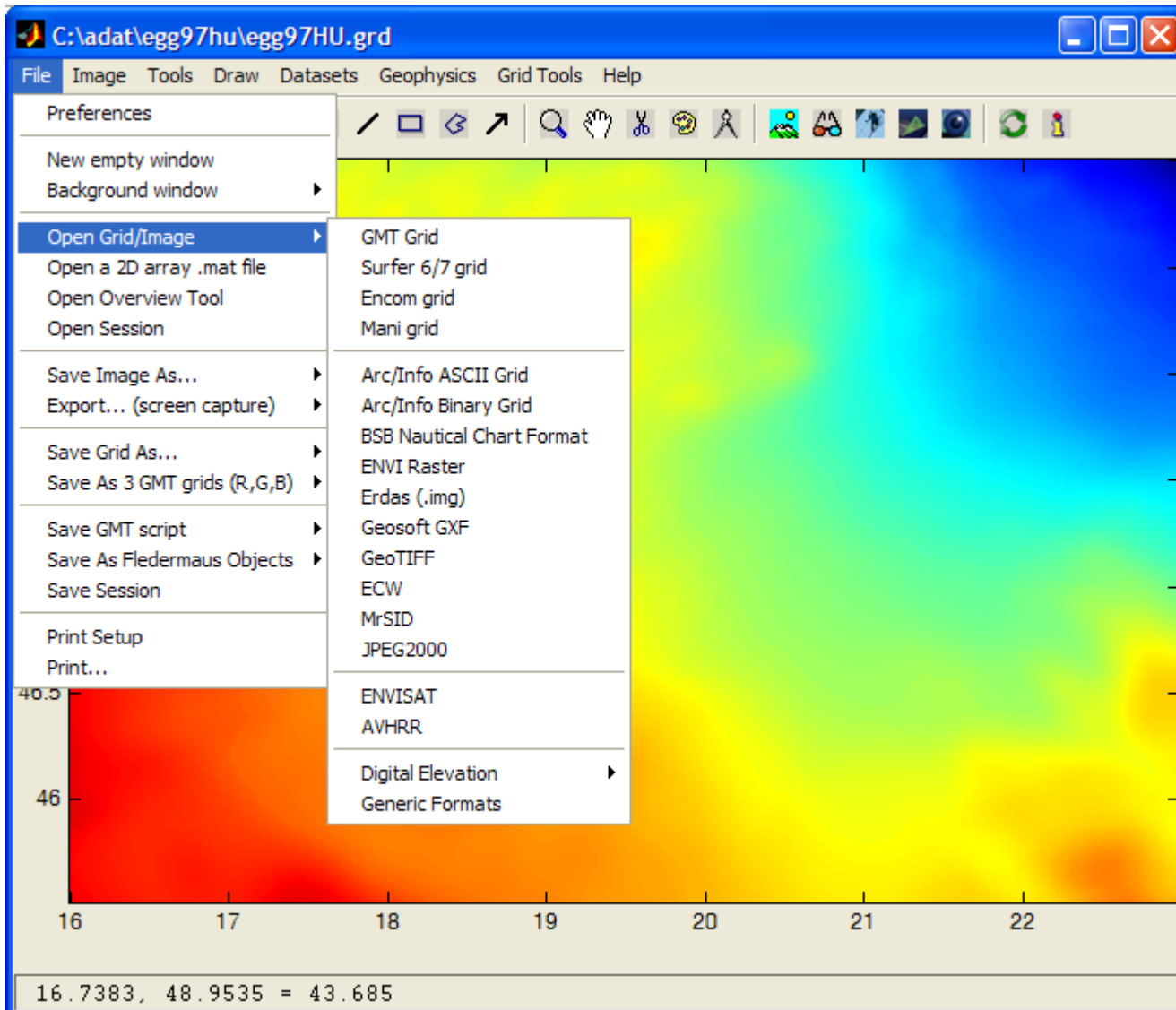
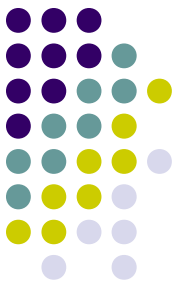


- felhasználóbarát grafikus felület a GMT-hez
 - <http://w3.ualg.pt/~jluis/mirone/>
 - további képességekkel is rendelkezik
 - sokféle rács adatformátumot képes kezelni:
 - GMT/Netcdf, SURFER 6/7, Encom, Arc/Info, ENVI raster, Erdas, ESRI, Geosoft, GeoTIFF, JPEG2000, ENVISAT, DTED, SRTM, USGS DEM, stb.
 - mentés pl. GoogleEarth .kmz fájlba
 - FFT spektrum, digitális szűrés, képfeldolgozási eljárások, georeferálás, rajzeszközök, lemeztektonika, szeizmológia (fészekmechanizmusok), cunami terjedés, rugalmas deformáció számítás, domborzatelemzés, vetületek,

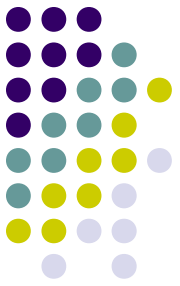
GMT – Generic Mapping Tools



A Mirone munkafelülete

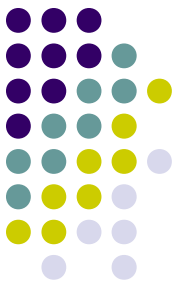


GRAVSOFT programrendszer



- 49 önálló FORTRAN nyelven írt program (1973-2012)
- Szerzői C.C. Tscherning, R. Forsberg, P. Knudsen (Dánia), D. Arabelos (Görögország)
 - adatok kezelése
 - interpoláció (pontbeli és rács)
 - gömbfüggvény sorfejtés
 - terepi korrekció számítása
 - Stokes integrál
 - spektrális eljárások
 - LKN kollokáció (gömbi és sík)
 - altiméteres mérések feldolgozása

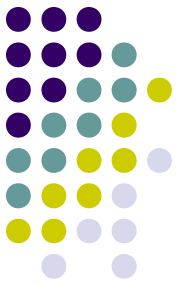
GRAVSOFT programok Python grafikus felülete



- 25 önálló program grafikus felülete

74 PyGravsoft Launcher - Gravity field programs			
3D Applications			
COVFIT	Covariance Fitting	EMPCOV	Empirical Covariance Estimation
GEOCOL	Geodetic Collocation	GEOGRID	Gridding or Interpolation of Irregular Distributed Data
GEOIP	Grid Interpolation	GEOEGM	Gravity Model Evaluation
STOKES	Space Domain Integration for Geoid or Deflections of the Vertical	TC	Gravimetric Terrain Effects
2D Applications			
SPFOUR	Spherical Multiband FFT for Gravimetric Computations	TCFOUR	Terrain effect computation by FFT
COVFFT	Estimation of 2D Covariance Functions Using FFT	GEOFOUR	Planar FFT for Gravity Field Modelling
GPFIT	Fitting Flat-earth Covariance Function to Gravity Data	GPCOL1	Flat-earth Collocation
FITGEOID	Fit surface to GPS levelling		
Service Programs			
SELECT	Select, Thin and/or Average Data	GEOMAIN	2 points: Distance and Azimuth or Reverse
TRANS	Transformation of Coordinates to or from a 2D or 3D System	NZZETA	Transformation of Geoid Heights to Height Anomalies
FCOMP	File Comparison	G2SUR	Conversion of GRAVSOFT Grids to SURFER Format
GBIN	Convert Grid to Binary or Reverse	GCOMB	Combining Two Grids
TCGRID	DTM Grids and Mean Terrain Surfaces for RTM Method	GLIST	Converts grid file to list file
QUIT			

GEOEGM – gömbfüggvényysor számítási példa



74 GEOEGM - Gravity Model Evaluation

Select reference system: 5 - GRS80, 7 - Best current

Input gravity model filepath: data/EGM2008_to2190_ZeroTi [Browse ?]

Are the coefficients formatted? Yes No

Input format: (215,2D25.15)

Input GM, semi-major axis (M): 3.986004415D14 6378136.3

Input maximal degree: 2190

Configure parameters

Input datatype code: 11 [?]

Should a grid be used in computations? Yes No

Input grid specification: 54.5 57.5 7.0 13.0 0.1 0.2 [?]

Input grid altitude (m): 0.0

Input name of datafile (Gravsoft format): nadap.txt [Browse]

Should computed values be subtracted from observed? Yes No

Data column number: 1 [?]

Should statistics be output? Yes No

Input histogram bin size: 5.0

Output to file? Yes No

Name of file to hold result: nadapEGM2008.da [Save as]

Running options: Working in c:\geocol\pyGravsoft-273

Quit Write settings Run program Help

74 Help

11 - HEIGHT-ANOMALY OR GEOID UNDULATION
03 - DEFLECTION OF THE VERTICAL, MERIDIAN COMP.
04 - DEFLECTION OF THE VERTICAL, PRIME VERTI.
12 - GRAVITY DISTURBANCE
13 - GRAVITY ANOMALY
15 - VERTICAL GRAVITY DISTURBANCE GRADIENT

OK

más adattípusok is lehetségesek, pl.:

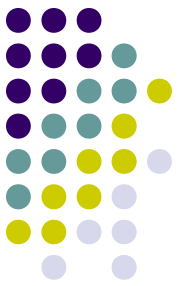
$$22 - W_{yy}$$

$$24 - W_{xx}$$

$$37 - W_{zz}, W_{xz}, W_{yz}, 2W_{xy}, W_{\Delta}$$

... stb.

eredmény: 1 47.255690 18.619251 234.6 43.4904

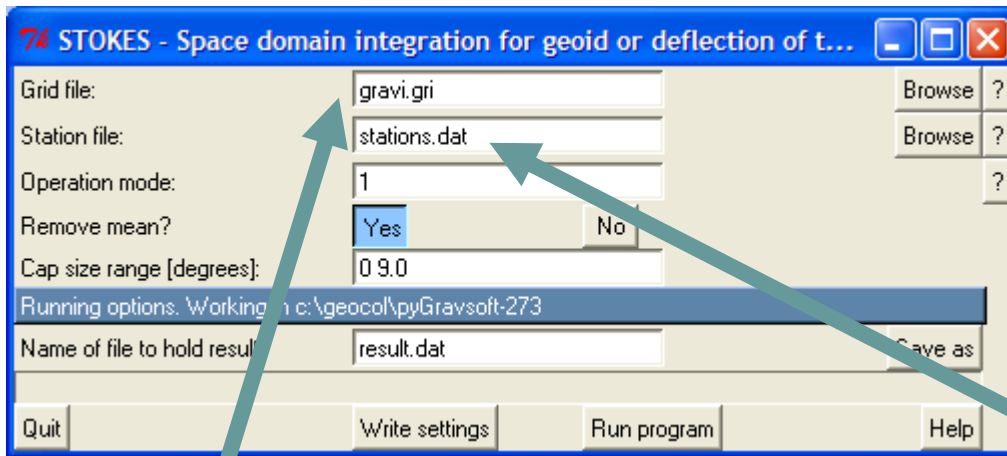
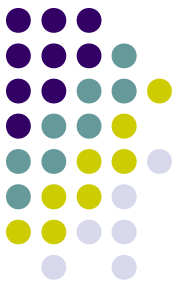


GEOEGM input állomány

- geoegm.inp (csak haladó felhasználóknak!)

```
f
ff tff f t f
5 - GRS80
EGM
3.986004415D14 6378136.3 0.0 2190 f f t f
f
(2I5,2D25.15)
data/EGM2008_to2190_ZeroTide
f f f f
-1 2 3 3 4 0 0 11 -1 0.0 t f f f f f f f f t
nadap.txt
25
nadapEGM2008.dat
t
```

STOKES – Stokes integrál számítása



GRAVSOFTRács adatok formátuma
fejléc:

$\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2, \Delta\varphi, \Delta\lambda$

adatok (soronként É->D irányban)

$d_{n1}, d_{n2}, \dots, d_{nm}$

...

...

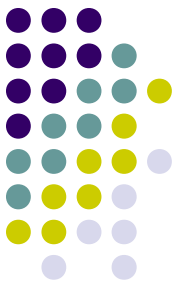
$d_{11}, d_{12}, \dots, d_{1m}$

GRAVSOFTPont adatok formátuma

adatok (pontonként)

id, φ, λ (fok), h, adat1, adat2, ...

GEOCOL – LKN kollokáció



GEOCOL - Geodectic Collocation

Select reference system: 5 - GRS80
7 - Best current

Analytic covariance function definition

Input covariance model parameters: -1.0 400.0 360 ?

Input error degree variance scale factor: 1.0 ?

Input name of error degree variance file: data/egm96.edg Browse

Observation dataset parameters

Input code for observations: 13 ?

Input name of datafile (Gravsoft format): data/nmfa-egm96-tc.dat Browse

Observation error: 0.1

Data column number: 1 ?

Second observation dataset parameters (optional)

Input code for observations: ?

Input name of datafile (Gravsoft format): Browse

Observation error: ?

Data column number: ?

Prediction type definition

Number of already reduced equations: 0 ?

Input code for predictions: 11 ?

Should a grid be used in computations: Yes No

Input grid specification: 54.5 57.5 7.0 13.0 0.1 0.2 ?

Input grid altitude (m): 0.0

Input name of predictionfile: data/nmzeta.dat Browse ?

Should computed values be subtracted from observed: Yes No ?

Data column number: 2

Should statistics be output: Yes No

Input histogram bin size: 5.0

File to hold suspected gross errors: Save as ?

File to hold result: grid11.ex4 Save as

Running options: Working in c:\geocol\pyGravsoft-273

Quit Write settings Run program Help

← kovariancia modell megadása

← adatok 1.

← adatok 2.

← predikció típusa

← rács/pontbeli adatok számítása

← redukció, statisztika

GPCOL – LKN kollokáció „síkon”



GPCOL1 - Flat-earth collocation

Logarithmic covariance function definition

Covariance model parameters: 7.0 8.0 30.0 ?

Observation dataset parameters

Input code for observations: 03 ?

Input name of datafile (Gravsoft format): coordinates.dat Browse ?

Observation error: 2.0

Second observation dataset parameters (optional)

Input code for observations: 03 ?

Input name of datafile (Gravsoft format): Browse ?

Observation error: 1.5

Prediction type definition

Input code for predictions: 03 ?

Should error estimates be computed: Yes No

Input file for error estimates: efile Browse

Should a grid be used in computations: Yes No

Input grid specification: 2 4 100 103 0.0166667 0.0166667 ?

Input grid altitude (m): 0 ?

Grid file with varying heights: Browse ?

Input name of prediction point file (Gravsoft format): predictions.dat Browse

Blocked computations

Use blocked computations? Yes No

Block boundaries: 2 4 100 103

Size of blocks in latitude and longitude: 1 1

Minimum number of obs. in central block: 3 ?

Borders in latitude and longitude: 0.6 0.6

Running options. Working in C:\geocol\pyGravsoft\pyGravsoft-273

Name of file to hold result: ofile Save as

Quit Write settings Run program Help

← kovariancia modell megadása

← adatok 1.

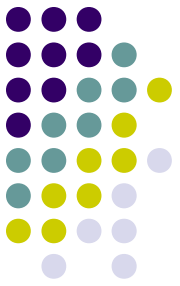
← adatok 2.

← predikció típusa

← rács/pontbeli adatok számítása

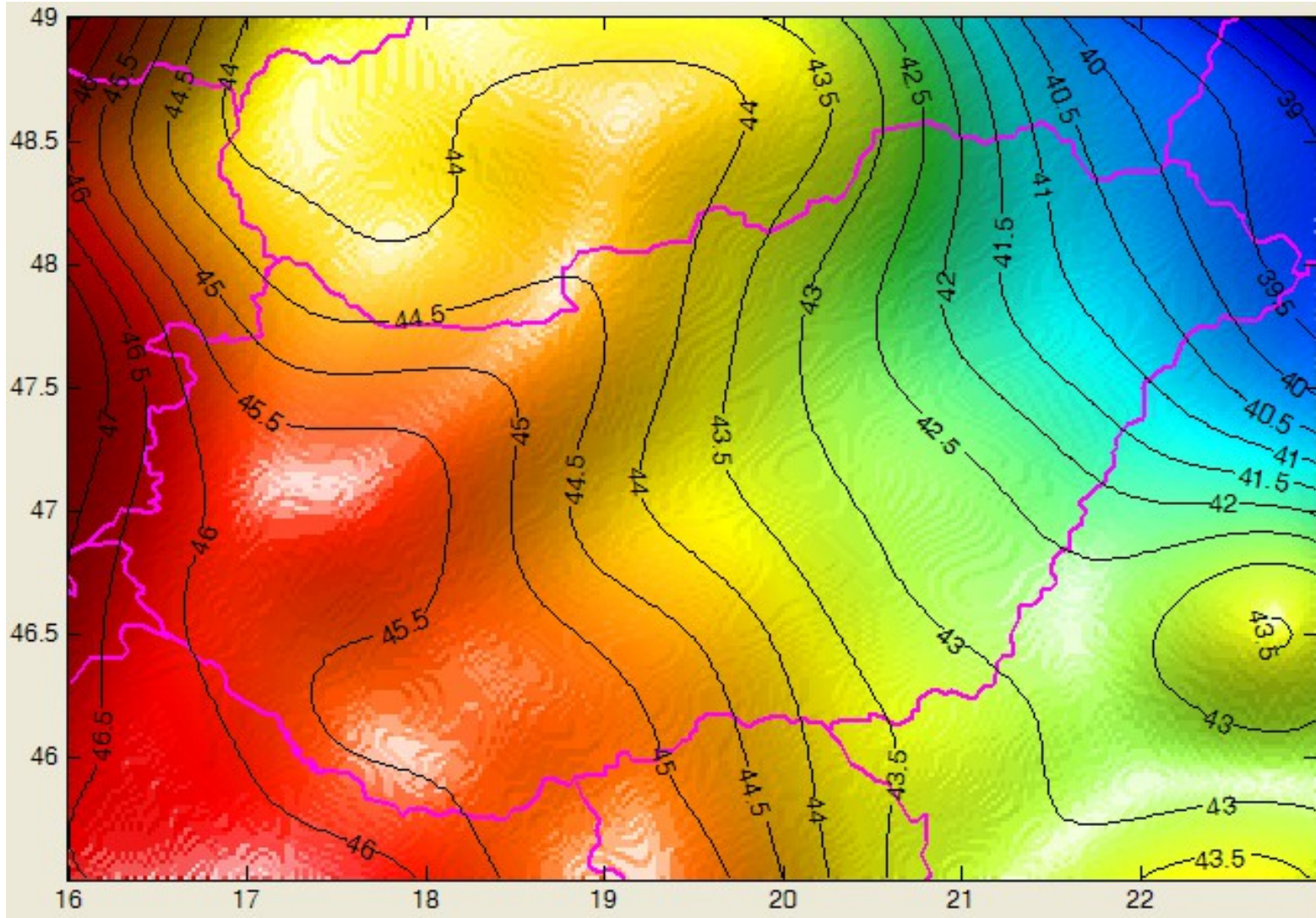
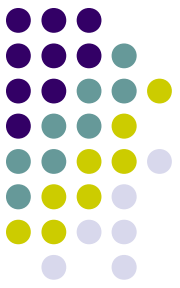
← kapcsolt blokkok számítása

Egy példa: a HGTUB2000B geoidmeghatározás lépései

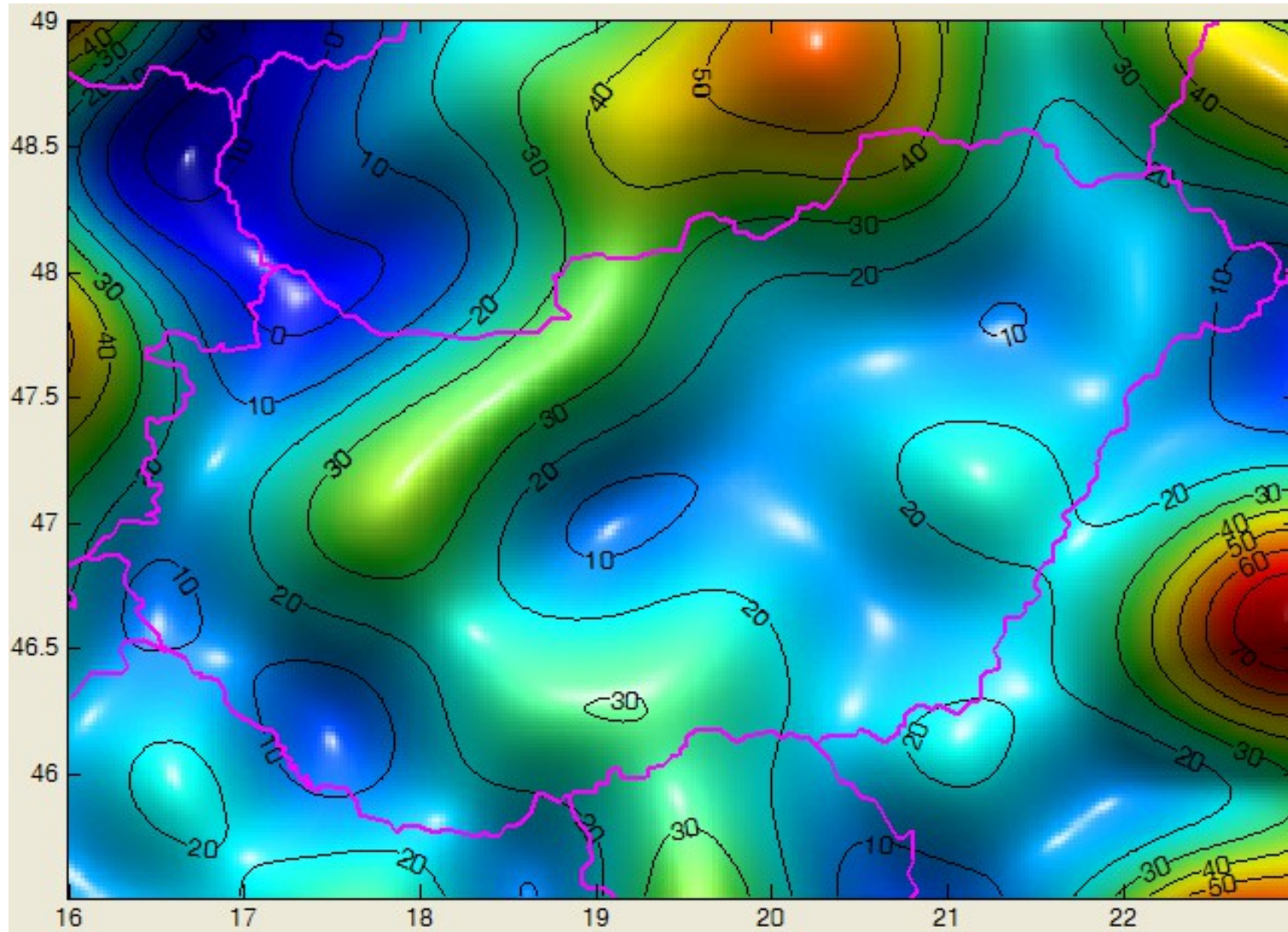
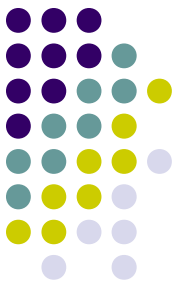


- EGM96 geopotenciális modell (GRAVSOFTHARMEXP):
 - geoidundulációk (egm96.n)
 - nehézségi rendellenességek (egm96.g)
- Faye anomáliákat redukáljuk
 - geopotenciális modellel (dgfreet.grd)
 - terepi korrekcióval
- Maradék geoidunduláció FFT-vel (FFTGEOID)
 - Indirekt hatás hozzáadása
 - EGM96 geoidundulációk hozzáadása

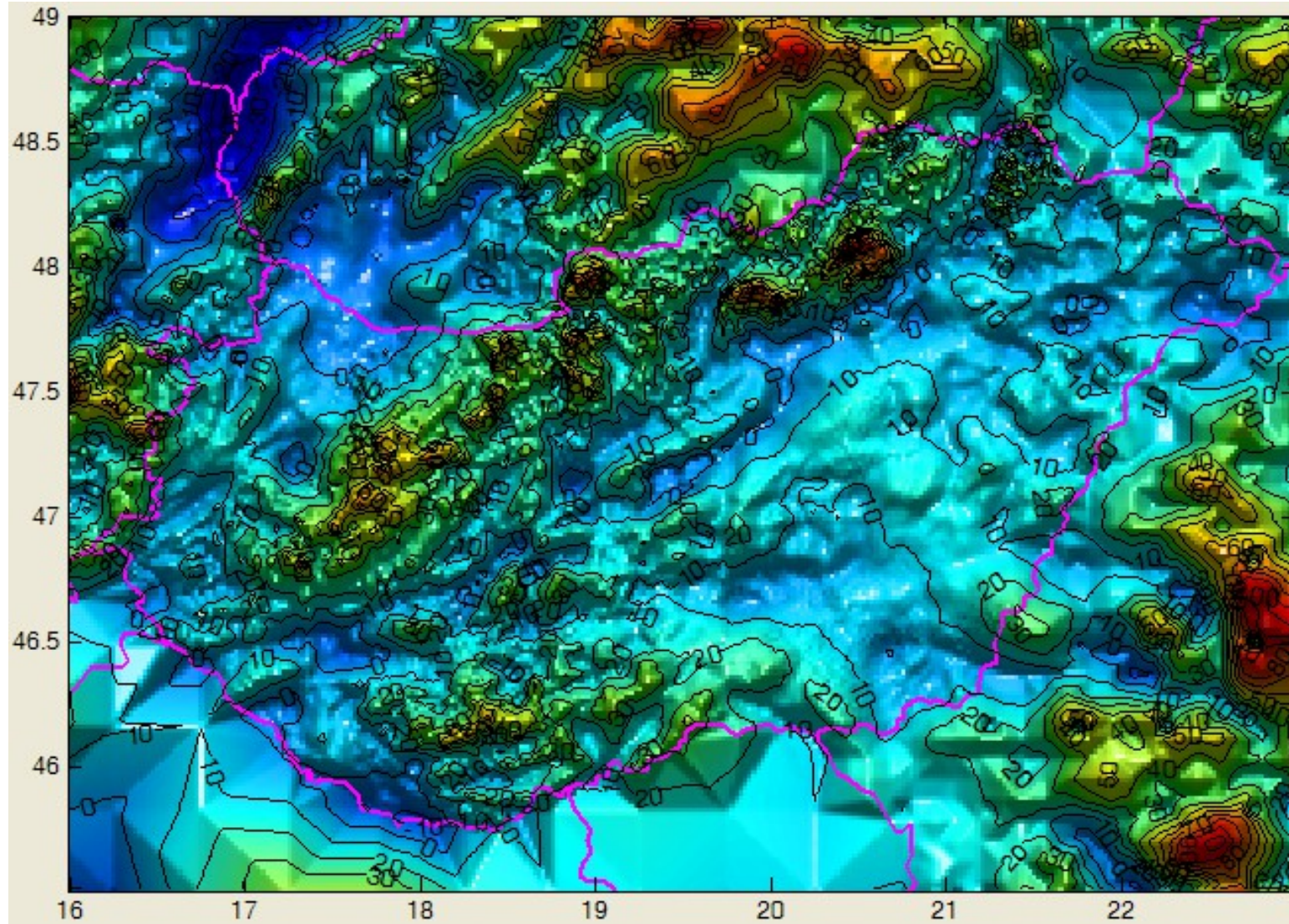
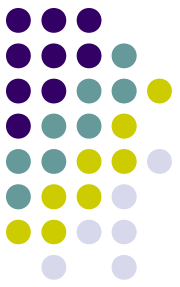
EGM96 geoidundulációk (m)



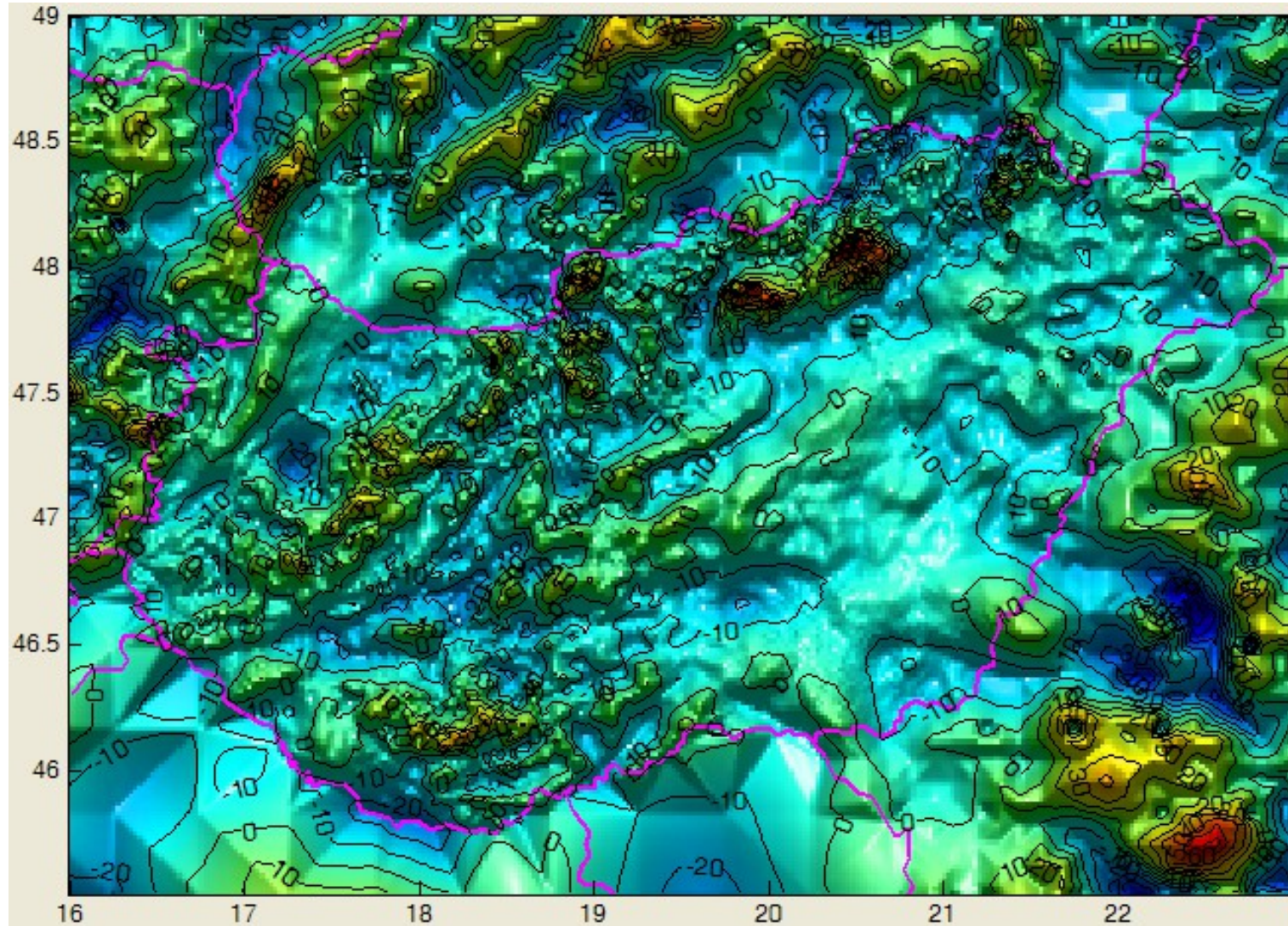
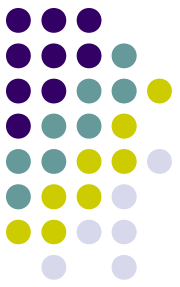
EGM96 nehézségi rendellenességek (mGal)



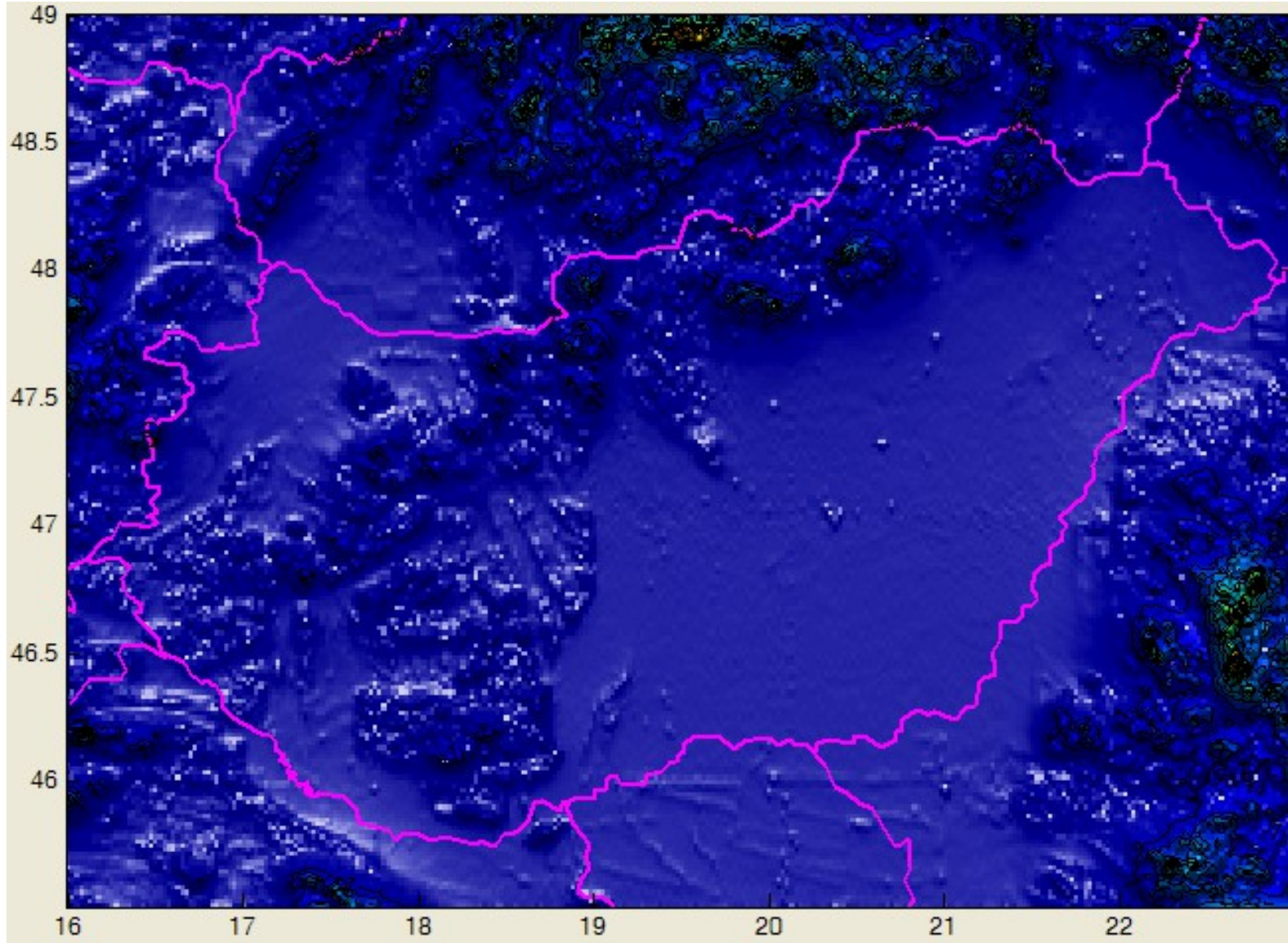
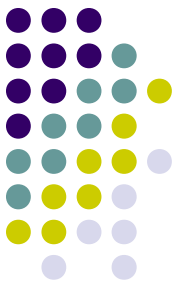
Faye nehézségi rendellenességek (mGal)



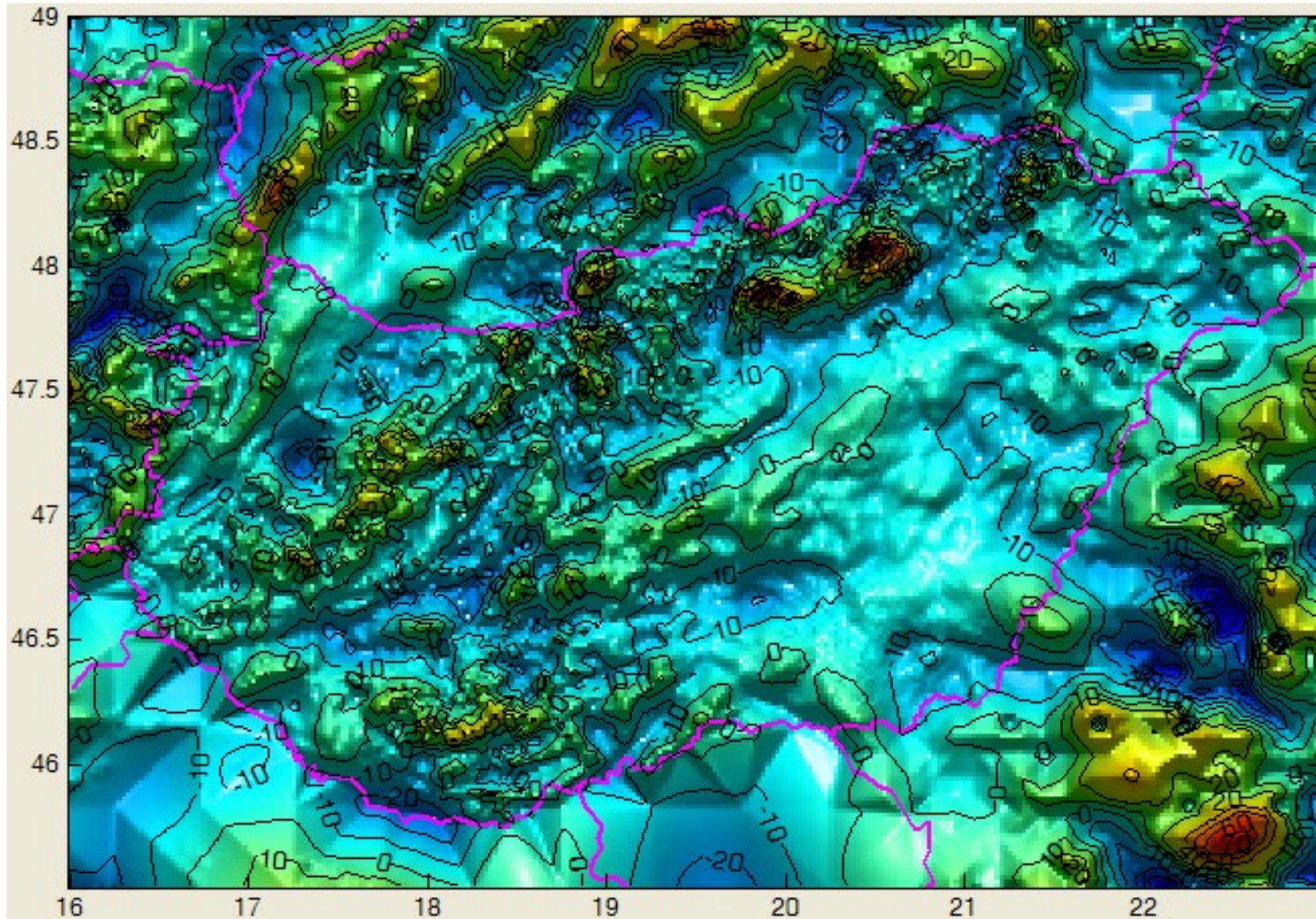
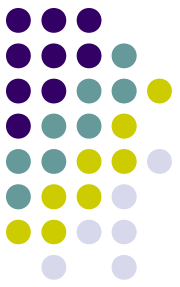
EGM96 redukált Faye nehézségi rendellenességek (mGal)



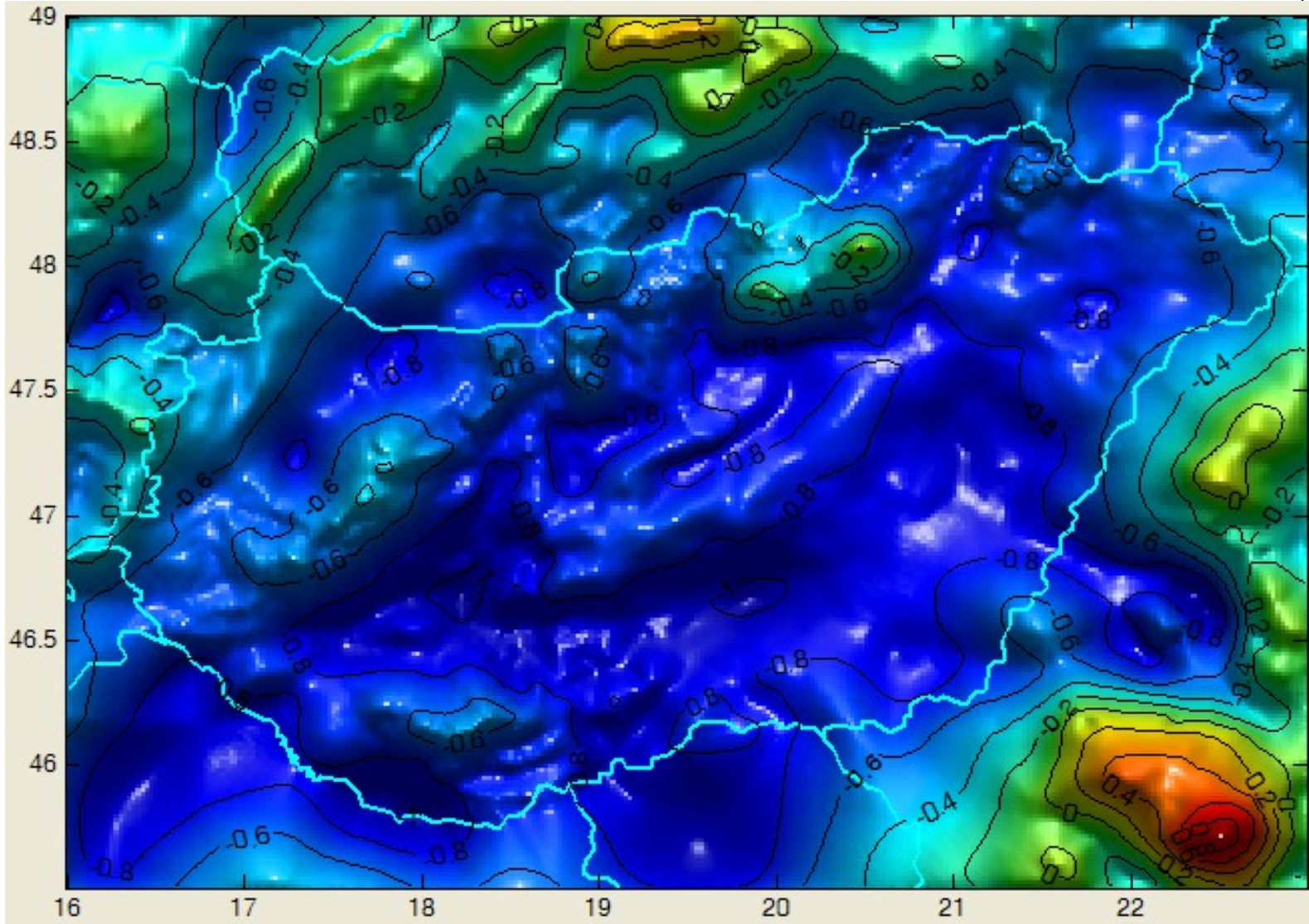
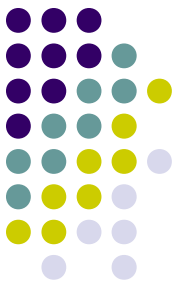
Terepi korrekciók (mGal)



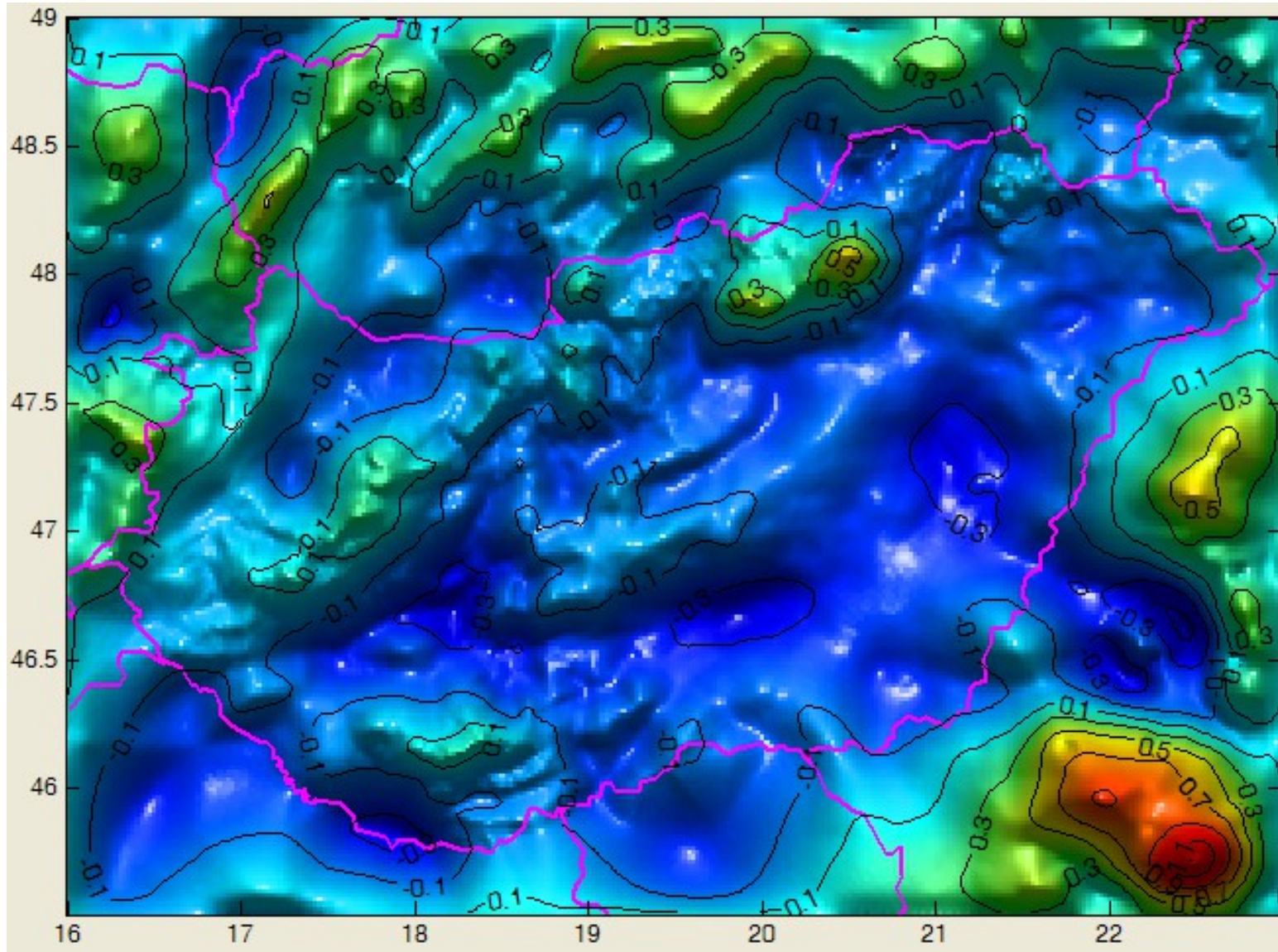
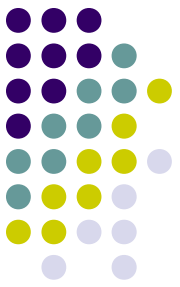
Terepi korrekciókkal redukált Δg (mGal)



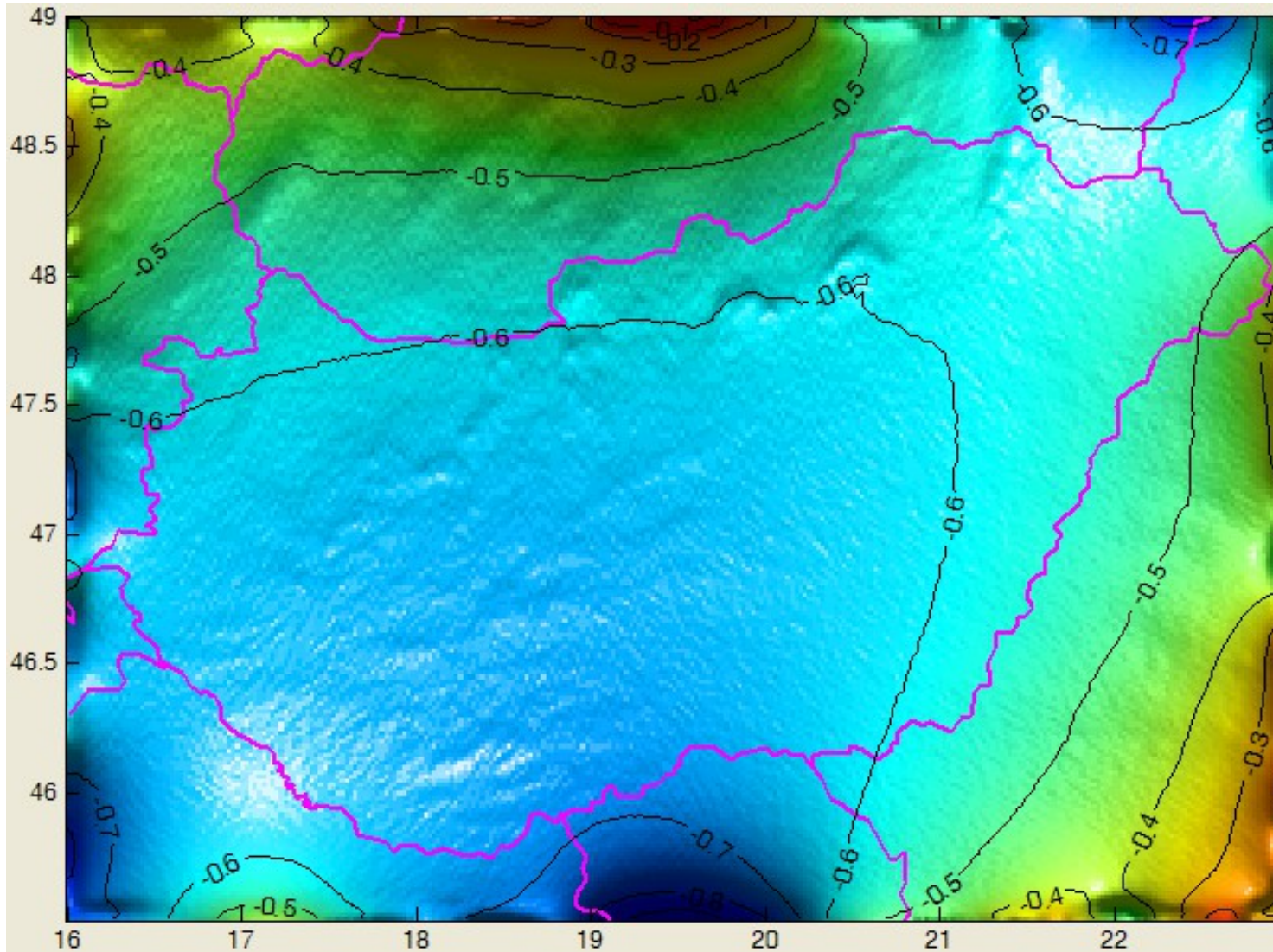
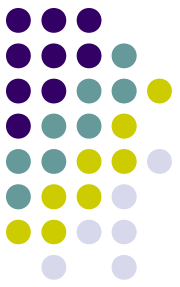
Maradék geoidunduláció FFT-vel (m) – FFTGEOID (Y. Li)



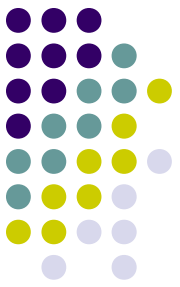
Maradék geoidunduláció FFT-vel (m) - GEOFOUR



Maradék geoidundulációk különbsége (m) a két programmal

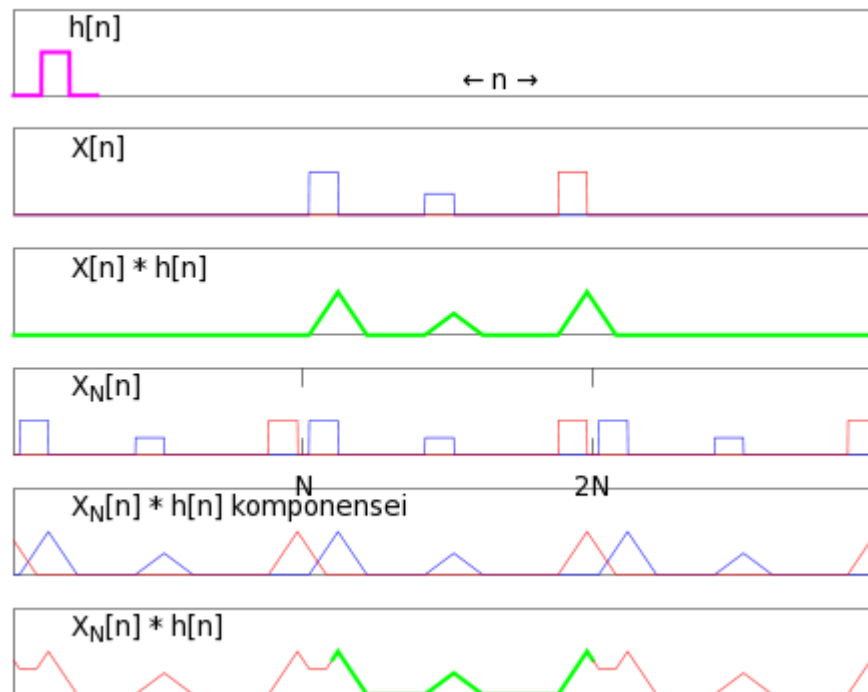


Az eltérések oka

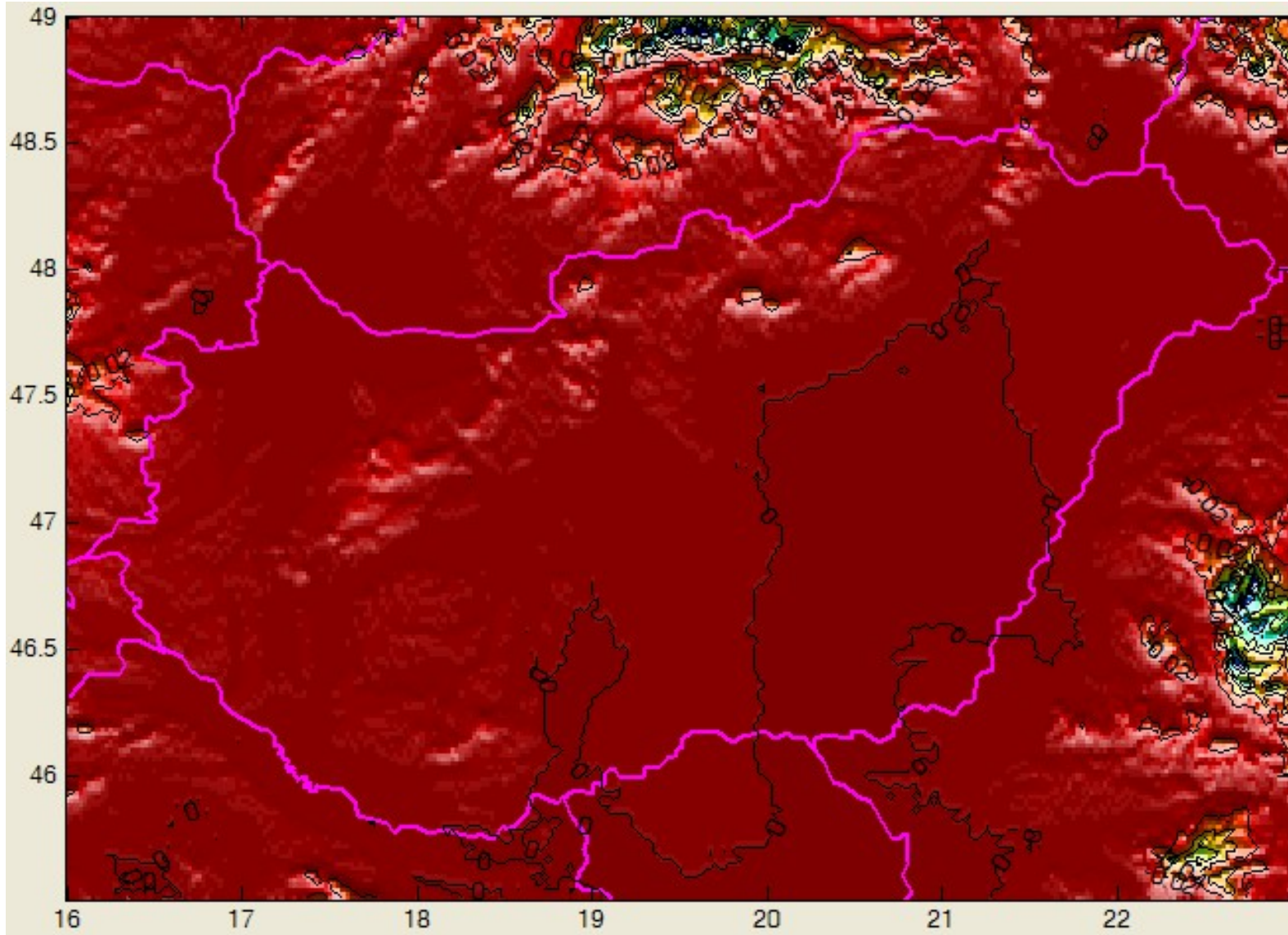
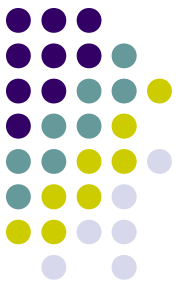


- A GEOFOUR program nem bővíti ki a nehézségi rendellenességek tömbjét 50% zérussal az ún. **körkonvolúció** elkerülésére
 - a széleken az adatok „összefolynak”
 - a számított geoidmagasságok torzulnak

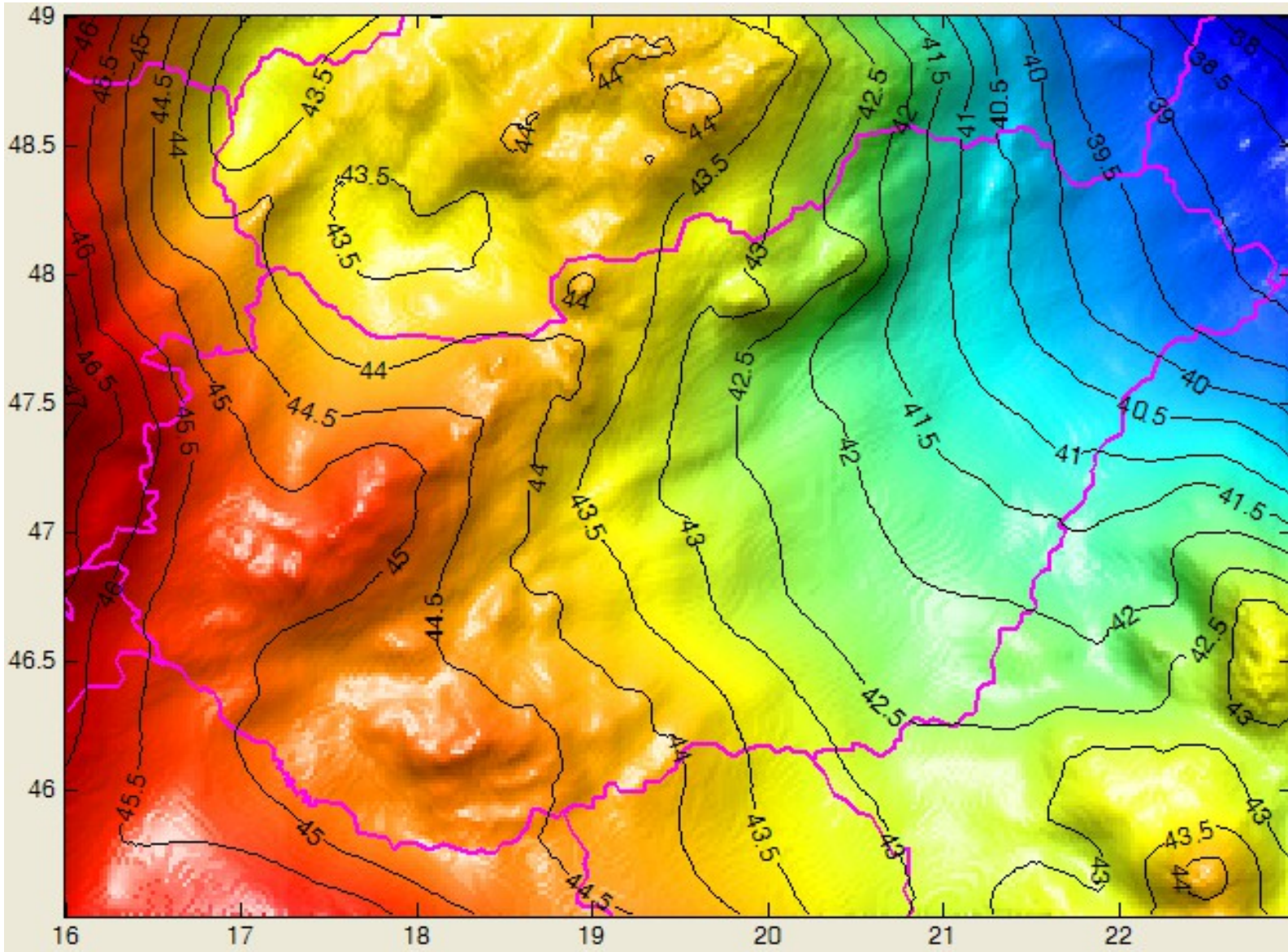
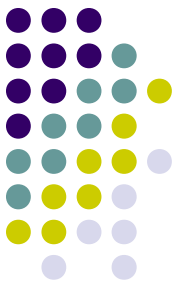
Körkonvolúció példa

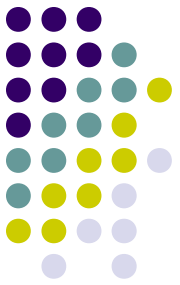


Indirekt hatás (m)



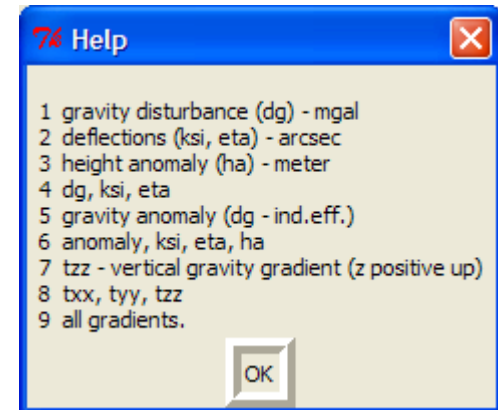
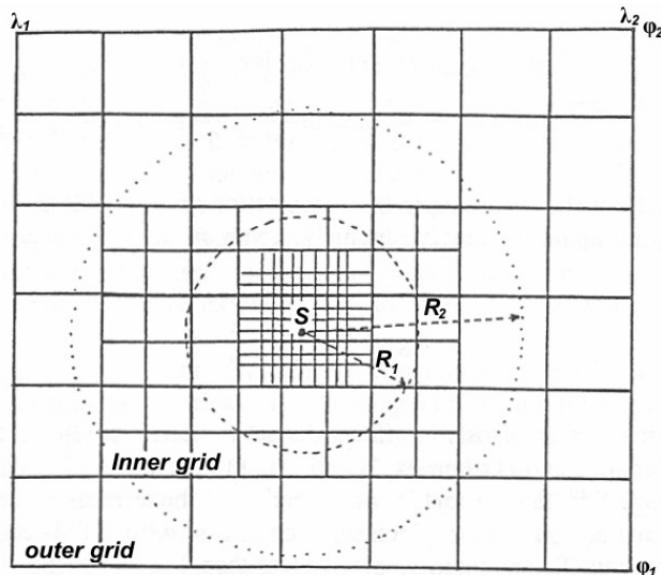
Kész geoidmegoldás (m)



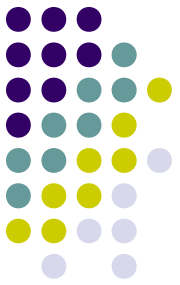


Terephatás számítása

- TC, TCFOUR (GRAVSOFT)
 - terephatást számít mindenféle gravimetriai mennyiségre
 - prizma integrálás



Terephatás számítása TC-vel



TC - Compute terrain effect on gravimetric quantities

Station list file:	stations.dat	Browse
Detailed elevation grid file:	dtmfile1.gri	Browse
Coarse elevation grid file:	dtmfile2.gri	Browse
Reference elevation grid file:	dtmfile3.gri	Browse
Data type:	5	?
Type of effect:	4	?
Placement of station:	1	?
Type of operation:	1	?
Data column (operation 2 or 3):	2	?
Density:	2.67	?
Maximum window:	40.0 60.0 0.0 10.0	?
Minimum computation distance of inner grid:	40.0	?
Maximal radius of computation	100.0	?

Running options. Working in C:\geocol\pyGravsoft\pyGravsoft-273

Name of file to hold output:	result.dat	Save as
------------------------------	------------	---------

Quit Write settings Run program Help

Help

- 1 topographic effect
- 2 isostatic effec
- 3 terrain corrections
- 4 residual terrain effectcs
- 5 do, using precomputed terrain corrections to dist 'rtc' km (if tc-values are missing, ordinary rtm effects are computed)

OK

Help

- 0 station on terrain, change station elevation
- 1 do , change terrain model
- 2 do , change terrain model in land points only
- 3 station free
- 4 station free, no spline densification (dma special - if topography is above computation level, the terrain effects will be computed at the topography level in both mode 3 and 4)

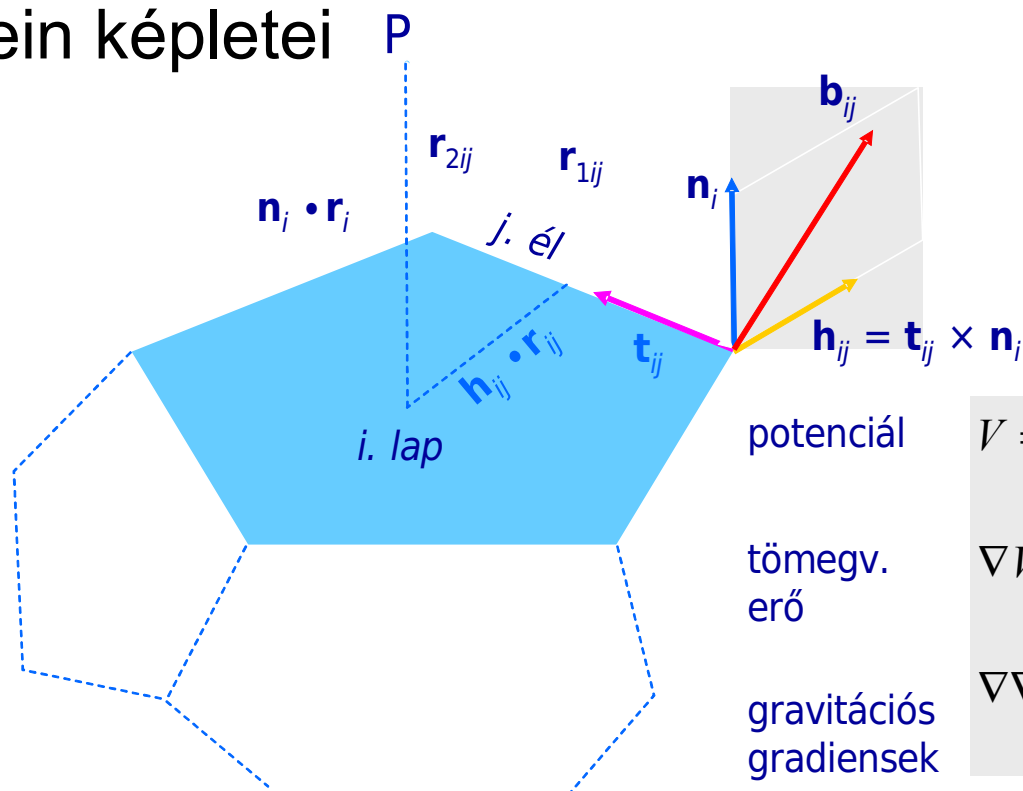
OK

Terephatás számítása poliéder modellből



- PolyGrav

- poliéder tömegmodellből mindenféle gravimetriai mennyiségre terephatást számít
- Holstein képletei



ortonormális bázis:

$$(\mathbf{h}_{ij}, \mathbf{t}_{ij}, \mathbf{n}_i)$$

potenciál

$$V = \frac{1}{2} G\rho \sum_i \mathbf{r}_i \cdot \mathbf{n}_i \sum_j \mathbf{b}_{ij} \cdot \mathbf{r}_{ij}$$

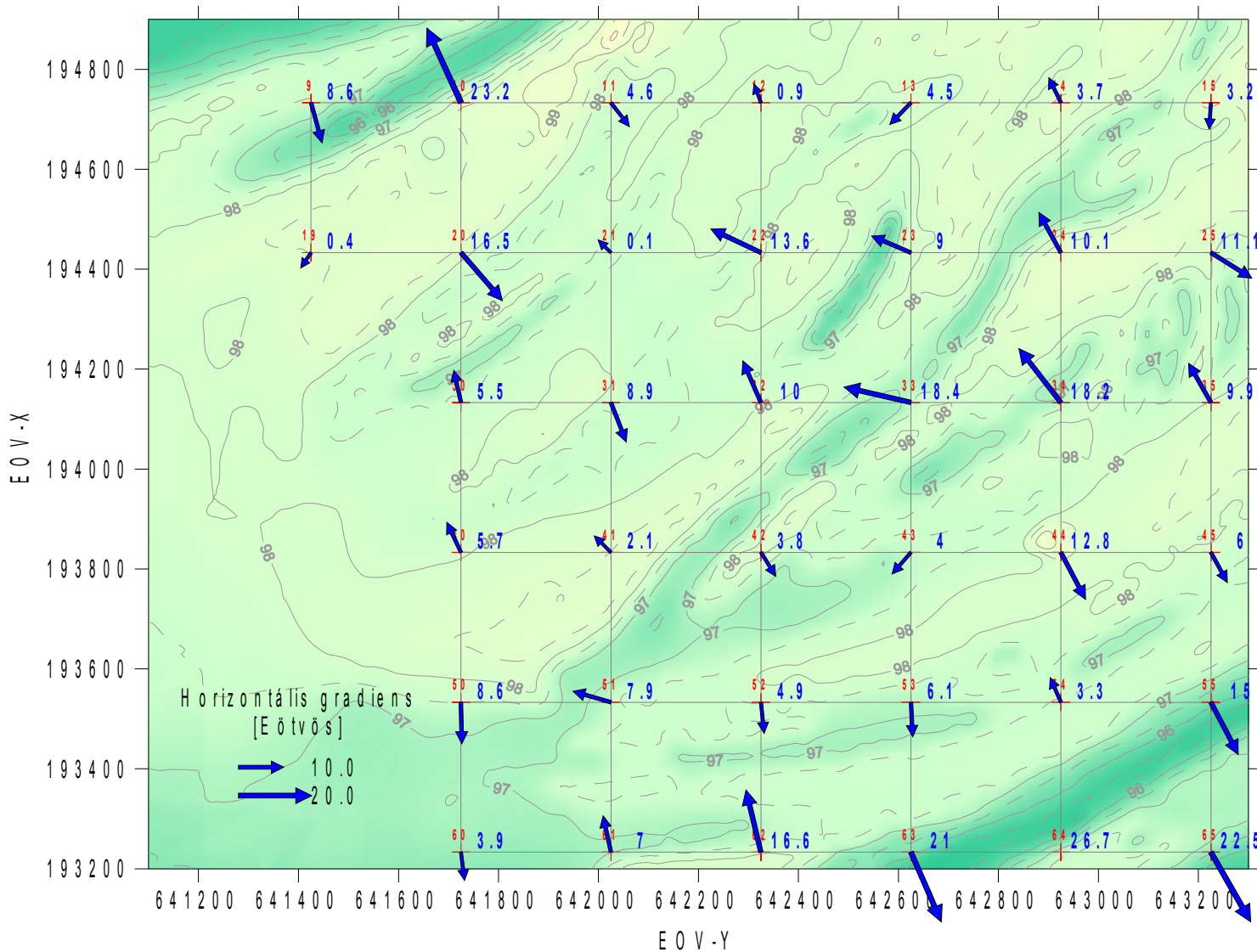
tömegv.
erő

$$\nabla V = G\rho \sum_i \mathbf{n}_i \sum_j \mathbf{b}_{ij} \cdot \mathbf{r}_{ij}$$

gravitációs
gradiensek

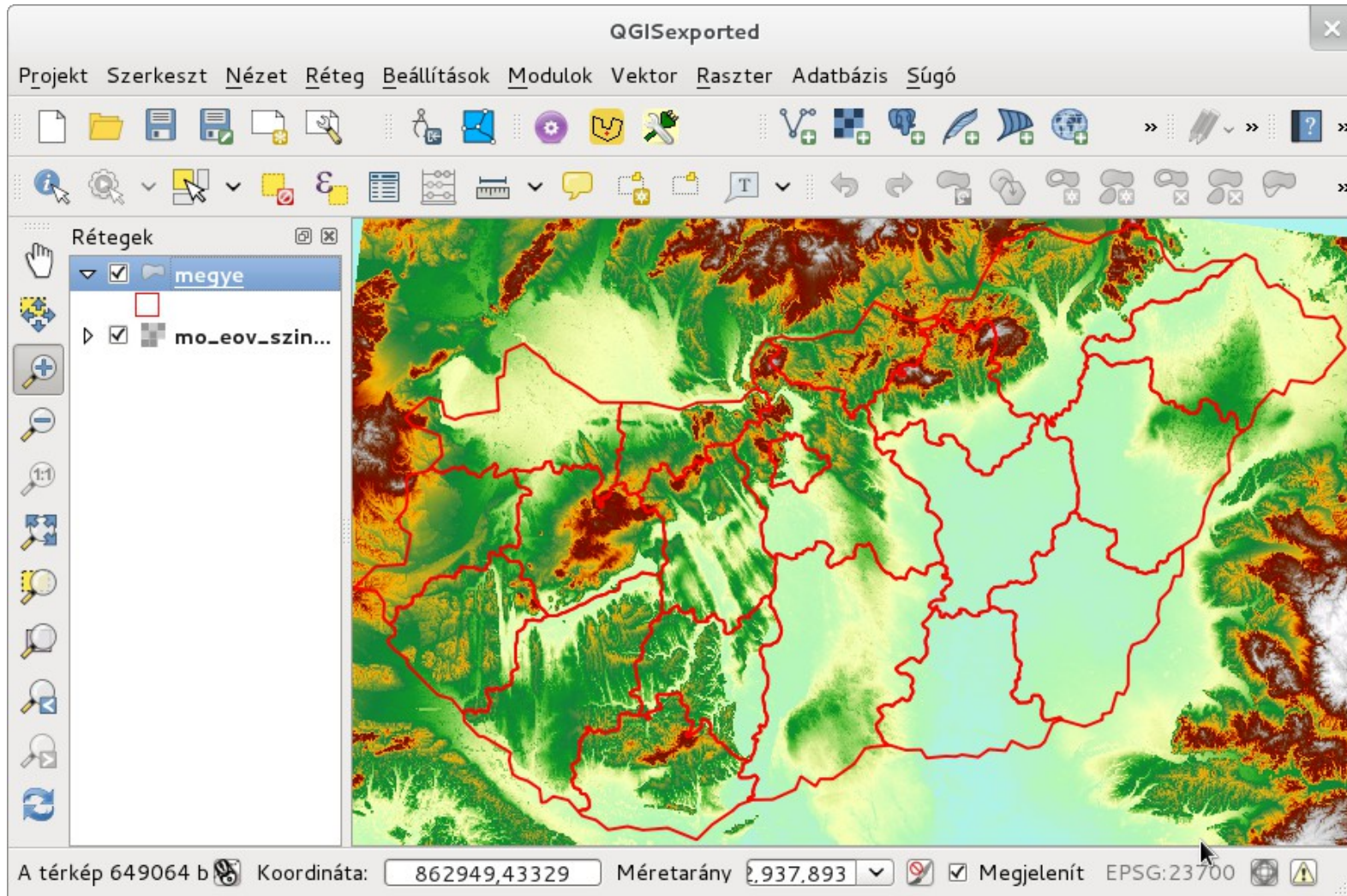
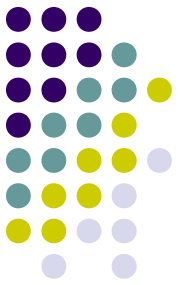
$$\nabla \nabla V = G\rho \sum_i \mathbf{n}_i \sum_j \mathbf{b}_{ij}$$

Példa: terephatás számítása a Makádi teszt területen

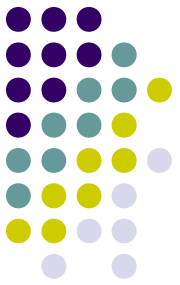


A terephatás a vízszintes gradiensekre 5m-es felbontású DTM-ből

EU-DEM 25 m-es terepmodell www.agt.bme.hu (EOV raszter)



Árapály hatás számítása

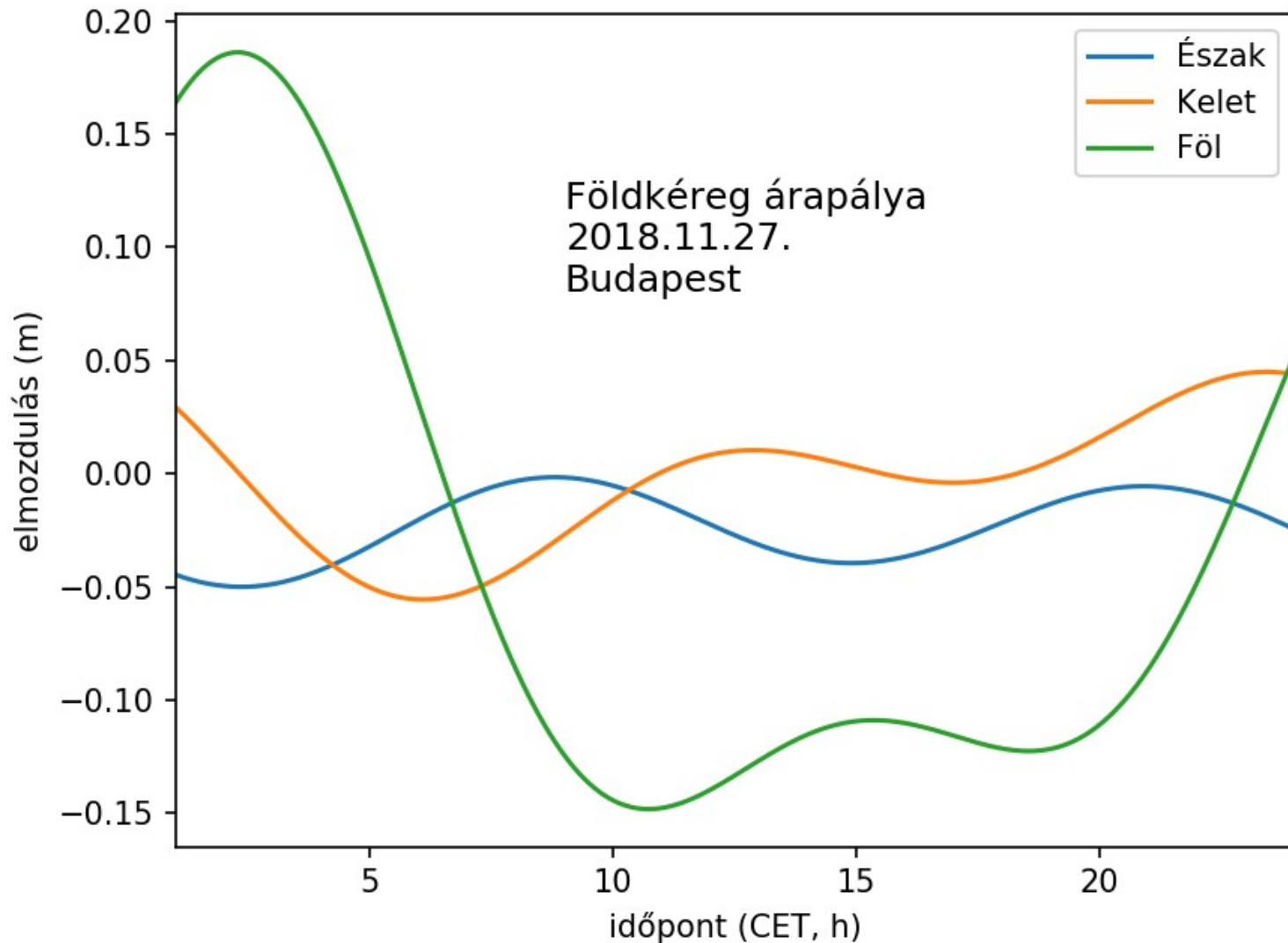


- Tamura (1987) árapály katalógus: 1200 tag
- Hartmann-Wenzel (1995) árapály katalógus: 12935 tag
 - ETERNA 3.4 árapály számító program
 - földforgás
 - óceáni árapály teher hatása a földkéregre
- KSM03 katalógus 28806 taggal (Kudryavtsev, 2004)

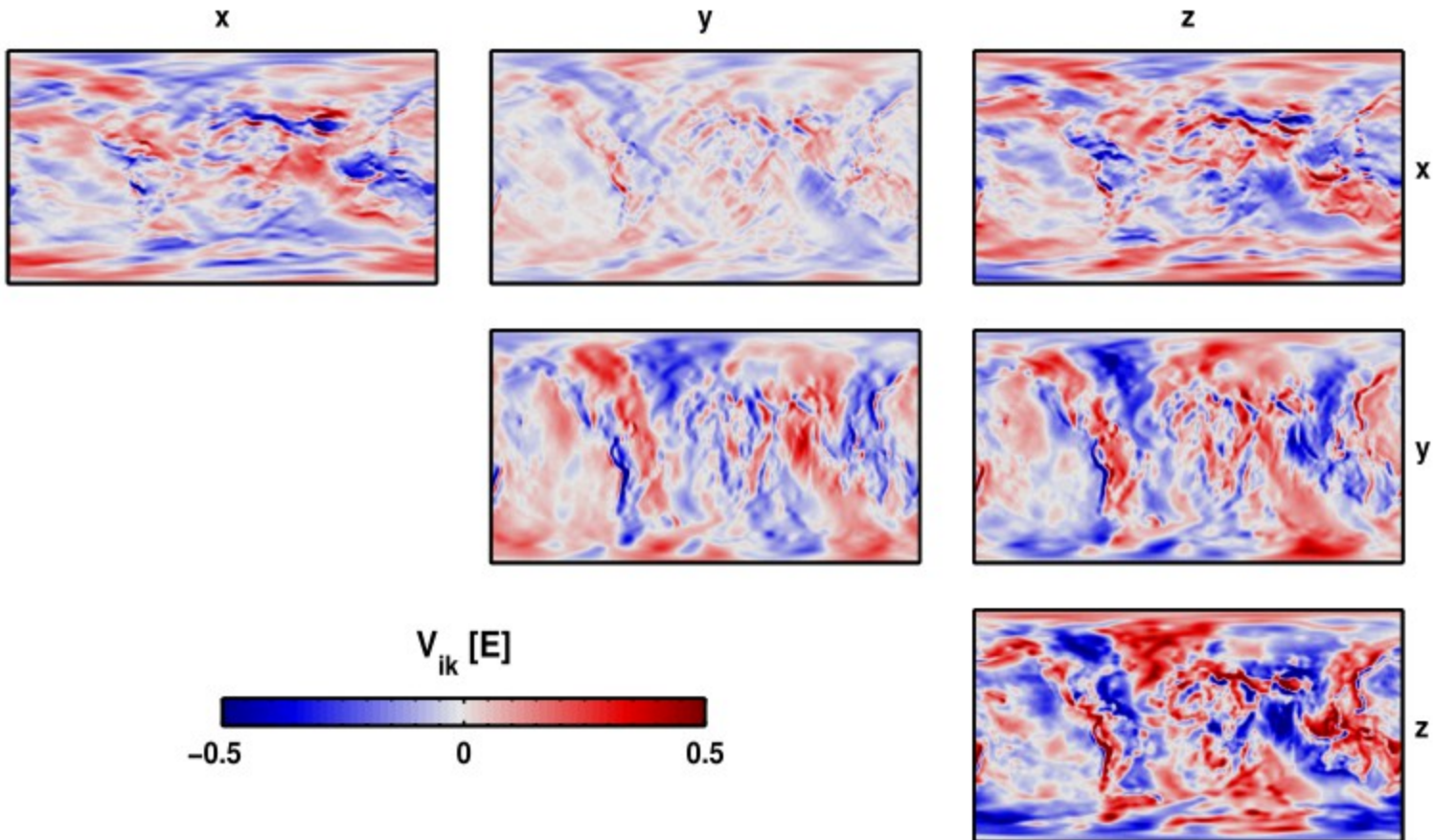
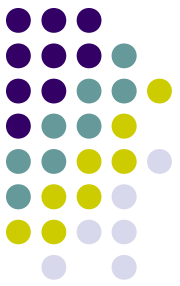
Földkéreg árapálya



<http://geodesyworld.github.io/SOFTS/solid.htm>



Űrgradiometria (GOCE)



GOCE adatok online



ESA GOCE Virtual Archive

Home

GOCE Gravity Models

Full Gravity Gradients and GRIDS

GOCE Level 1b products

[EGG Quality Overview](#)

[SSTI Quality Overview](#)

[Monthly Quality Reports](#)

GOCE Level 2 products

GOCE Commissioning products

GOCE De-orbiting data

Thermospheric Data

VTGoce Data

Changelog

GOCE Level 2 Products

EGG_NOM_2	EGG_TRF_2	SST_PSO_2	SST_AUX_2	EGM_QLK_2I
Current baseline Previous versions	Current baseline Previous versions	Current baseline	Current baseline	Previous versions

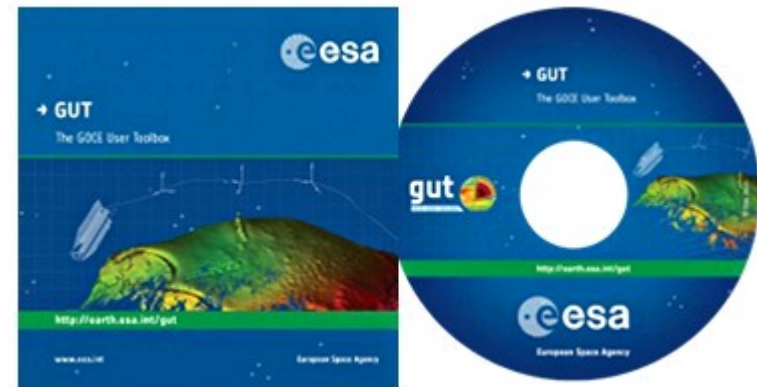
EGG_NOM_2 - Current baseline

- [2009](#)
- [2010](#)
- [2011](#)
- [2012](#)
- [2013](#)

EGG_TRF_2 - Current baseline

- [2009](#)

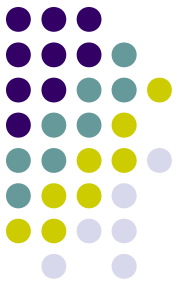
GOCE User Toolbox ESA



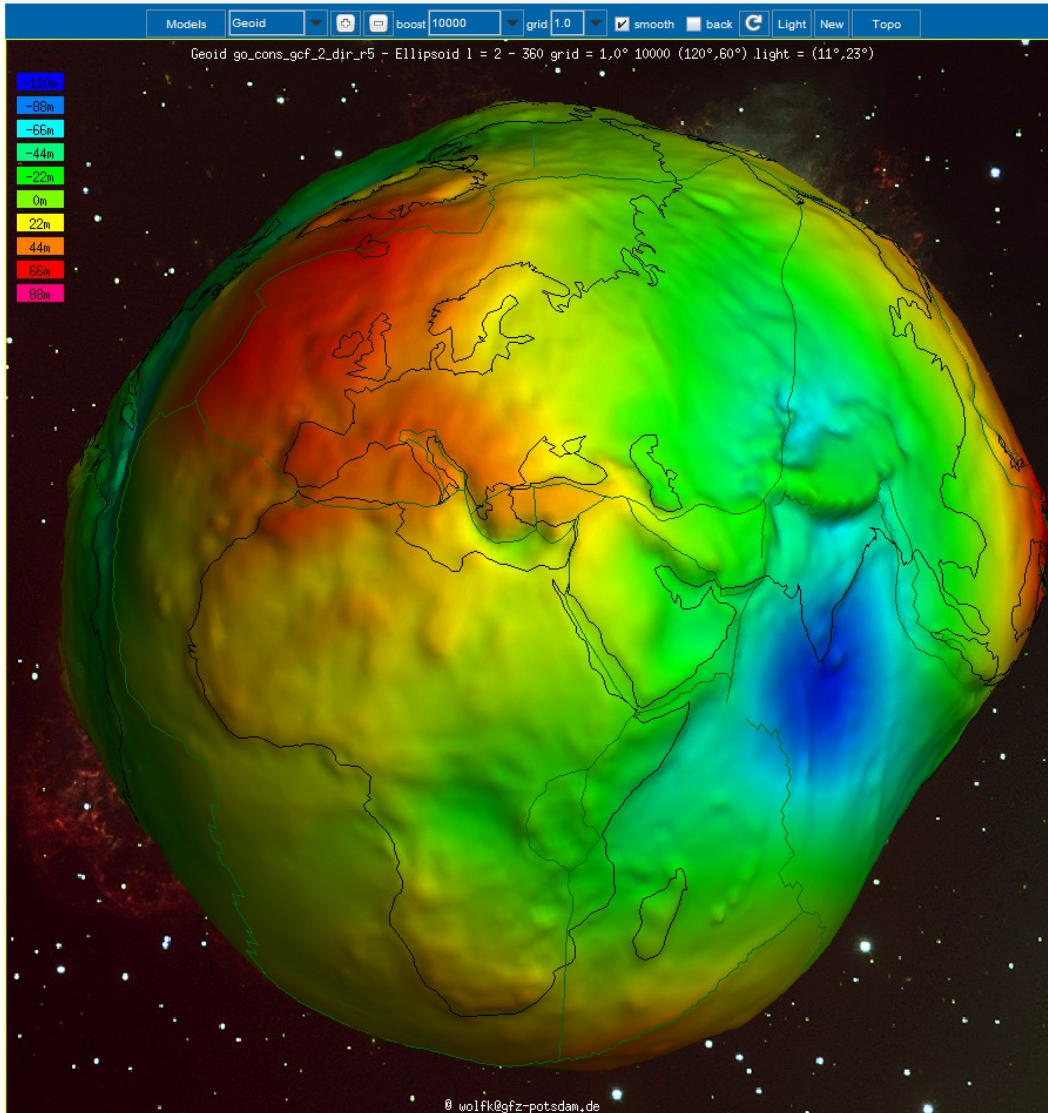
- GOCE User Toolbox (GUT)
 - Level 2 GOCE adatok kezelése
 - geoid, nehézségi rendellenesség, függővonal elhajlás
 - árapály, max. gömbfüggvény együttható fokszám, referencia ellipszoid
 - különböző szűrők, kovariancia mátrix kezelése
 - eredmények összehasonlítása
 - alapja: gömbfüggvény sorfejtés

$$f(\theta, \lambda, r) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{R}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n \bar{P}_{nm}(\cos \theta) [\Delta C_{nm} \cos m\lambda + \Delta S_{nm} \sin m\lambda]$$

5. generációs GOCE geoid



GOCE adatokból számított 5. generációs modell



ICGEM

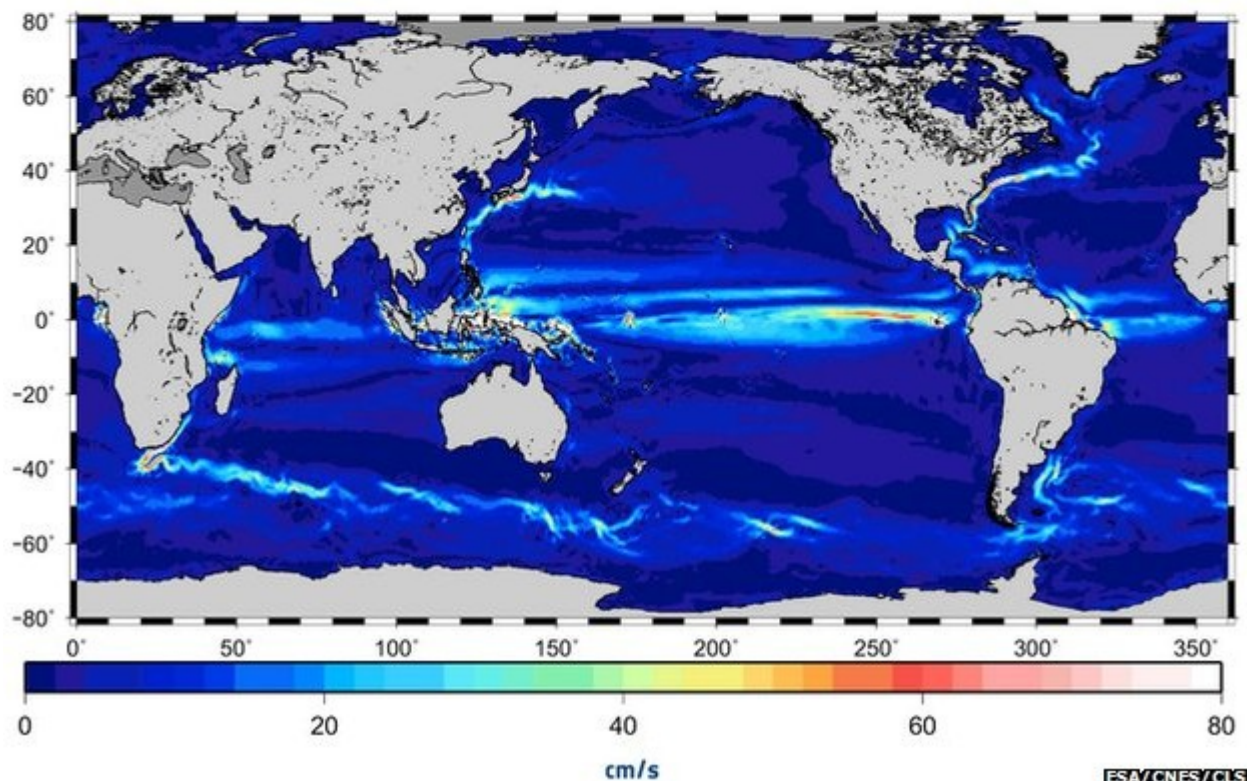
<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>

25 November 2014 Last updated at 12:37 GMT

Goce gravity map traces ocean circulation

By Jonathan Amos

Science correspondent, BBC News



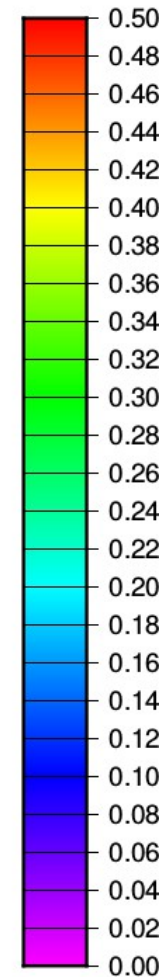
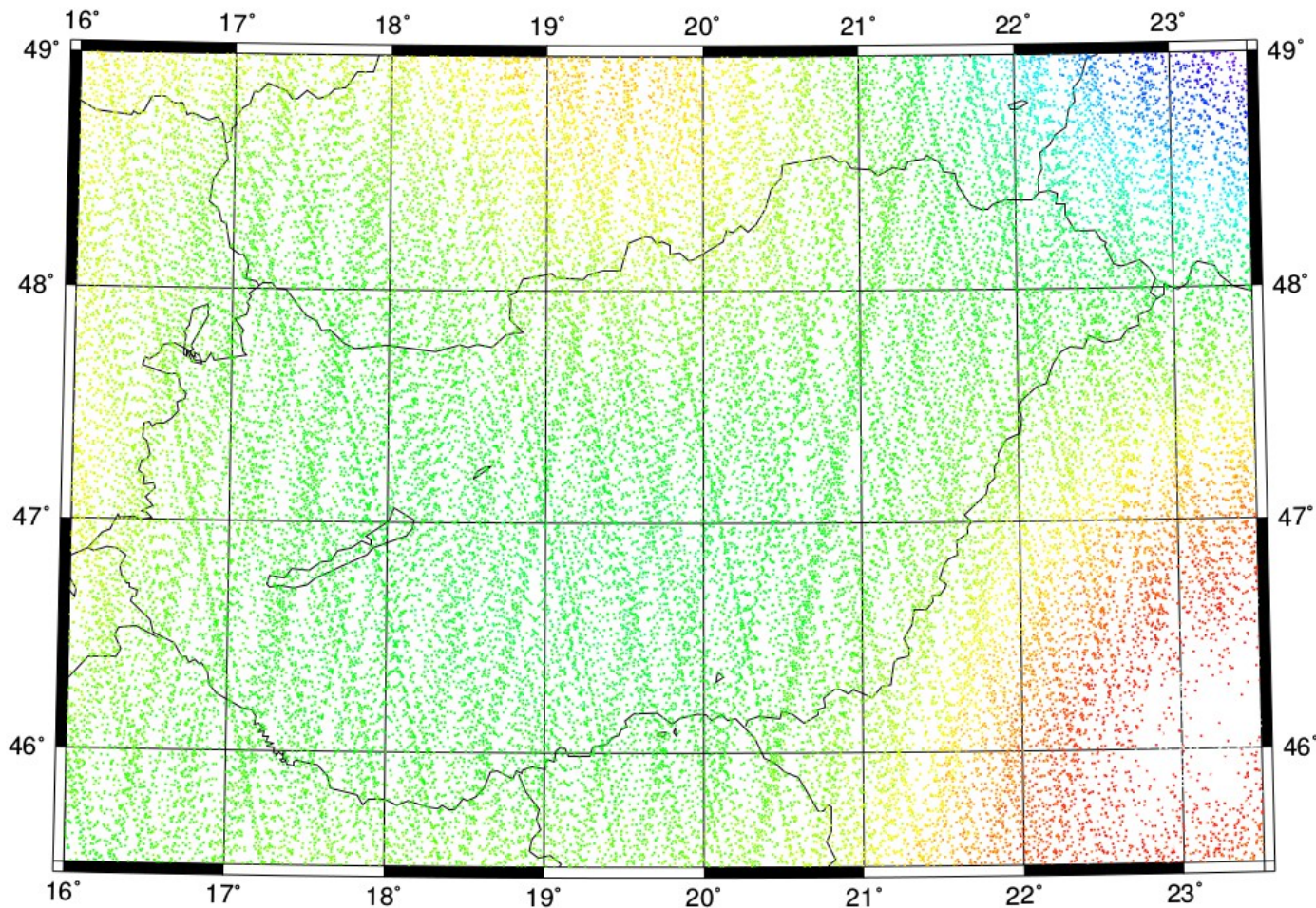
A GOCE segítségével készítették el az eddigi legpontosabb térképet a Föld óceánjainak áramlatairól és sebességükről. Úszóbóják adataival ellenőrizték és pontosították a műholdas méréseket.

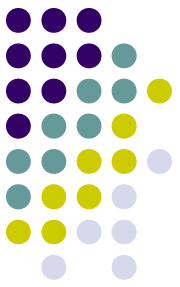


Magyarországra eső GOCE adatok



Vzz – gradients – GOCE





GeoRBF szoftver

- Gömbi radiális bázisfüggvényes geoidmegoldást számol
- Python/NumPy kód (1800 programsor)
 - felhasználható adat típusok
 ζ , Δg , ξ , η , W_{Δ} , W_{xy} , W_{xz} , W_{yz}
 - Reuter rács generálás, kovariancia mátrixok számítása, ábrák készítése

Gömbi radiális bázisfüggvényes geoid megoldás (fokszám: 200-1200)

3.5 óra számítás, 12 GB memória

