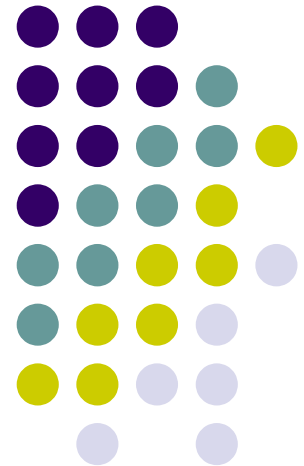


A fizikai geodéziában alkalmazott szoftverek áttekintése

Fizikai geodézia és gravimetria

MSc

2023/24



Áttekintés



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

Számítások geopotenciális modellekkel



- gömbfüggvényysor 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

$N_{\max} = 2190$

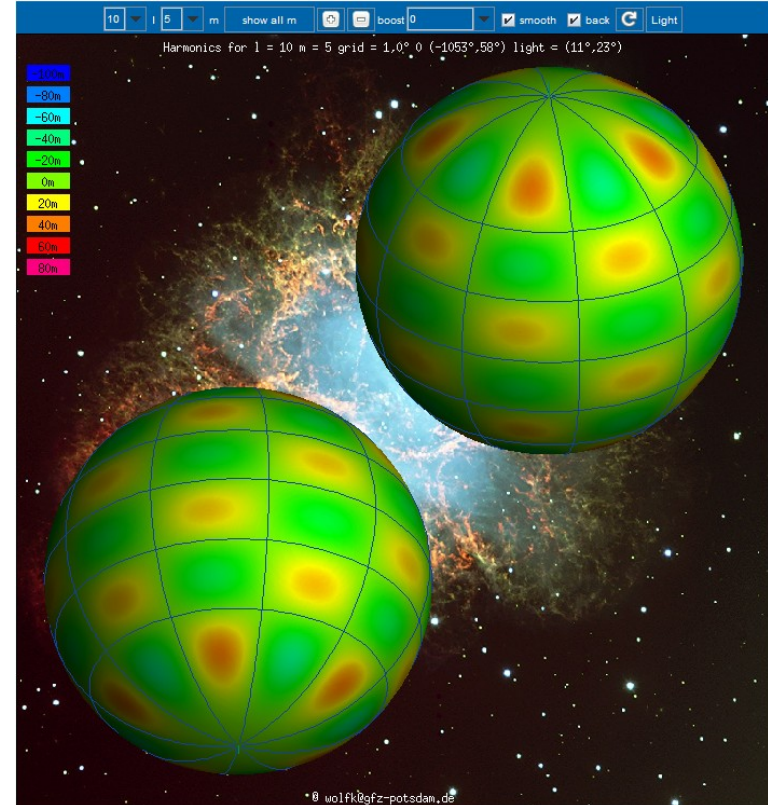
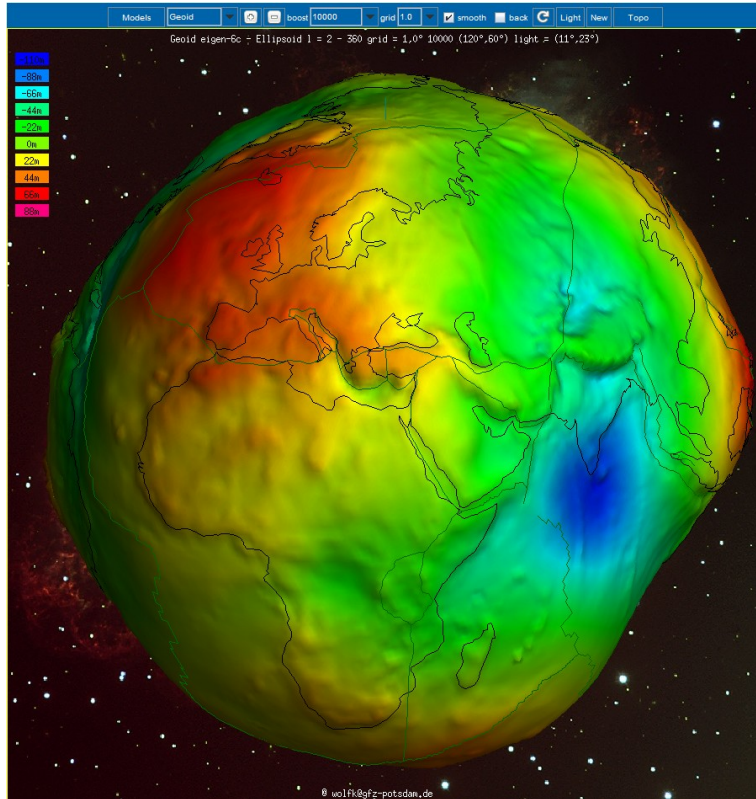
T_{zz} vertikális gradiensek

0.05°-os rácsra 10011 pontban

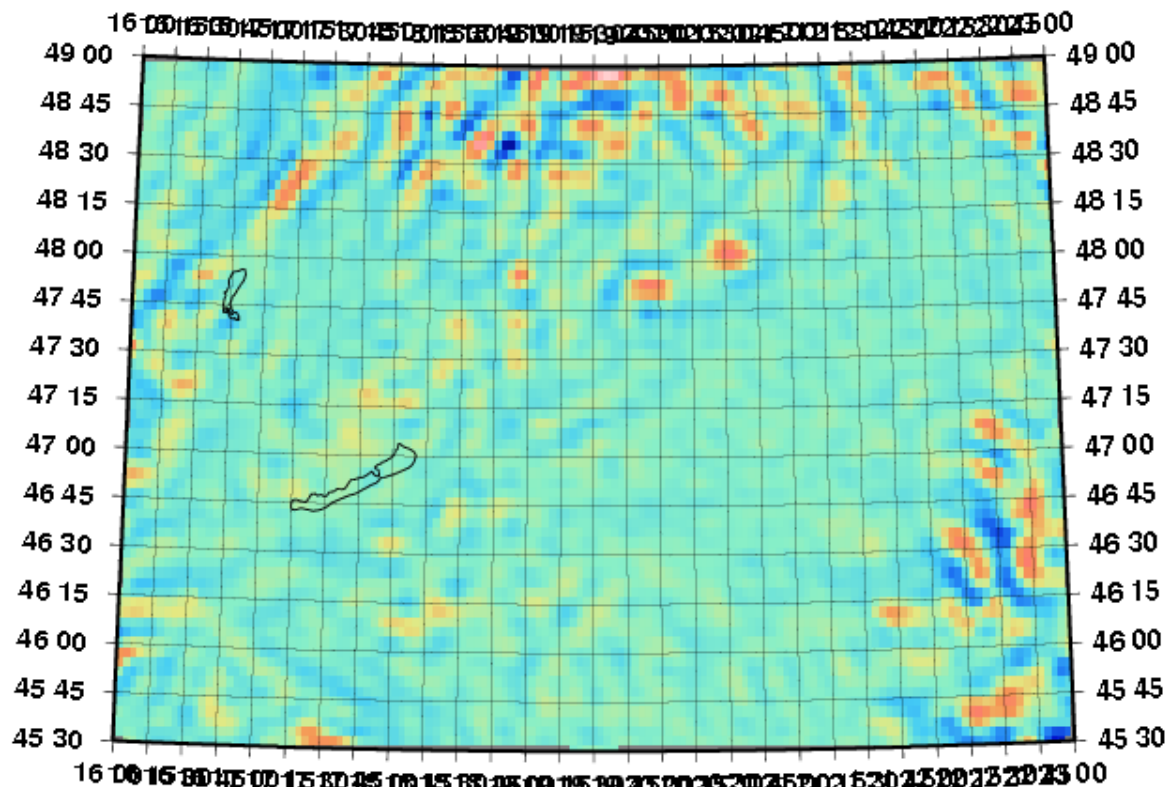
```
generating_institute      gfz-potsdam
generating_date           2014/12/05
product_type              gravity_field
                          body
                          modelname
max_used_degree           2190
tide_system               tide_free
functional                second_r_derivative
zero_degree_term         included
                          unit
                          refsysname
                          gmrefpot
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
                          degree
long_lat_unit             degree
latlimit_north            49.000000000000
latlimit_south            45.500000000000
longlimit_west            16.000000000000
longlimit_east            23.000000000000
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
```

end_of_head	longitude [deg.]	latitude [deg.]	second_r_derivative [Eotvos]
	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
 - 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



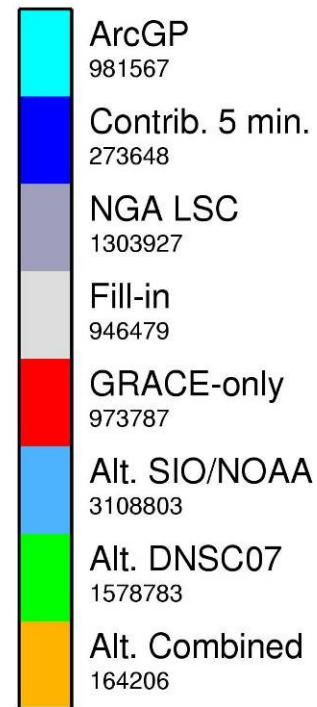
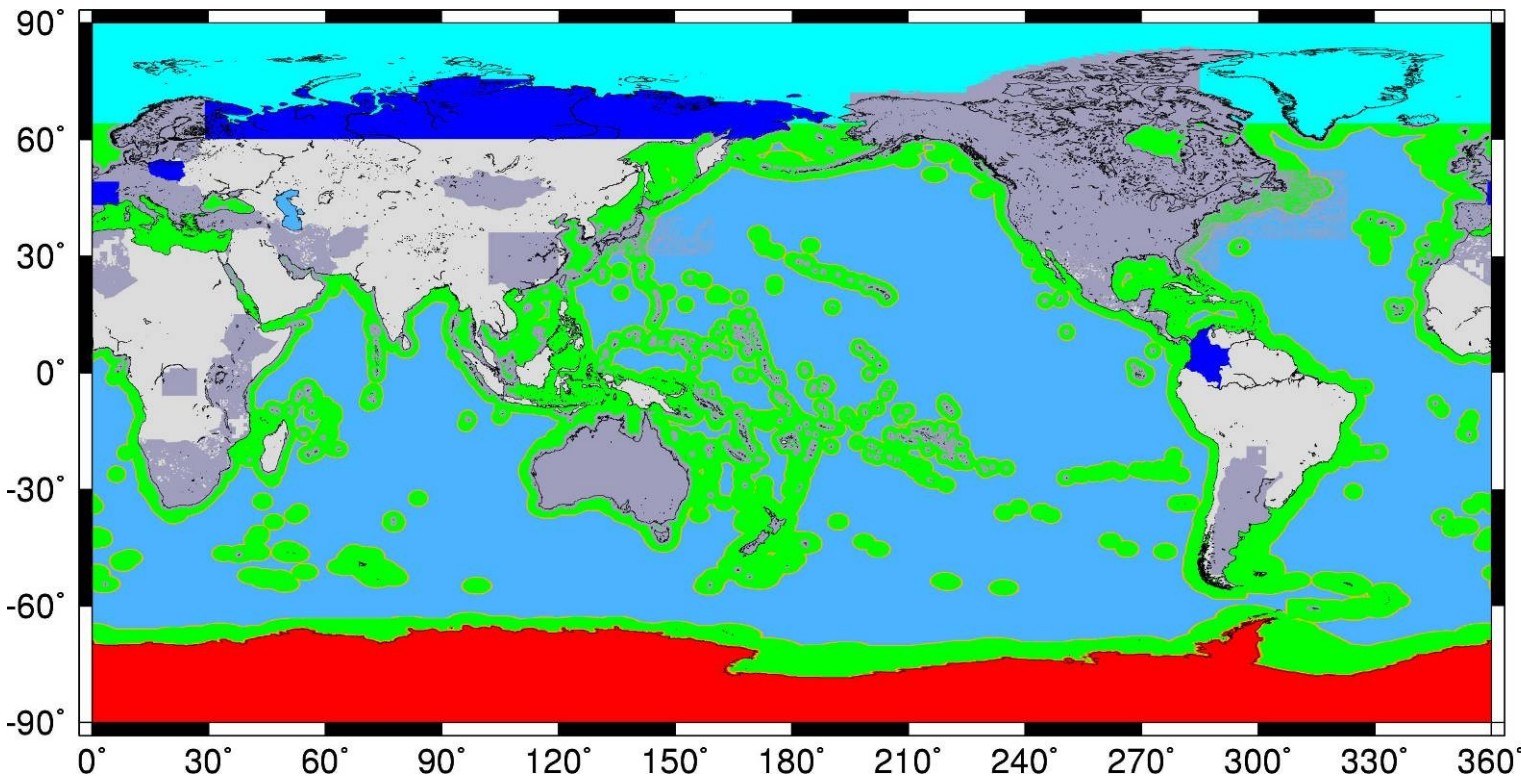
- Az NGA (National Geospatial- Intelligence Agency) modellje
- 2160 fokig és rendig (további 2190 fokig a 2160-nál nem nagyobb rendű tagok)
- 4 802 666 C_{nm} és S_{nm} együttható
- hosszú hullámú összetevők a GRACE műholdak mérései alapján
- 5'x5' felbontású nehézségi adatokat tartalmazó adatbázis

EGM2008 geopotenciális modell

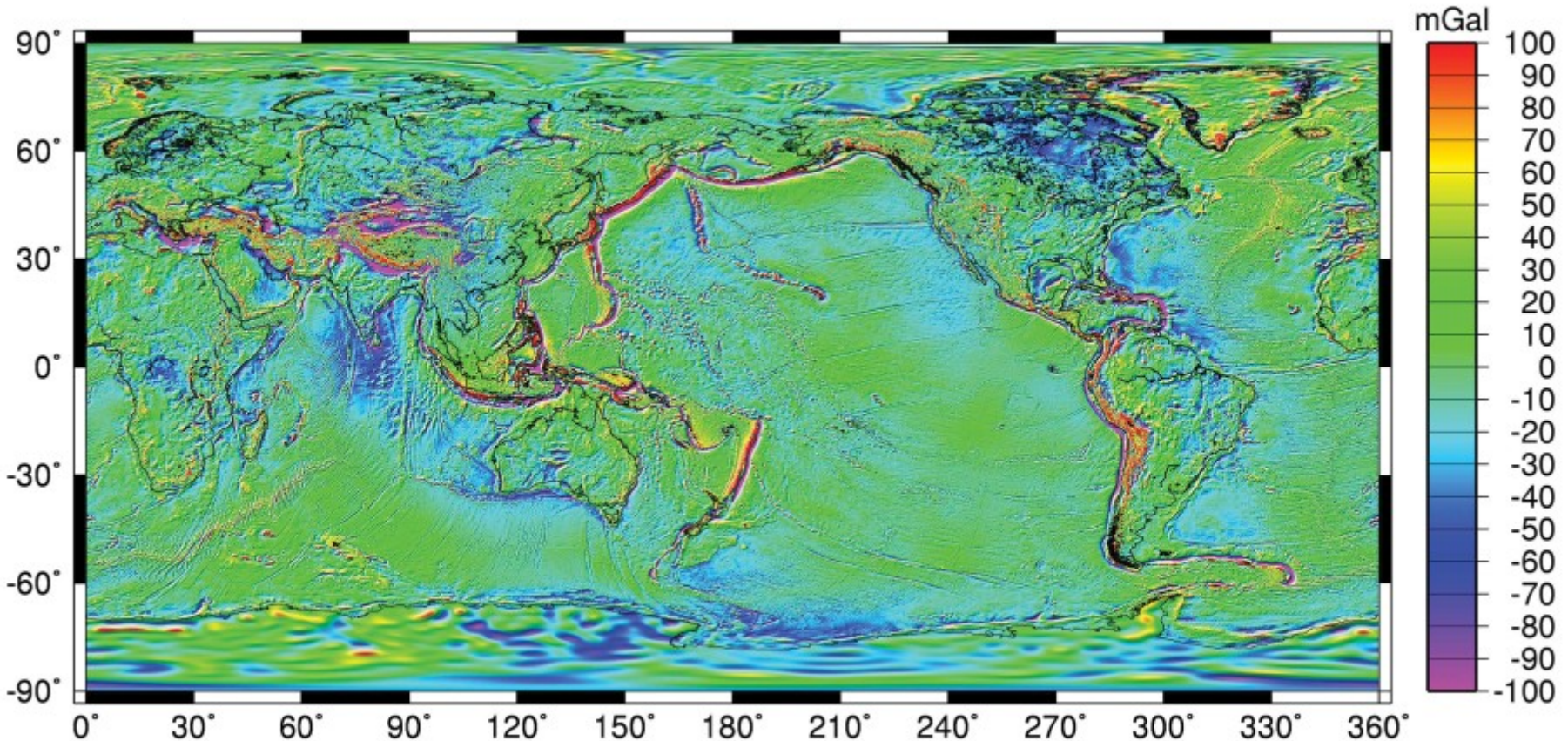


- SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) 30'x30' felbontású topográfiai adatbázis az északi szélesség 60°-tól a déli szélesség 58°-ig
- északi és a déli sarkok környezetében az ICESat mérései
- közepes tengerszint (MSS és DOT) az altiméteres mérésekből a nehézségi rendellenességek számításához

Az 5'x5' nehézségi rendellenességek adatnyerési forrásai



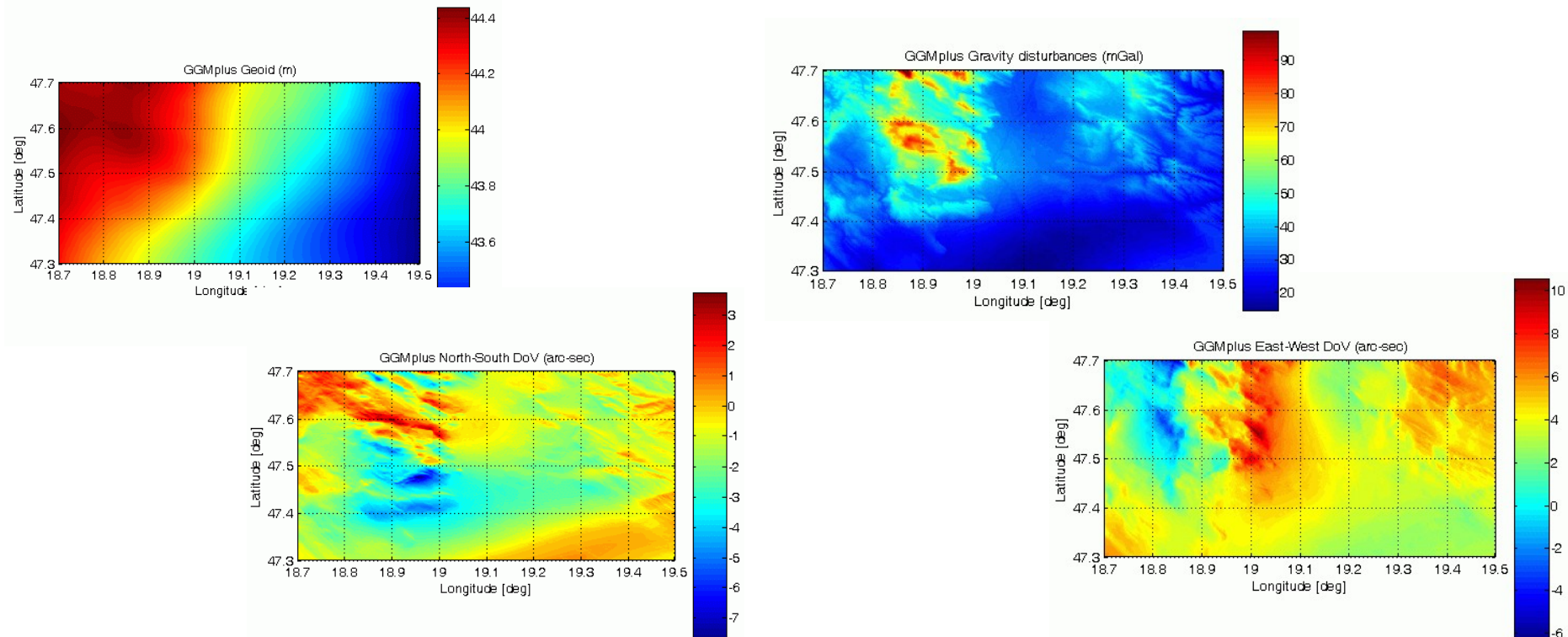
EGM2008 nehézségi rendellenességek



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

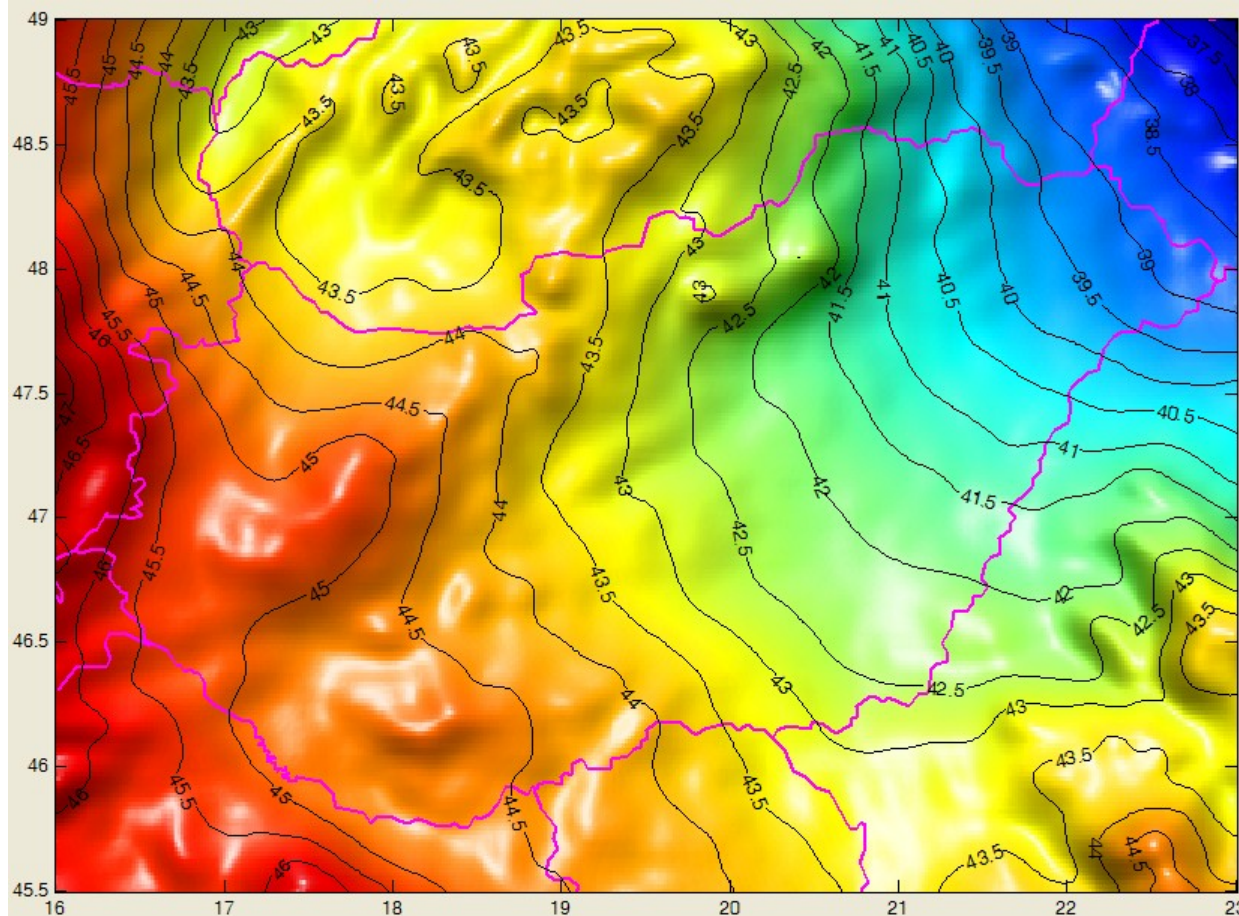


- AllTrans EGM2008 Calculator (Hans-Gerd Duenck-Kerst)
 - pontonkénti és rács számítás
 - különböző felbontású (10', 2.5', 1') input rács

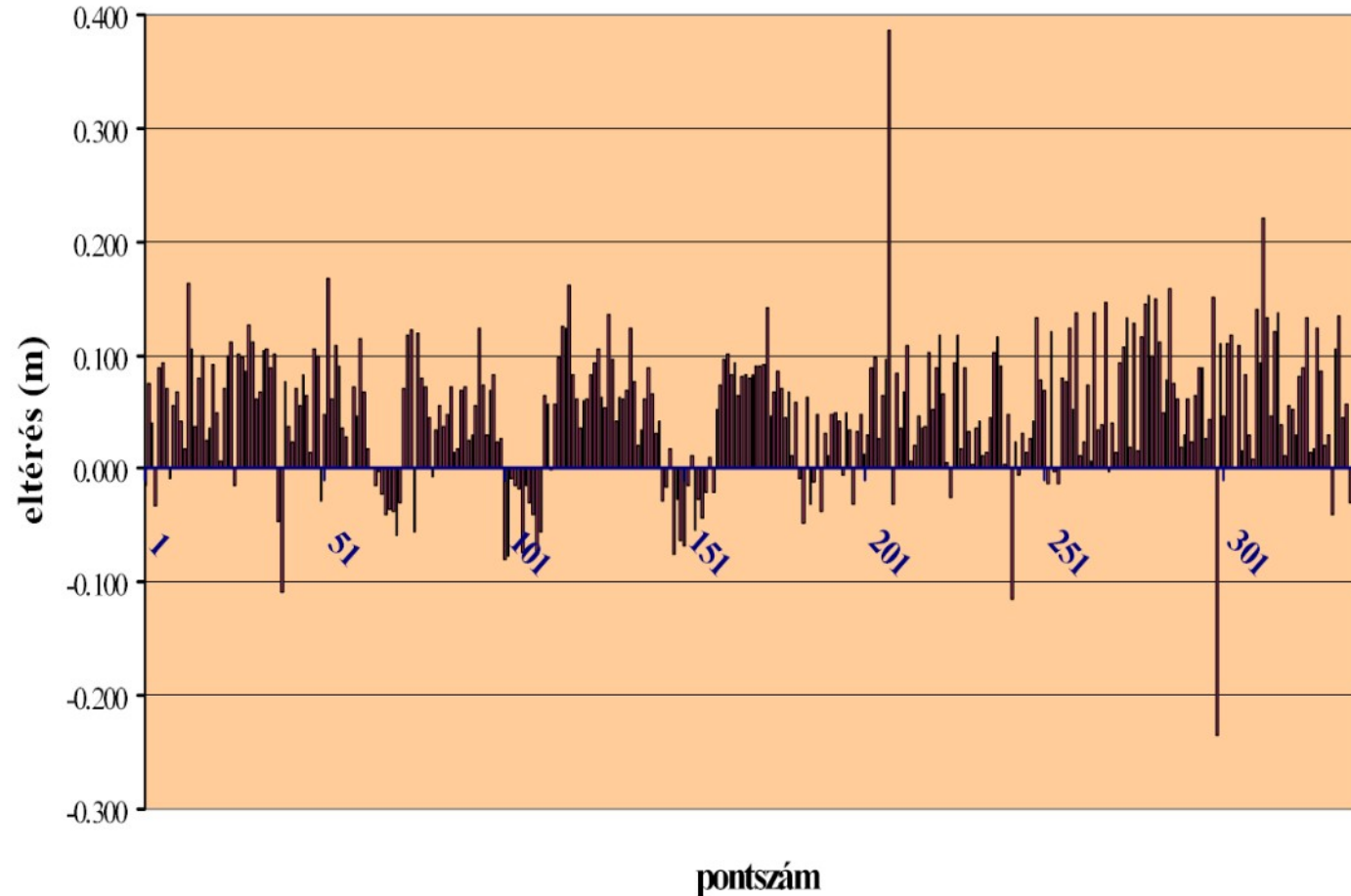
The image shows two windows from the AllTrans EGM2008 Calculator. The left window, titled "EGM2008 Gridmaker", has fields for "Grid-Area" with "Lat. [°]" and "Lon. [°]" inputs, and "Spacing" for "Lat. [°]" and "Lon. [°]". It includes radio buttons for "Bi-Quadratic Interpolation", "Bi-Linear Interpolation", "Triangulation", and "Nearest Neighbour", along with an "Output-File" field and a "View" button. The right window, titled "EGM2008 File Calculation", has "Input-File" and "Output-File" fields, and radio buttons for "Textfile: Lat Lon", "Textfile: Lon Lat", "Textfile: Pt-Number Lat Lon", "Textfile: Pt-Number Lon Lat", "Textfile: GGA from GPS", "Bi-Quadratic Interpolation", "Bi-Linear Interpolation", "Triangulation", and "Nearest Neighbour". Both windows have "Calc!" buttons.

The image shows the main window of the "AllTrans EGM2008 Calculator (c) H.-G. Duenck-Kerst". It has a menu bar with "EGM2008 Manual Calc", "EGM2008 Gridmaker", "EGM2008 File Calc", and "Info". The "EGM2008 Manual Calculation" section contains input fields for "Latitude [°]" (47.50000000), "Longitude [°]" (19.20000000), "Undulation [m]" (43.3555), "Bi-Quadratic" (43.3559), "Bi-Linear" (43.3559), "Triangulation" (43.3559), and "Nearest Neighbor" (43.3440). There are "Calc!" and "Clear" buttons. Below this, there are radio buttons for "Internal Database (10' x 10')" and "External Database (EGM2008-File)". The "External Database" option is selected, and the "EGM-File" field contains the path "p\{app}\Und_min2.5x2.5_egm2008_isw=82_WGS84_TideFree". There are also radio buttons for "1' x 1' Grid", "2.5' x 2.5' Grid" (selected), and "10' x 10' Grid". A "Big Endian" checkbox is checked. At the bottom, there are "Exit" and "Help" buttons.

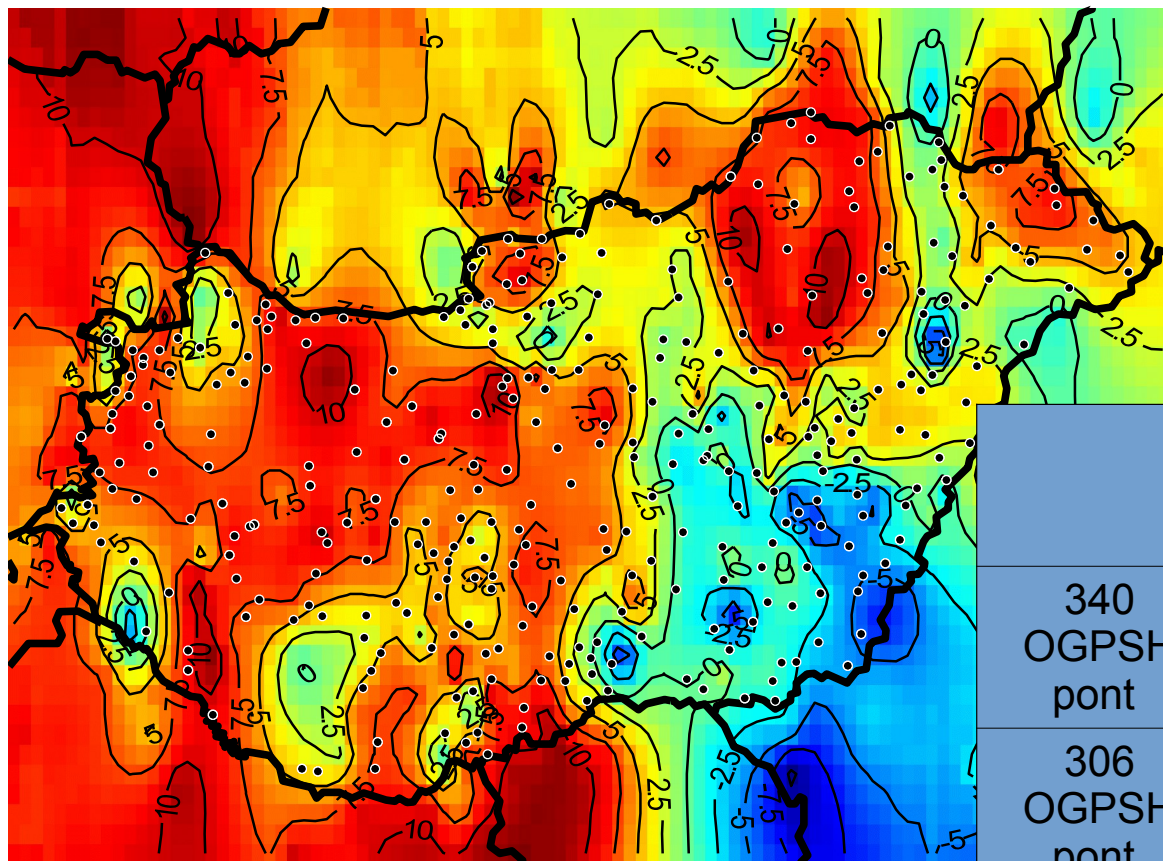
A számított EGM2008-as geoidkép (1' x 1'-es rács)



Az EGM2008 modell illeszkedése 340 OGPSH pontban

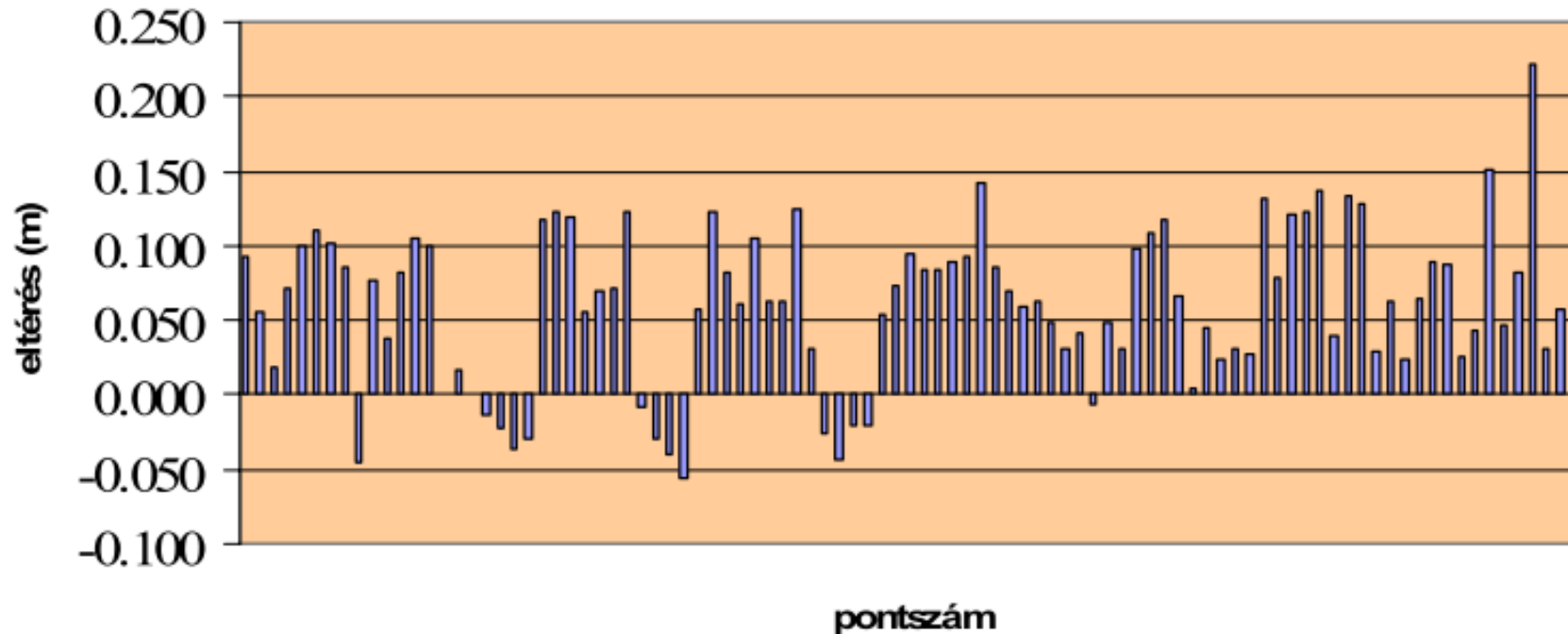


Az EGM2008 modell illeszkedése 340 OGPSH pontban

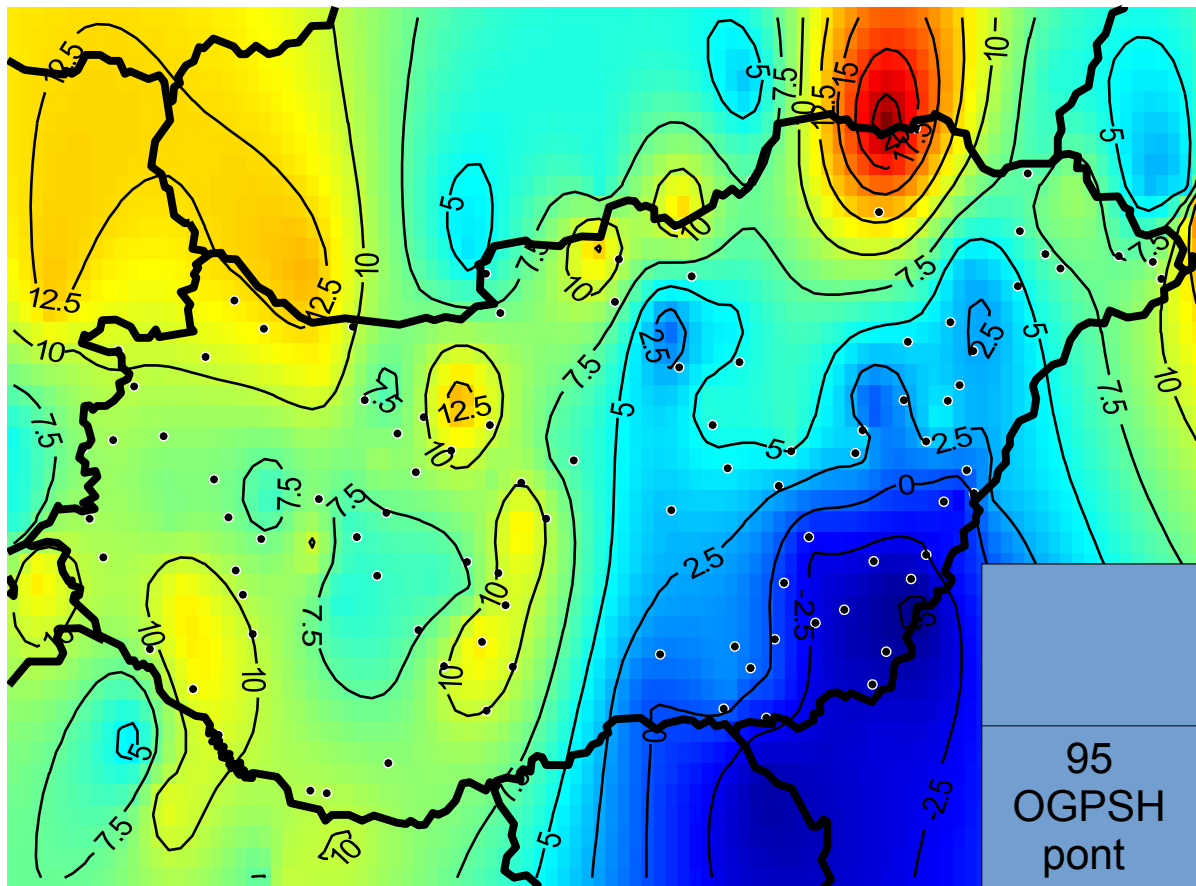


	átlag- érték (m)	min. érték (m)	max. érték (m)	szórás (cm)
340 OGPSH pont	0.051	-0,235	0,386	7,81
306 OGPSH pont	0.042	-0,115	0,121	6,32

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

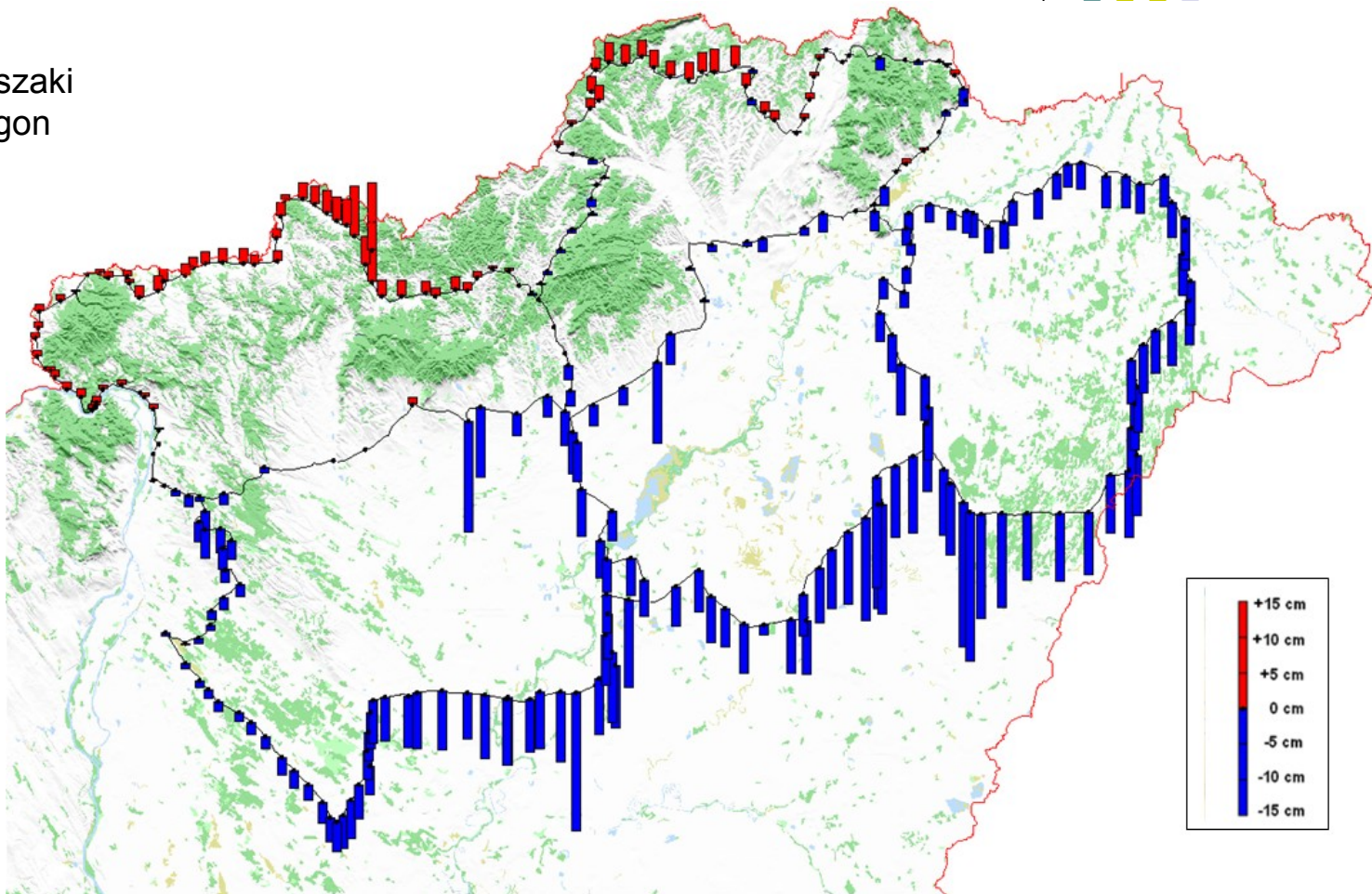


KMO: Kelet-Magyarország északi részét lefedő 8, 9, 10-es poligon

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

IGAG Commission 2: Gravity Field

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



Home **Software** Relevant Papers Group Letters

GrafLab

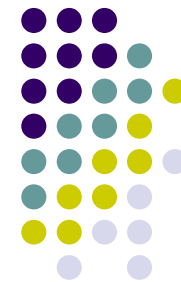
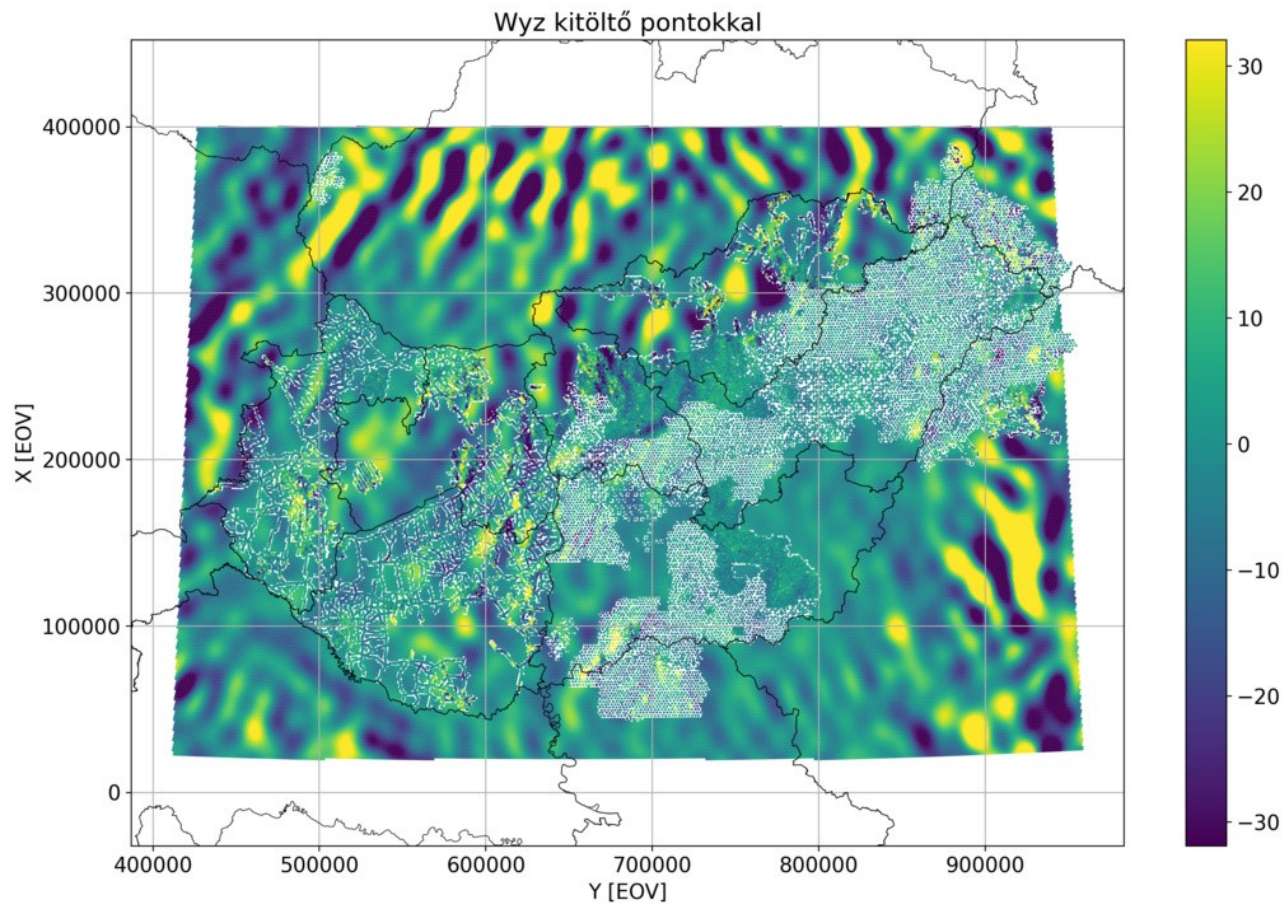
GrafLab (GRAvity Field LABoratory) is a MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders, which allows:

- 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)

Eötvös-inga gradiensek

- kitöltés GPM adatokkal (Pongrácz D. 2022)



isGrafLab

- Matlab program, grafikus felülettel



IAG Commission 2: Gravity Field

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)

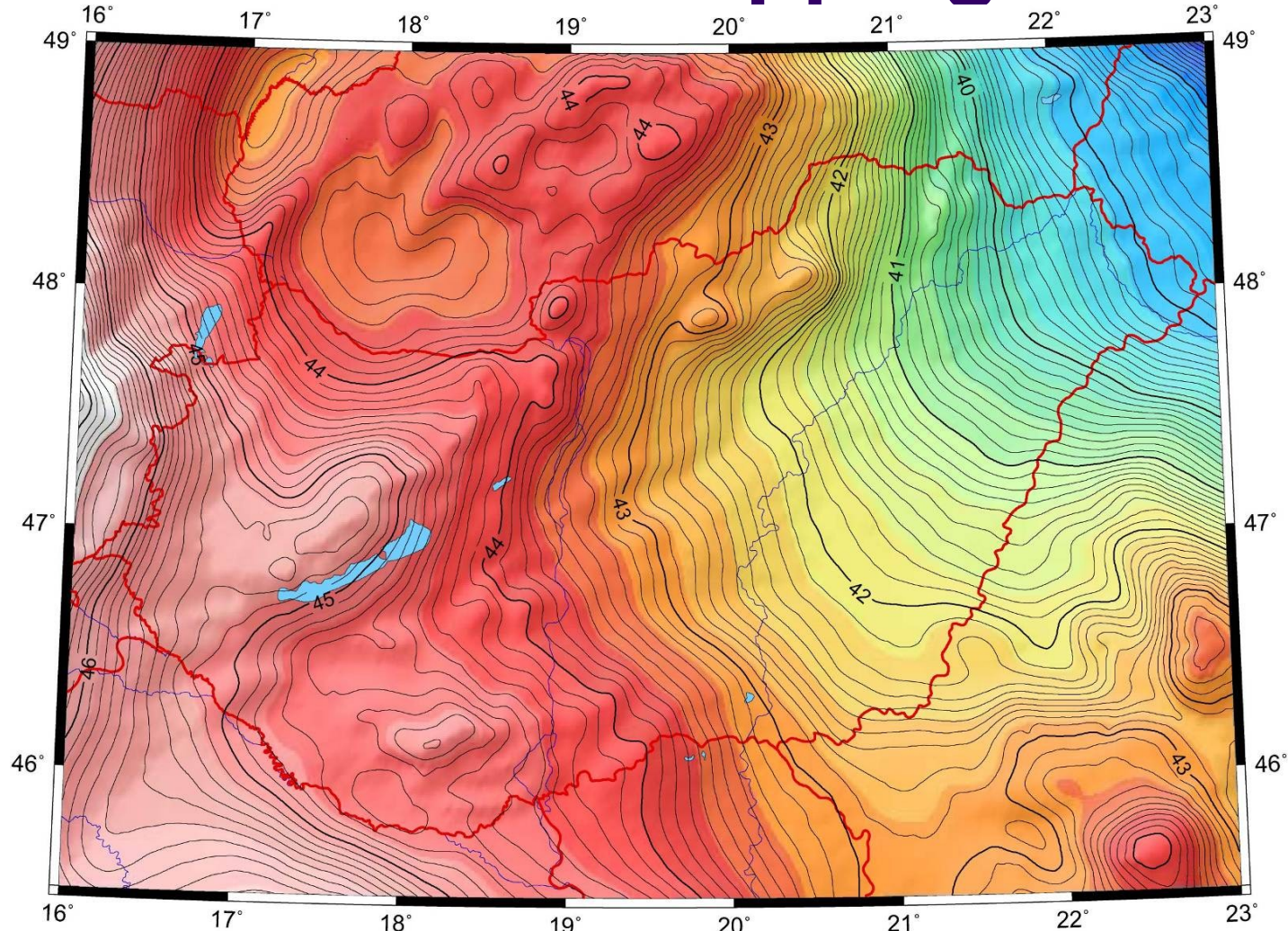
gyors számítás
szabálytalan felületen
(földfelszín)

GMT (Generic Mapping Tools) és Mirone

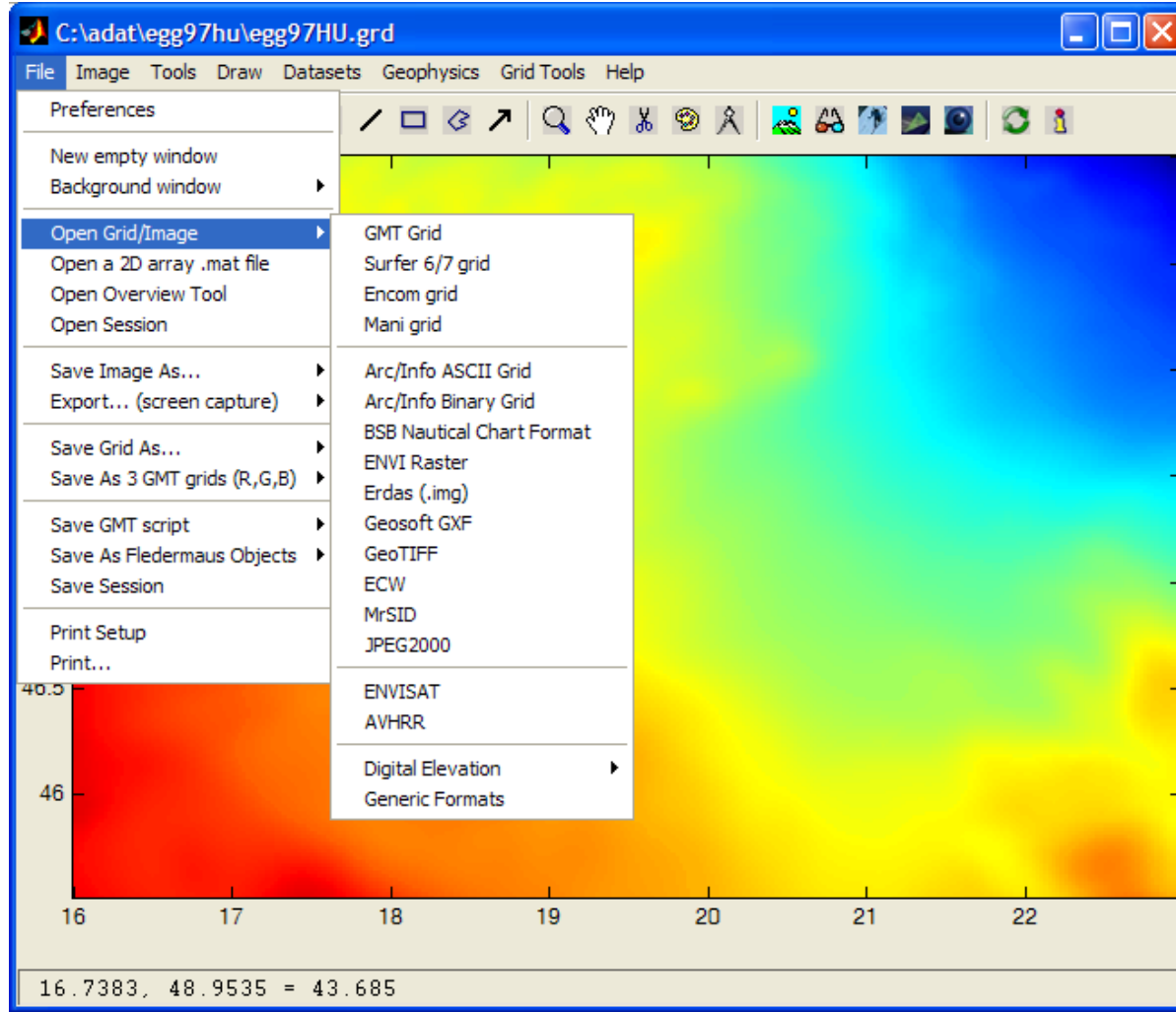


- felhasználóbarát grafikus felület a GMT-hez
 - <http://joa-quim.pt/mirone/>
 - további képességekkel is rendelkezik
 - sokféle rács adatformátumot képes kezelni:
 - GMT/Netcdf, SURFER 6/7, Encom, Arc/Info, ENVI raster, Erdas, ESRI, Geosoft, GeoTIFF, JPEG2000, ENVISAT, DTED, SRTM, USGS DEM, stb.
 - mentés pl. GoogleEarth .kmz fájlba
 - FFT spektrum, digitális szűrés, képfeldolgozási eljárások, georeferálás, rajzeszközök, lemeztectonika, 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

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 – gömbfüggvényesor számítási példa



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

Help

11 - HEIGHT-ANOMALY OR GEIOD 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
ffttffftf
5 - GRS80
EGM
3.986004415D14 6378136.3 0.0 2190 f f t f
f
(2I5,2D25.15)
data/EGM2008_to2190_ZeroTide
ffff
-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



74 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

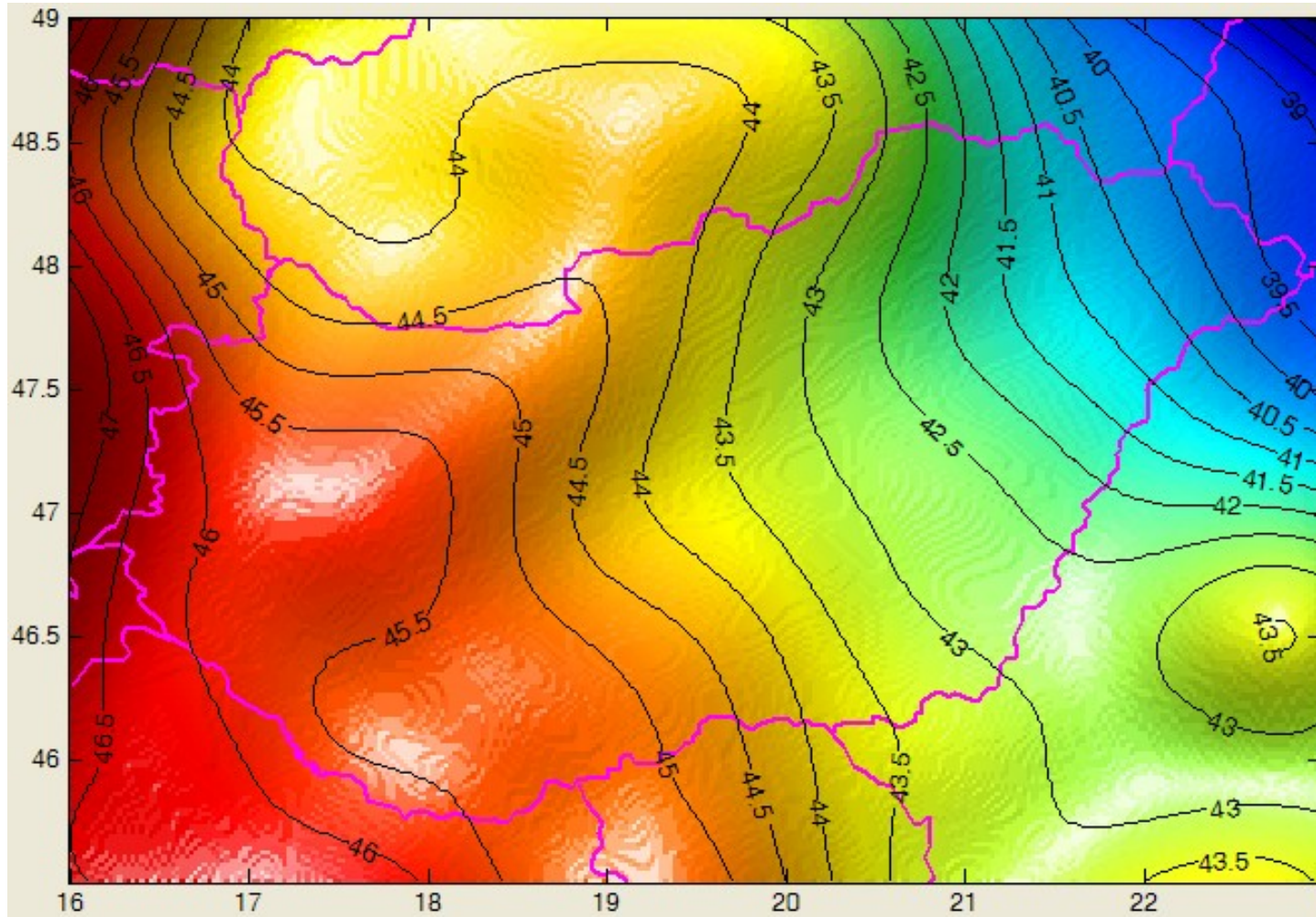
← kapcsolt blokkok számítása

Egy példa: a HGTUB2000B geoidmeghatározás lépései

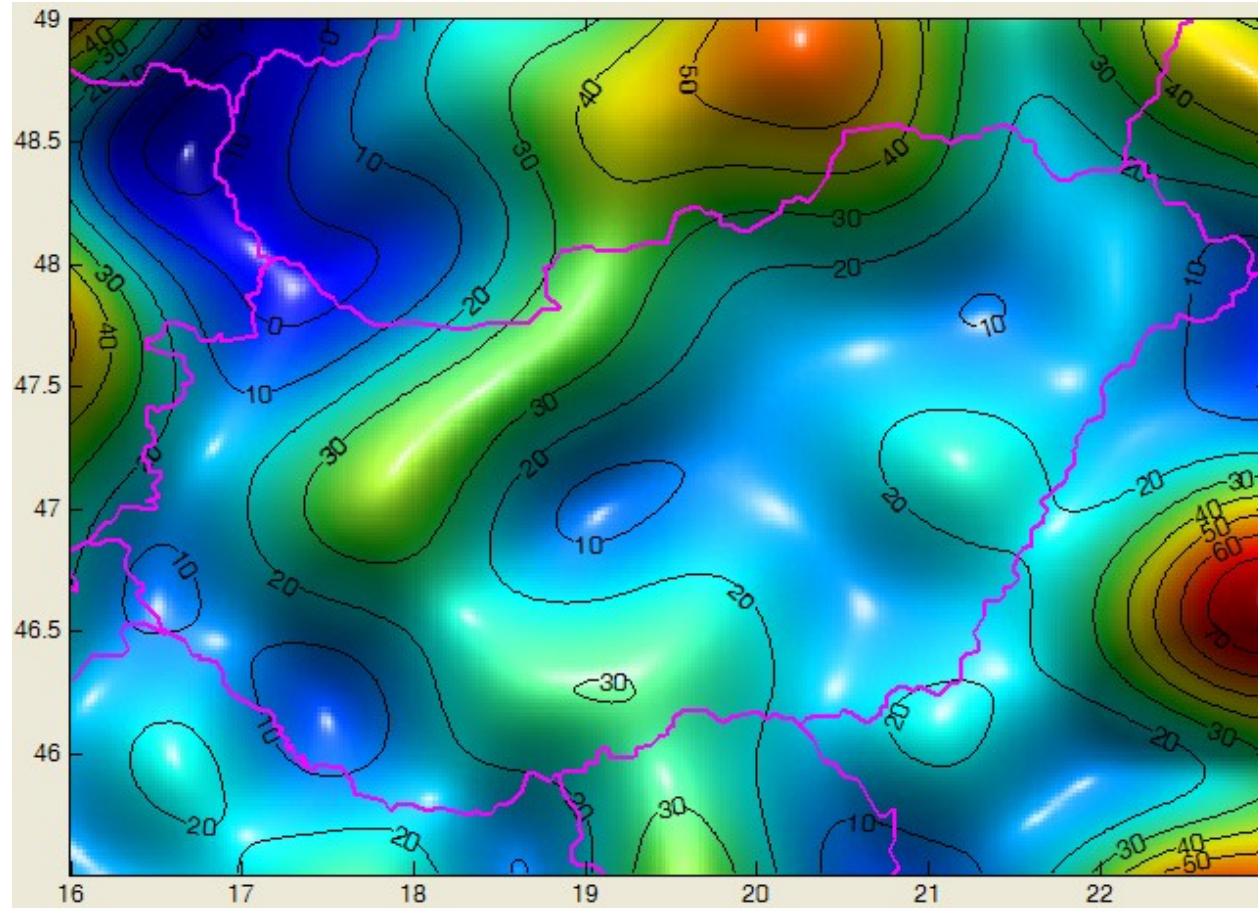


- EGM96 geopotenciális modell (GRAVSOFT/harmexp):
 - geoidundulációk (egm96.n)
 - nehézségi rendellenességek (egm96.g)
- Faye anomáliákat redukáljuk
 - geopotenciális modellel (dgfreet.grd)
 - terepi korrekcióval
- Maradék geoidunduláció FFT-vel (FFTGEOID)
 - Indirekt hatás hozzáadása
 - EGM96 geoidundulációk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

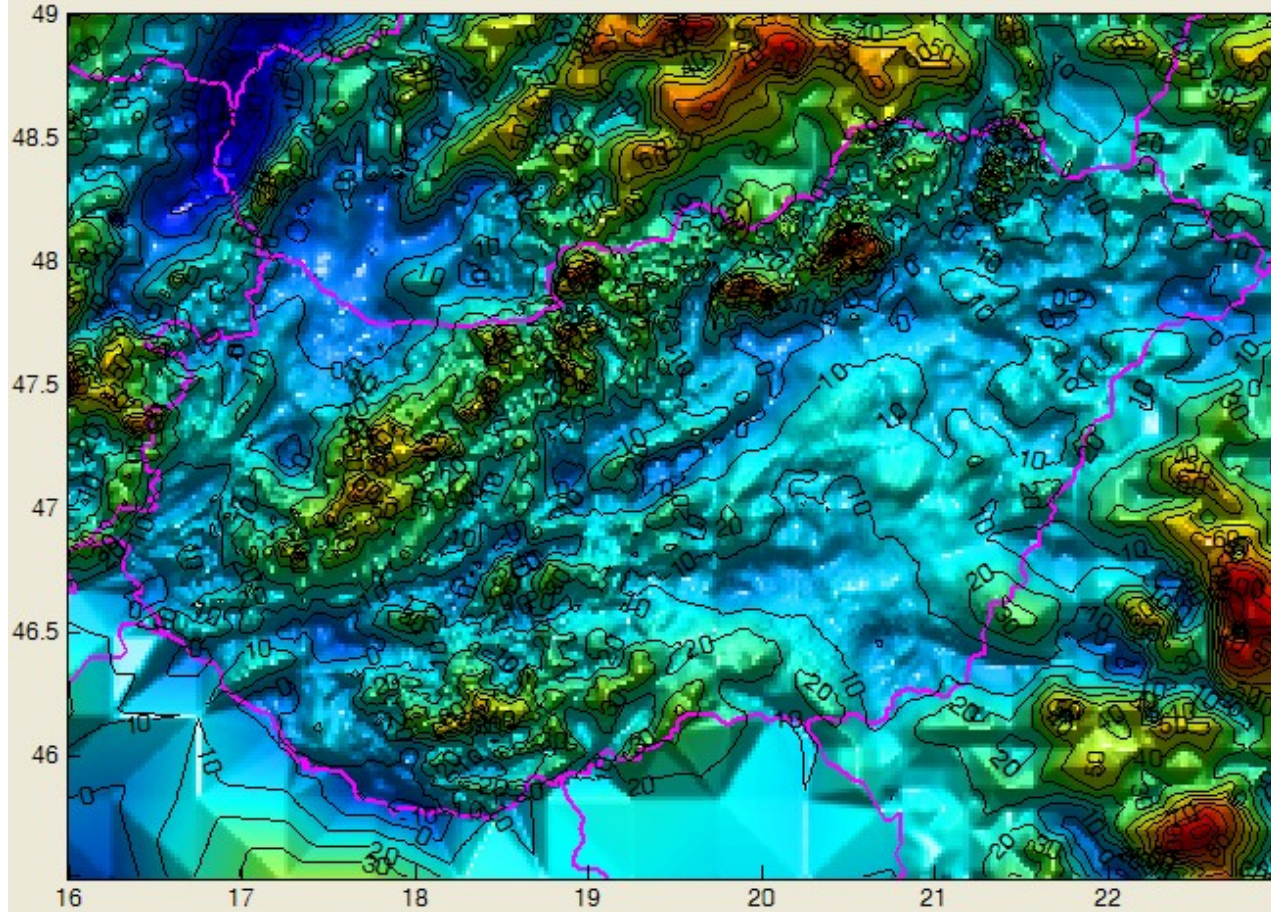
EGM96 geoidundulációk (m)



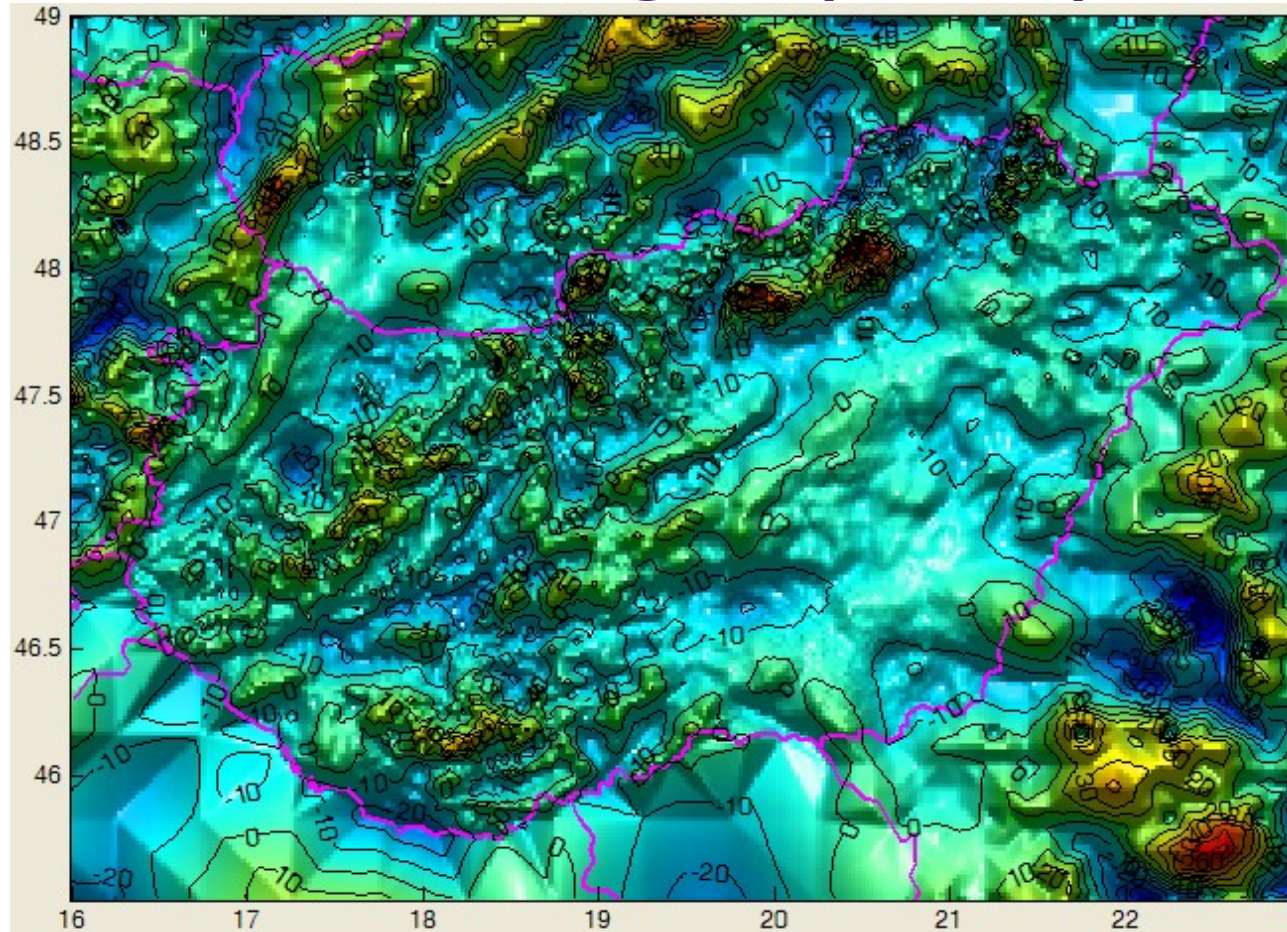
EGM96 nehézségi rendellenességek (mGal)



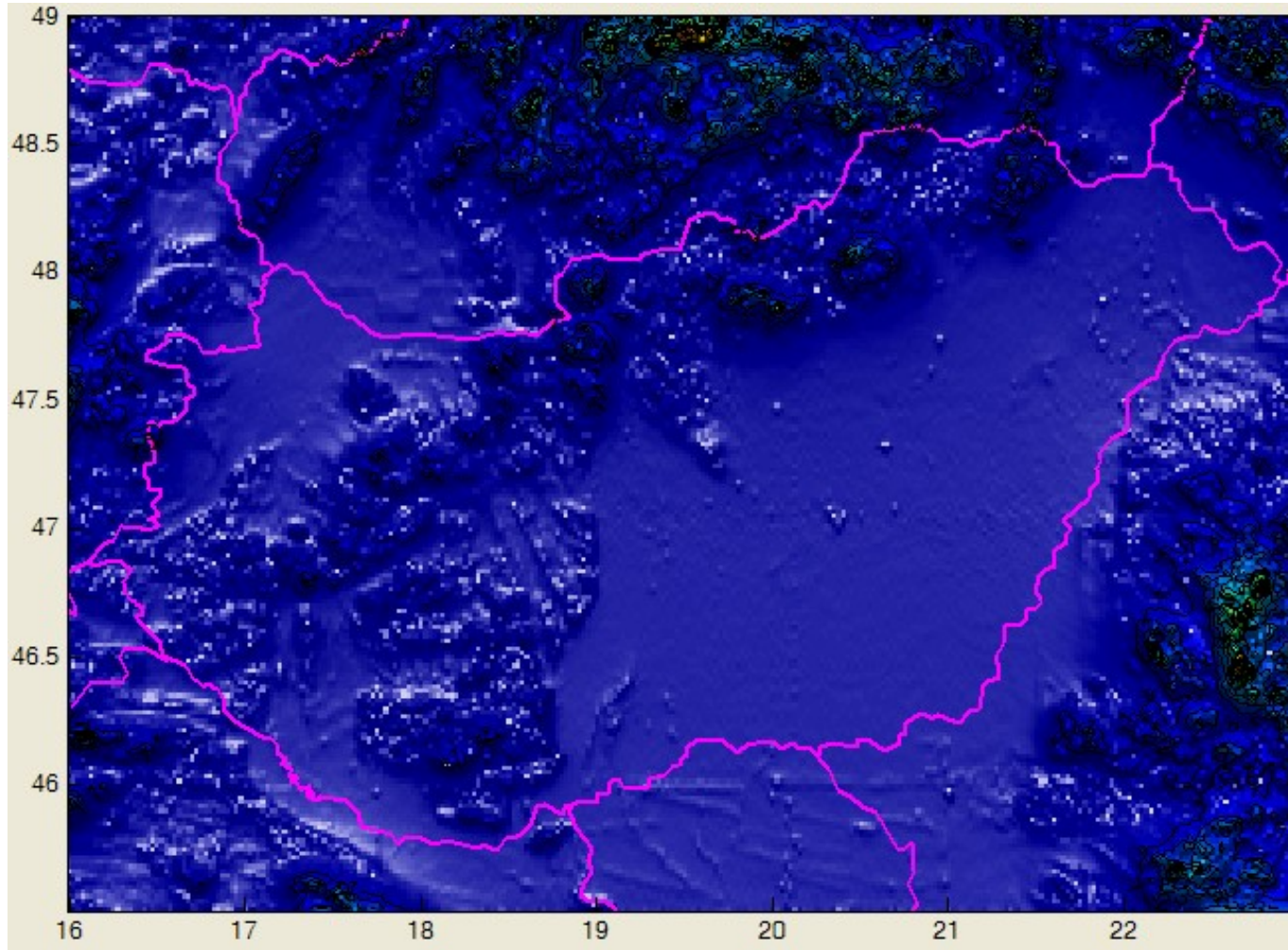
Faye nehézségi rendellenességek (mGal)



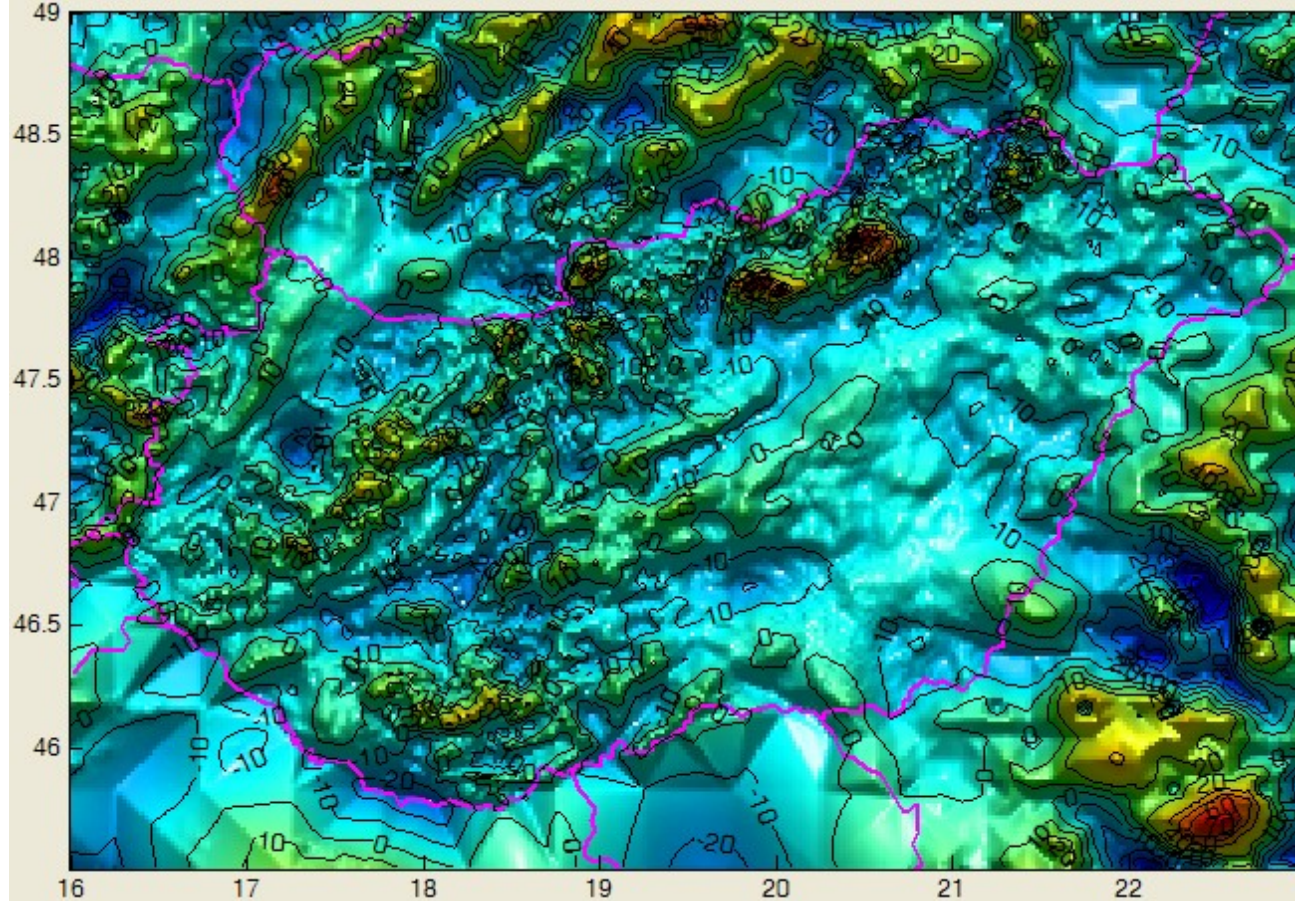
EGM96 redukált Faye nehézségi rendellenességek (mGal)



Terepi korrekciók (mGal)



Terepi korrekciókkal redukált Δg (mGal)

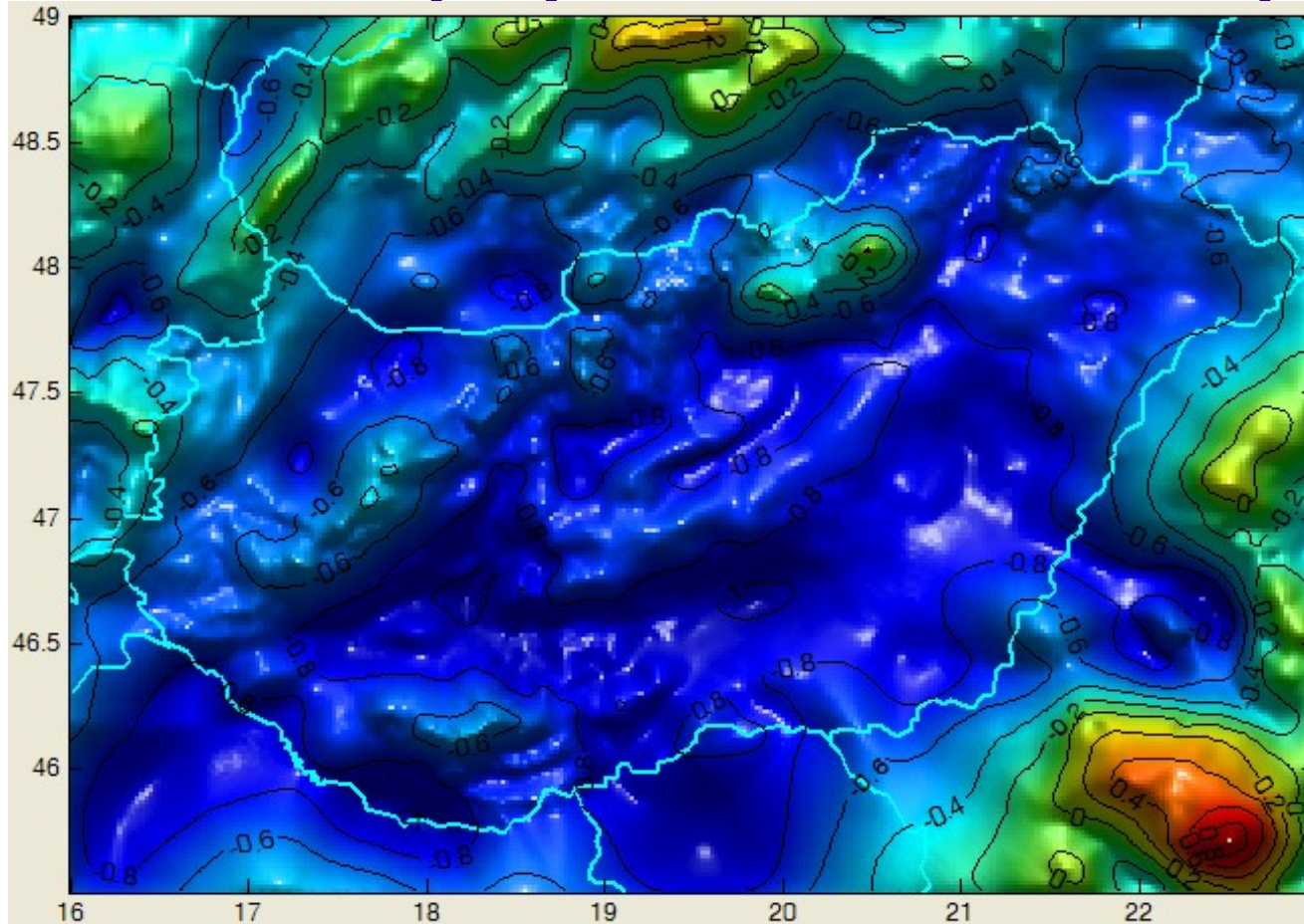


FFTGEOID (YeCai Li, 1994)

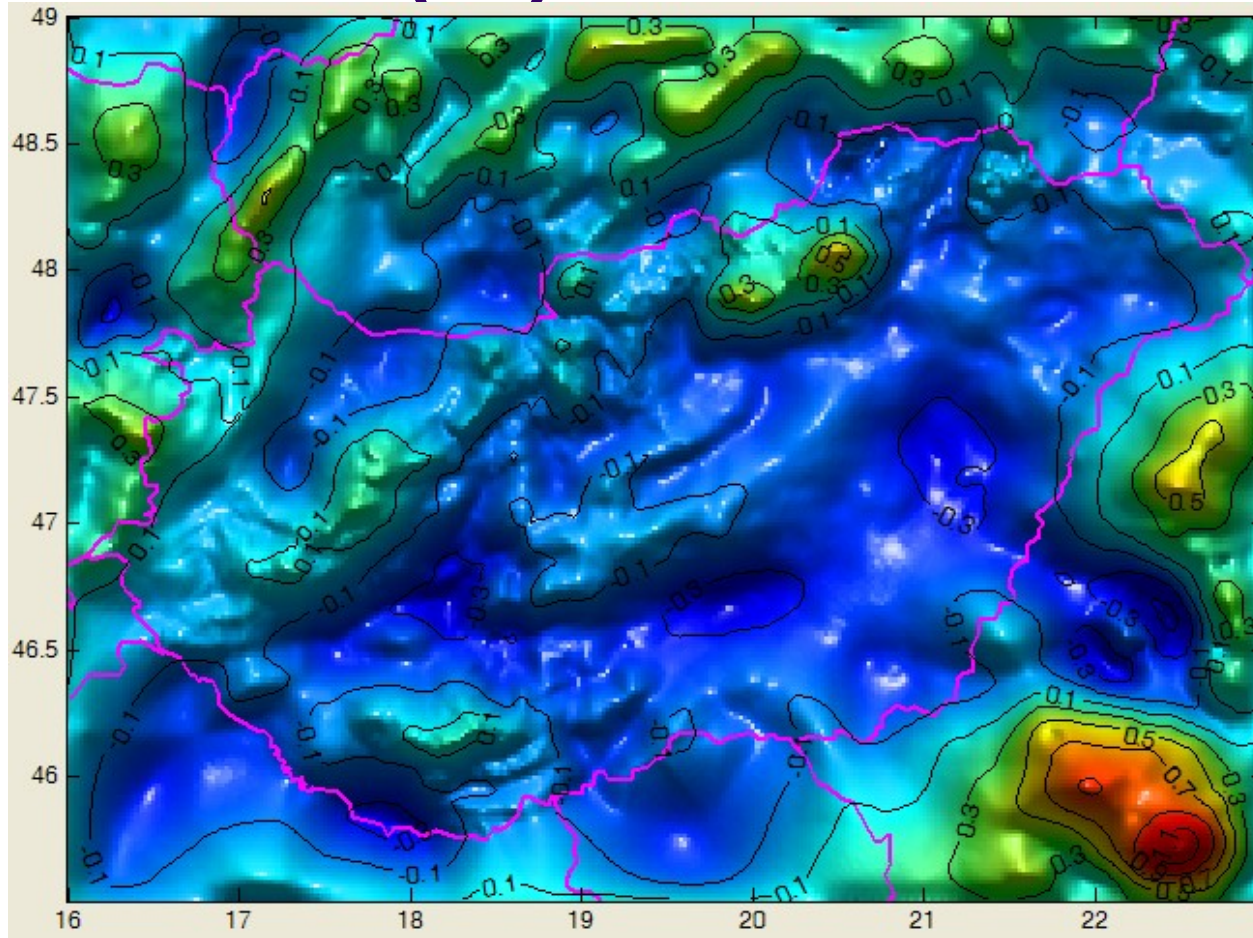


```
c  IMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM;
c  :                                     FFTGEOID                                     :
c  : DDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDD:
c  :   transforms DG (gravity anomalies) via Stokes formula into                :
c  :           GEOID undulations                                               :
c  :   or propagates gravity anomaly errors into geoid variances              :
c  :           by means of the fast Fourier transform                          :
c  :                                                                           :
c  :   Author:       Yecai Li                                                  :
c  :   Supervisor:   Michael G. Sideris                                       :
c  :                                                                           :
c  :           Department of Geomatics Eningeering                            :
c  :           The University of Calgary, Calgary                               :
c  :           Alberta, Canada, T2N 1N4                                        :
c  :                                                                           :
c  :           Autumn 1992/ Spring 1993                                        :
c  :                                                                           :
c  HMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM<
c
c  =====
c
c                NOTE
c
c      In order to get on-line HELP,
c      GEOIDHLP.DOC should be put in the same directory as FFTGEOID does.
c  =====
c
c  Program history:
c      Origin Code:
c
c            Yecai Li, Autumn 1992/Spring 1993
c
c      Modifications:
c
c            Yecai Li, June 1994
c            put more documentations.
```

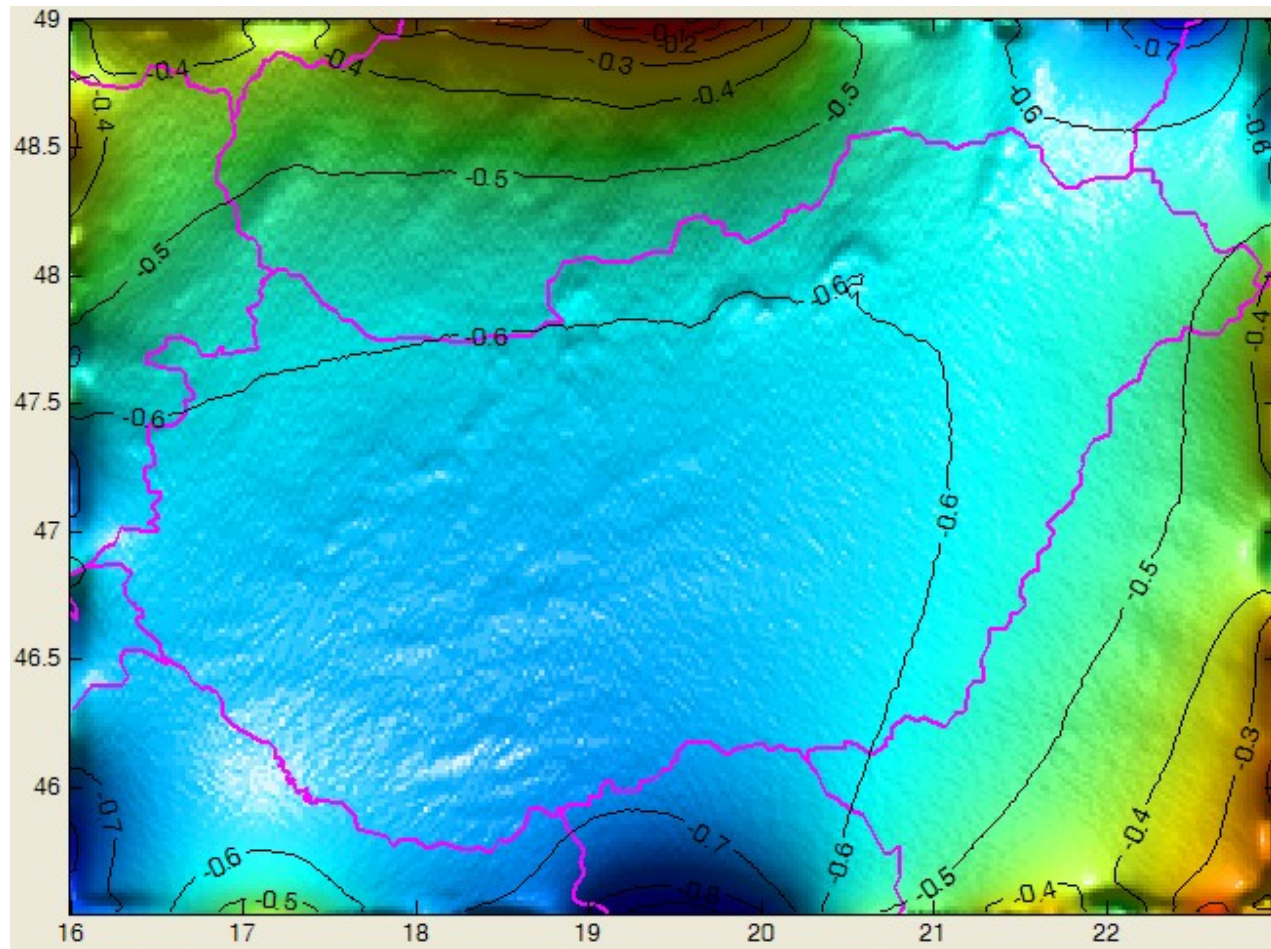
Maradék geoidunduláció FFT-vel (m) – FFTGEOID (Y. Li)



Maradék geoidunduláció FFT-vel (m) - GEOFOUR



Maradék geoidundulációk különbsége (m) a két programmal

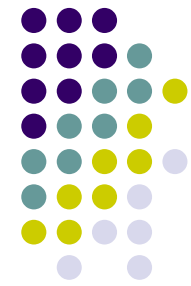


Az eltérések oka

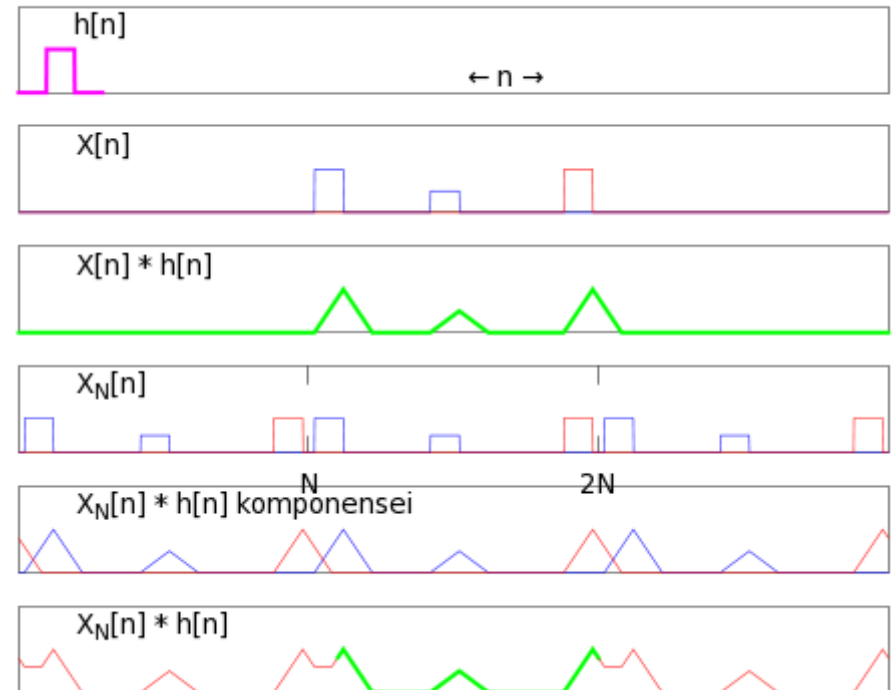
- A GEOFOUR program nem bővíti ki a nehézségi rendellenességek tömbjét 50% zérussal az ún.

körkonvolúció elkerülésére

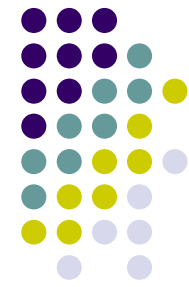
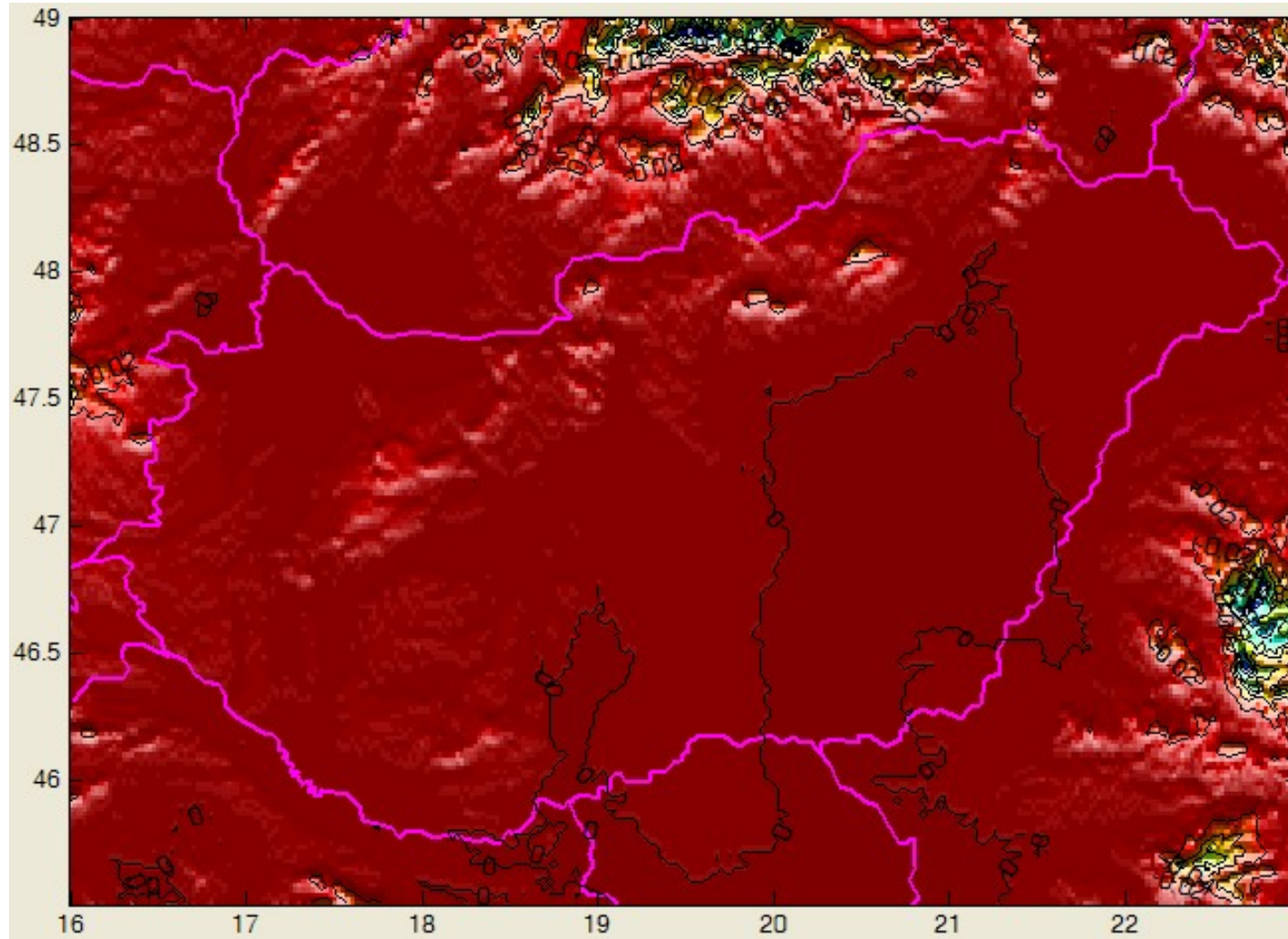
- a széleken az adatok „összefolynak”
- a számított geoidmagasságok torzulnak



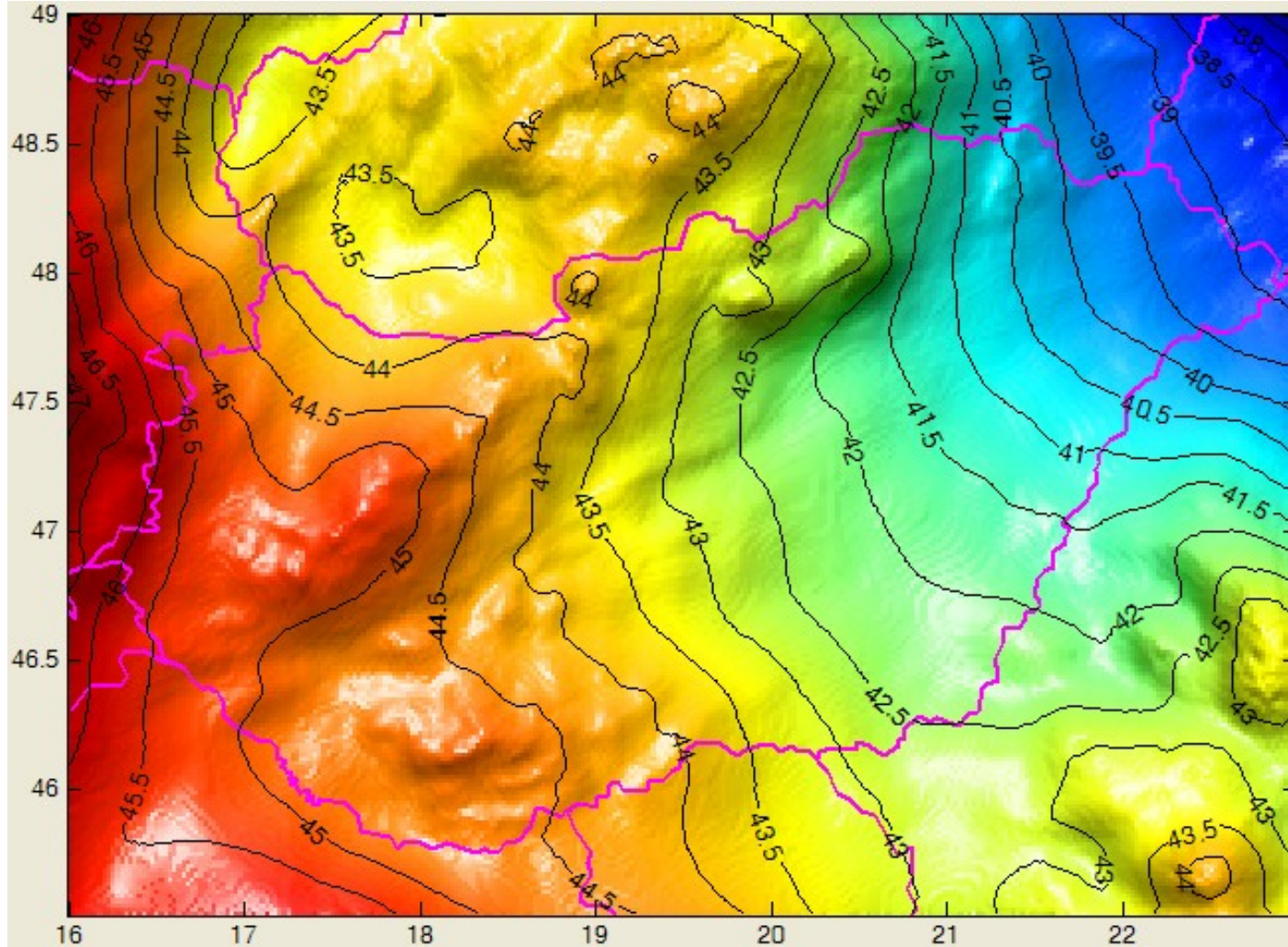
Körkonvolúció példa



Indirekt hatás (m)

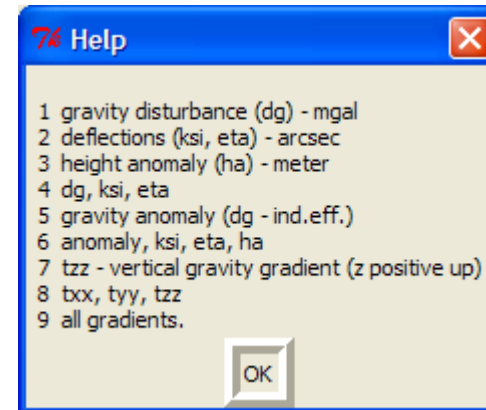
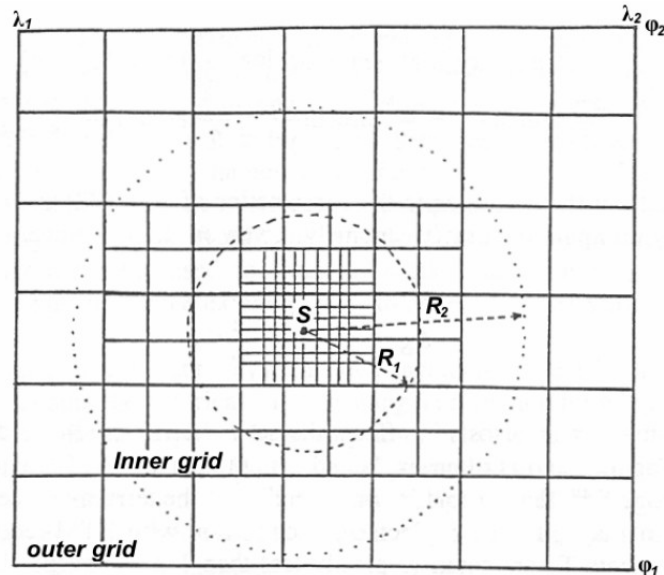


Kész geoidmegoldás (m)



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 effetcs
- 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)

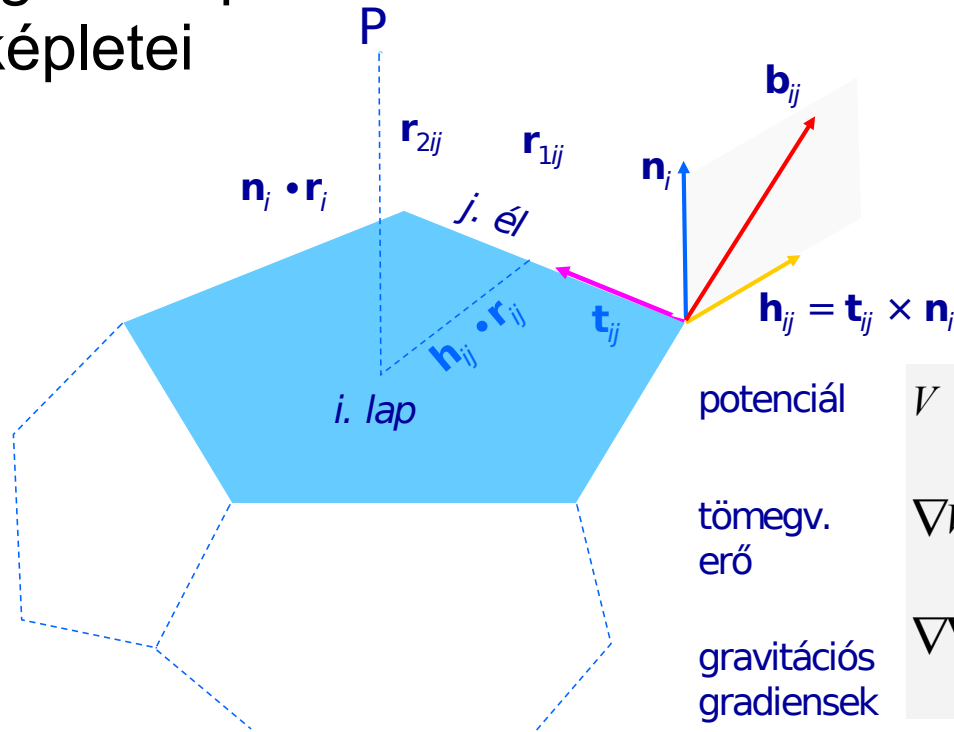
OK

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

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

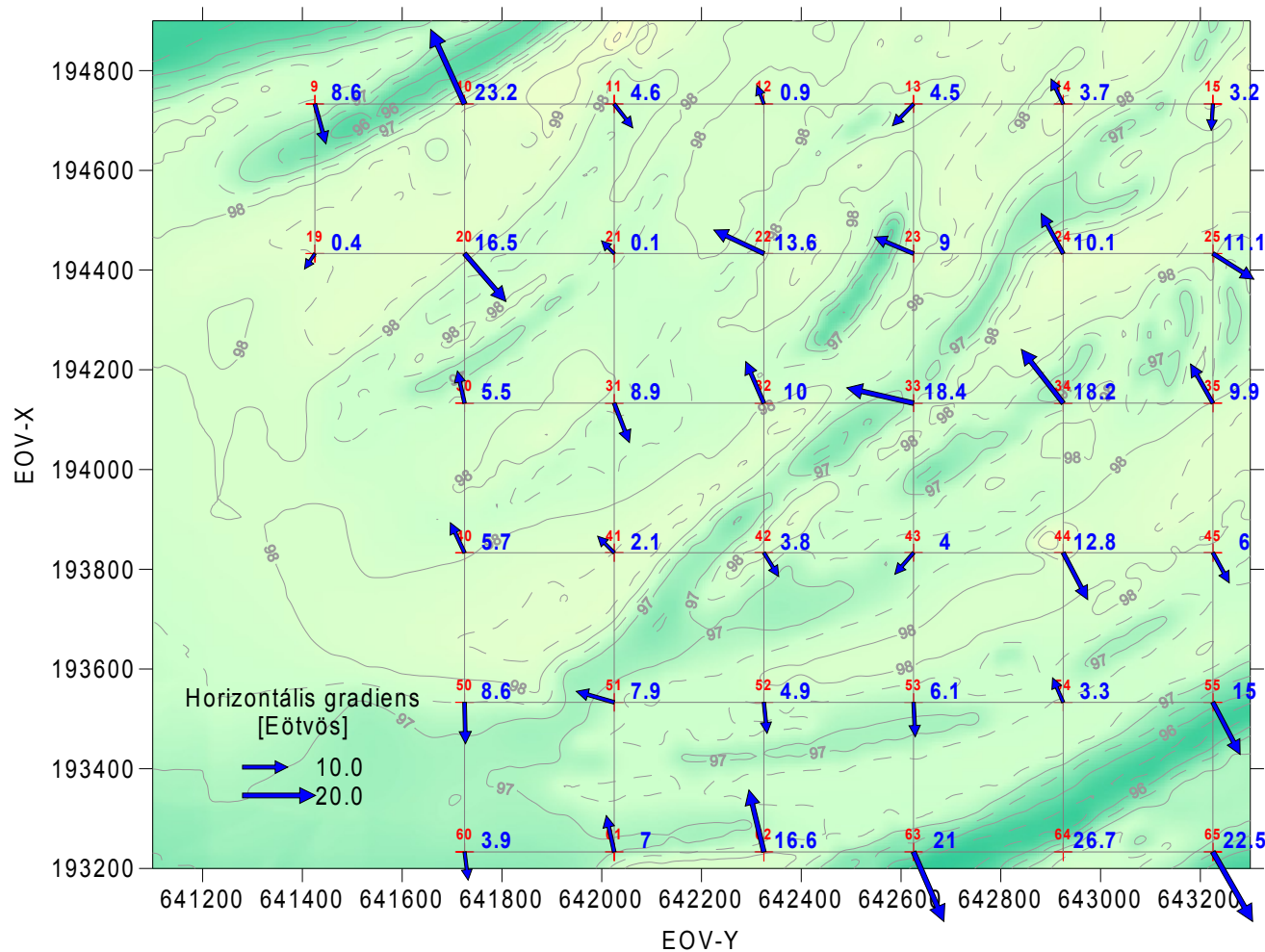
tömegv.
erő

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

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 (EOV raszter)



QGISexported

Projekt Szerkeszt Nézet Réteg Beállítások Modulok Vektor Raszter Adatbázis Súgó

Rétegek

- megye
- mo_eov_szin...

A térkép 649064 b Koordináta: 862949,43329 Méretarány 1:937,893 Megjelenít EPSG:23700

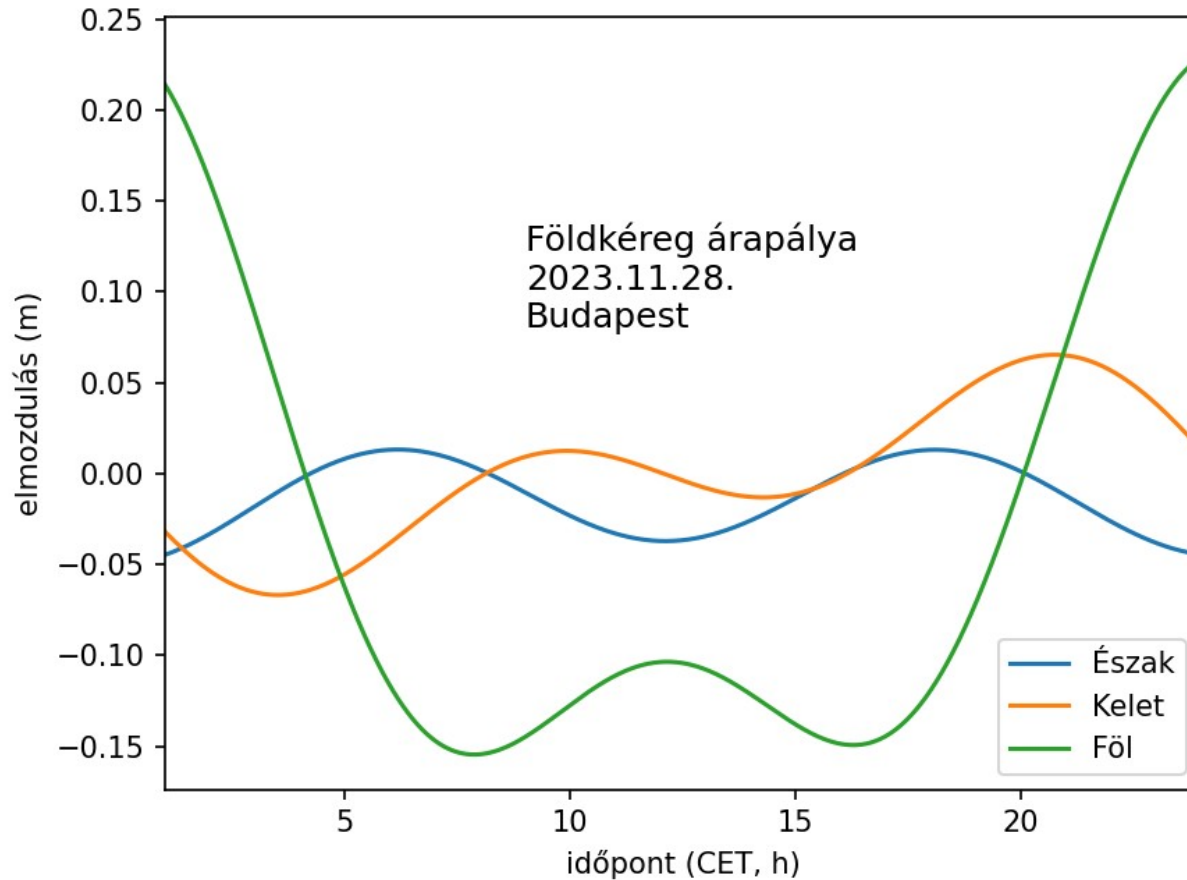
Árapály hatás számítása



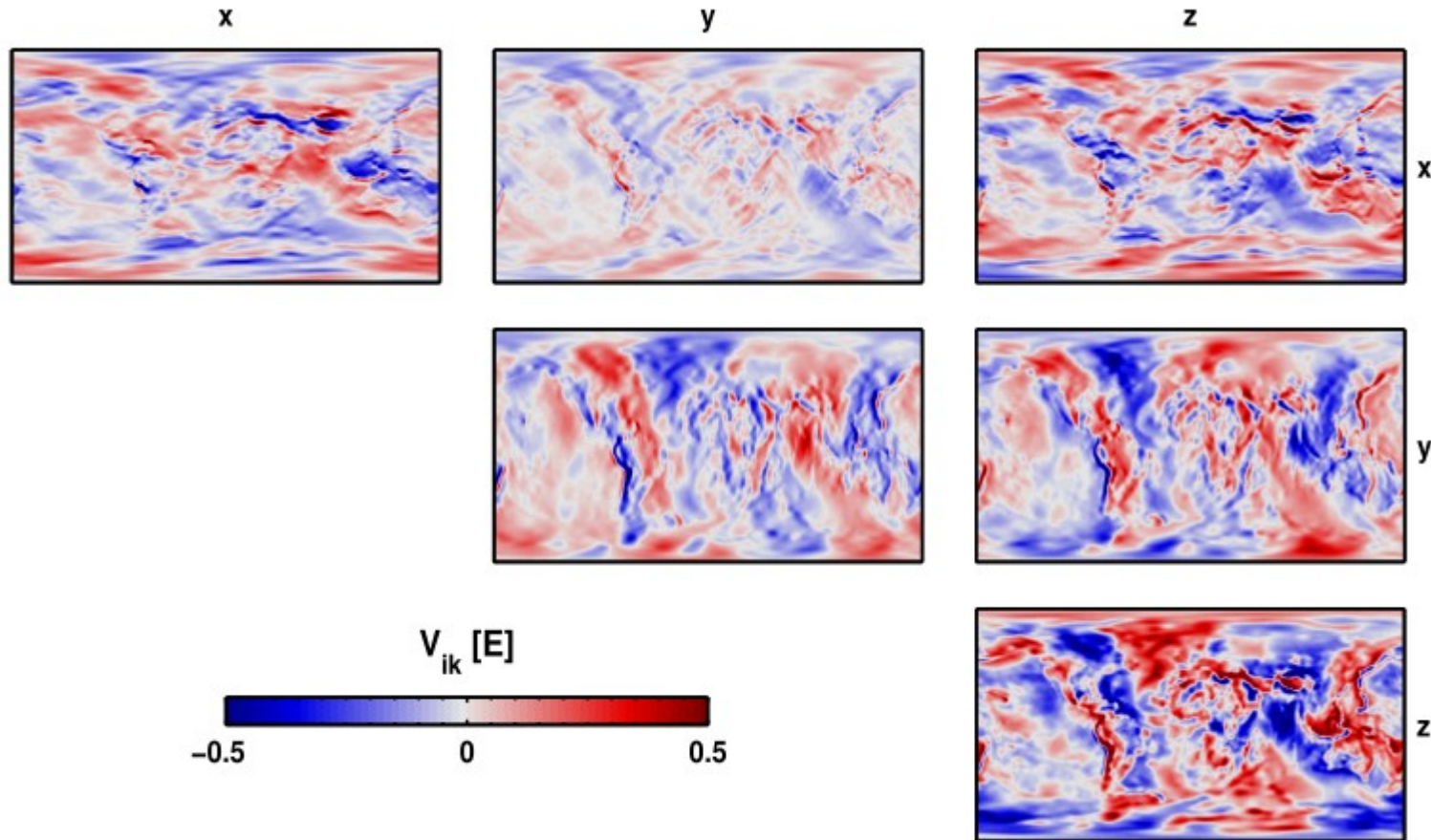
- Tamura (1987) árapály katalógus: 1200 tag
- Hartmann-Wenzel (1995) árapály katalógus: 12935 tag
 - ETERNA 3.4 árapály számító program
 - földforgás
 - óceáni árapály teher hatása a földkéregre
- KSM03 katalógus 28806 taggal (Kudryavtsev, 2004)

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

GOCE Level 2 products

GOCE Commissioning products

GOCE De-orbiting data

Thermospheric Data

VTGoce Data

GOCE TEC and ROTI

GOCE HK data

Changelog

Available Global GOCE Gravity Models

Product	Description
EGM_GOC_2	GOCE Gravity solution. Solutions are available up to Third Generation, with three different processing techniques: direct numerical solution, time-wise and space-wise solutions.
EGM_GVC_2	Variance/covariance matrices associated to the Gravity solutions. Available only through the Virtual Online Archive.
EGM_GCF_2	Gravity Coefficients (ICGEM format)

Available L1b and L2 GOCE single Products

Instrument	Level	Product	Description
EGG	L1b	EGG_NOM_1b	Nominal Gradiometer Instrument data
	L2	EGG_NOM_2	Calibrated and corrected gravity gradients in the gradiometer reference frame
		EGG_TRF_2	Calibrated and corrected gravity gradients in the terrestrial reference frame
		EGG_QLK_2i	Gradiometer error Power Spectral Density estimated from Quick-Look gravity solutions
SST	L1b	SST_NOM_1b	Nominal SSTI Instrument (GPS) data
		SST_RIN_1b	Nominal SSTI Instrument (GPS) data in RINEX format
	L2	SST_PSO_2	Precise Science Orbits
		SST_AUX_2	Time variable gravity field due to non-tidal mass variations
STR	L1b	STR_VC2_1b	Star Tracker Data-Virtual Channel #2
		STR_VC3_1b	Star Tracker Data-Virtual Channel #3

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

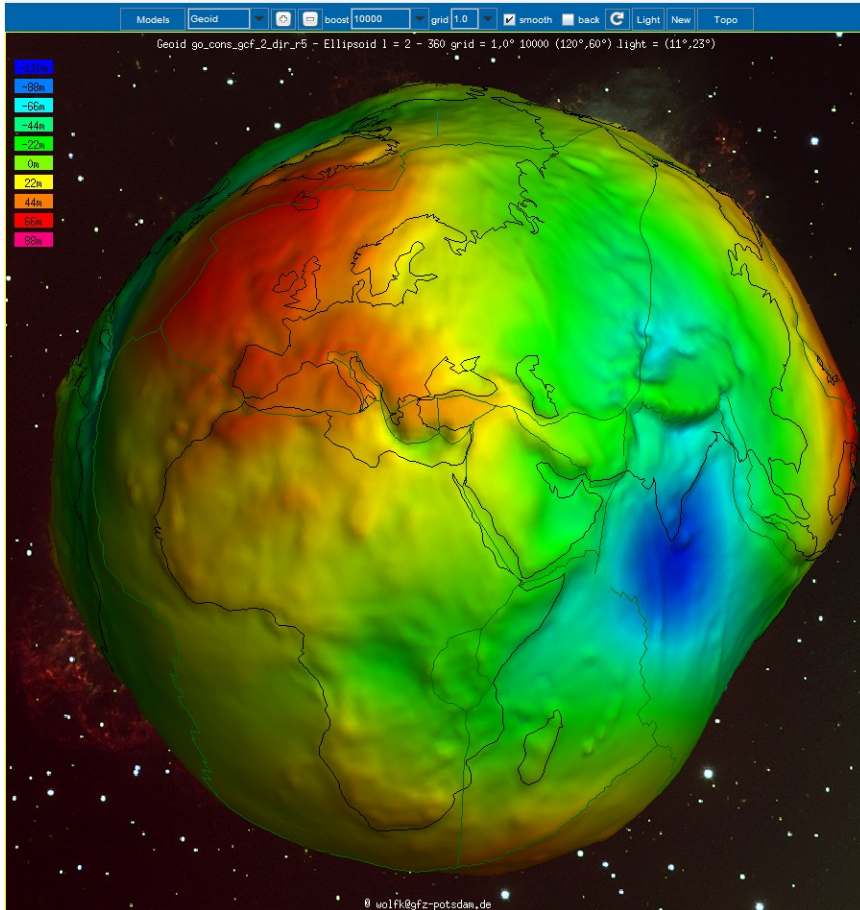
$$f(\theta, \lambda, r) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{R}{r}\right)^n \sum_{m=0}^n \bar{P}_{nm}(\cos \theta) [\Delta C_{nm} \cos m\lambda + \Delta S_{nm} \sin m\lambda]$$



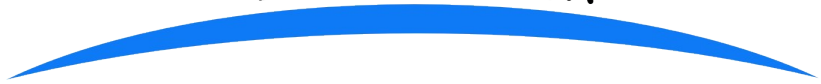
5. generációs GOCE geoid



GOCE adatokból számított 5. generációs modell



ICGEM



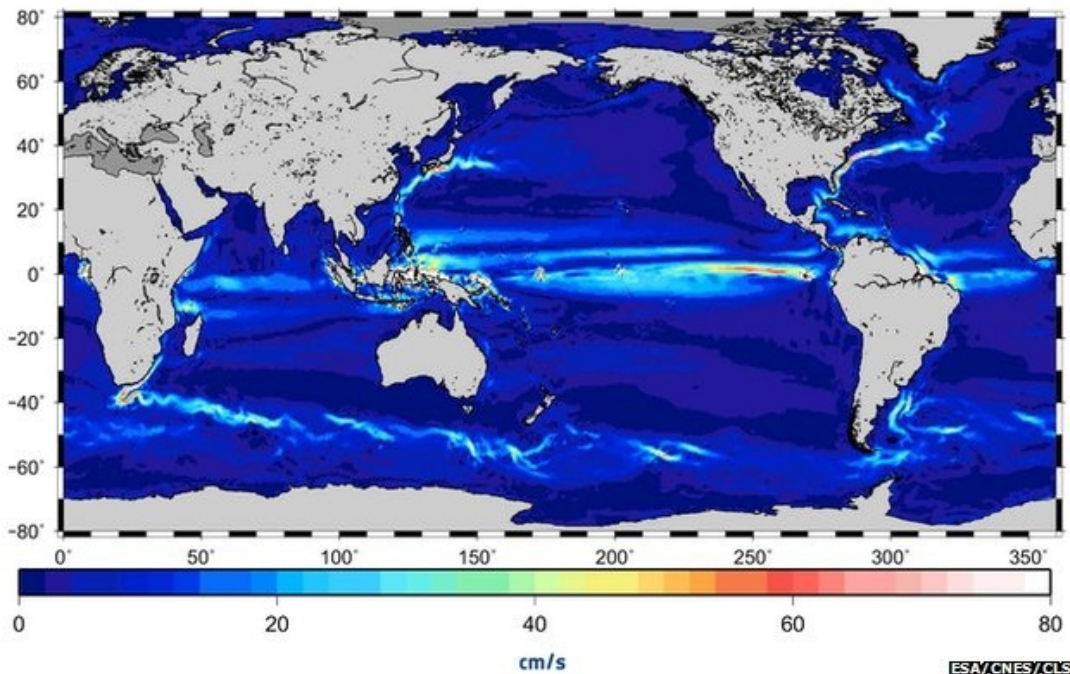
<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>

25 November 2014 Last updated at 12:37 GMT

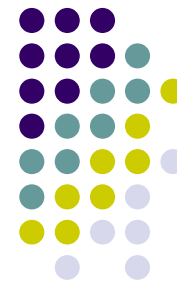
Goce gravity map traces ocean circulation

By Jonathan Amos

Science correspondent, BBC News



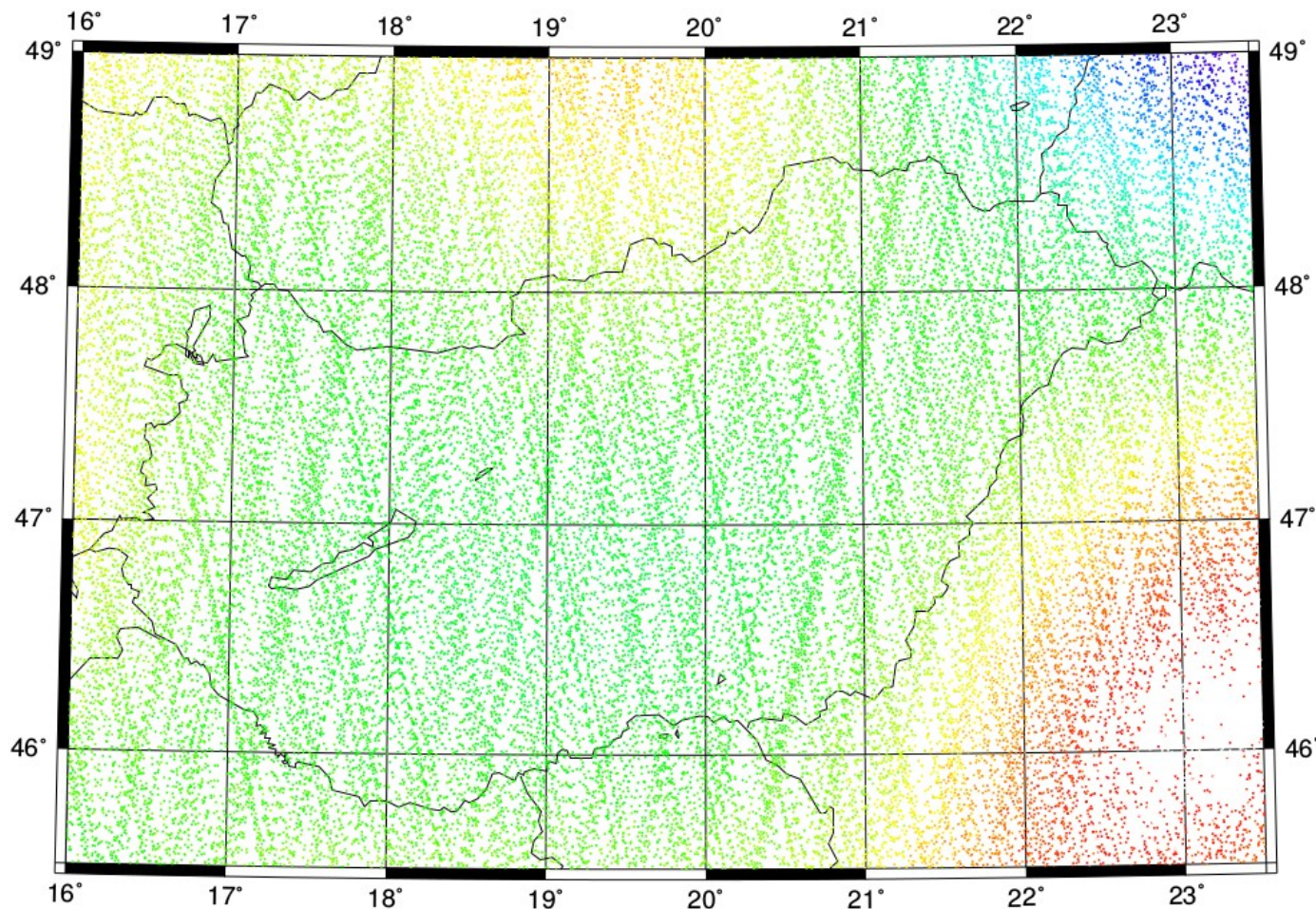
A GOCE segítségével készítették el az eddigi legpontosabb térképet a Föld óceánjainak áramlatairól és sebességükről. Úszóbóják adataival ellenőrizték és pontosították a műholdas méréseket.



Magyarországra eső GOCE adatok



Vzz – gradients – GOCE

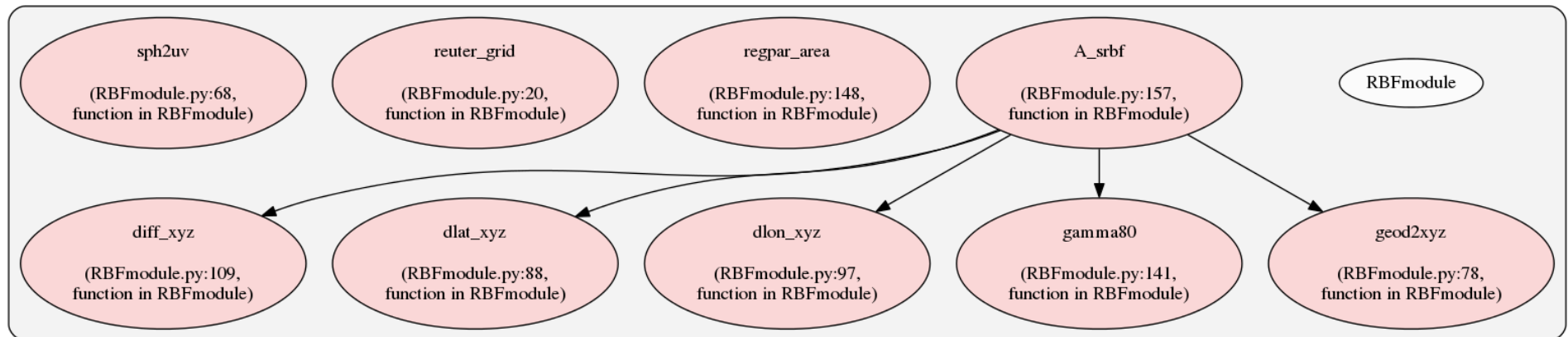


Diera Marcell

GeoRBF szoftver

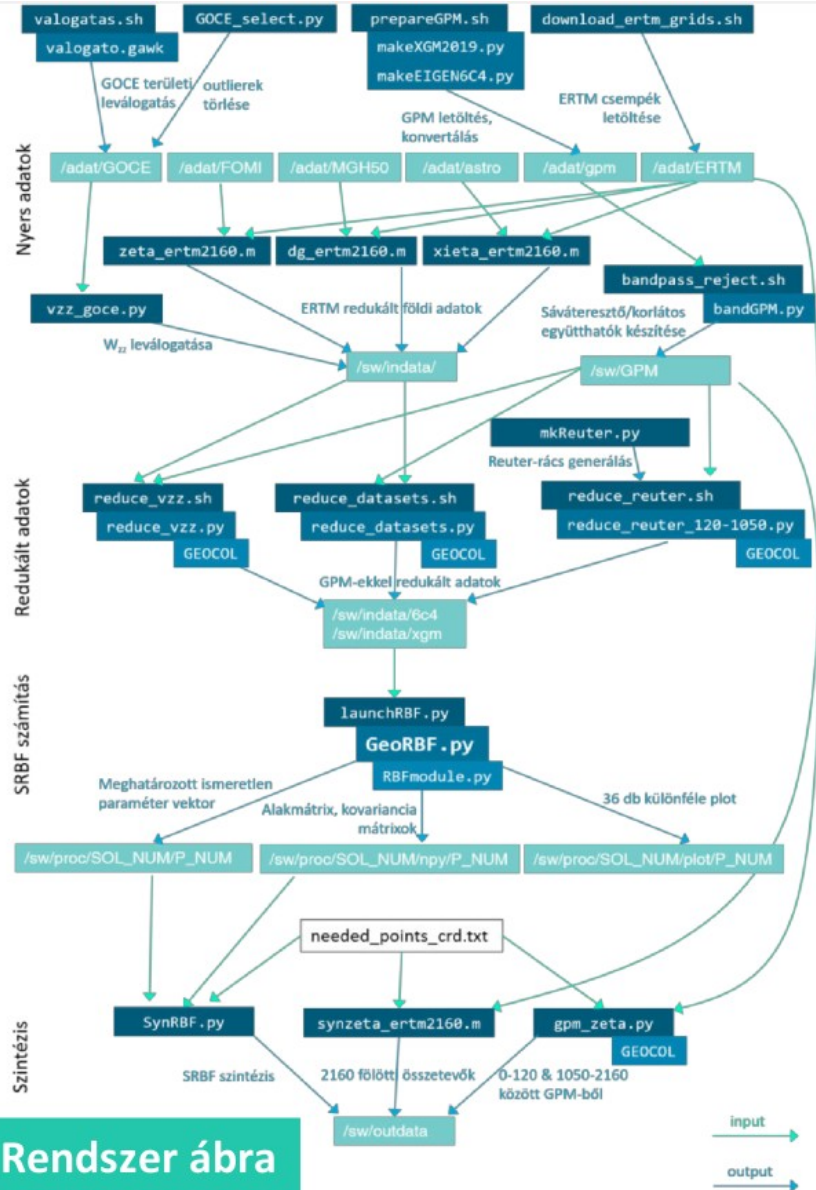


- Gömbi radiális bázisfüggvényes geoidmegoldást számol
- Python/NumPy kód (1800+ programsor)
 - felhasználható adat típusok
 $\zeta, \Delta g, \xi, \eta, W_{\Delta}, W_{xy}, W_{xz}, W_{yz}, W_{zz}$
 - Reuter rács generálás, kovariancia mátrixok számítása, ábrák készítése



SZOFTVER FEJLESZTÉS

Forrás: Tóth S. Diplomamunka védés, 2021.



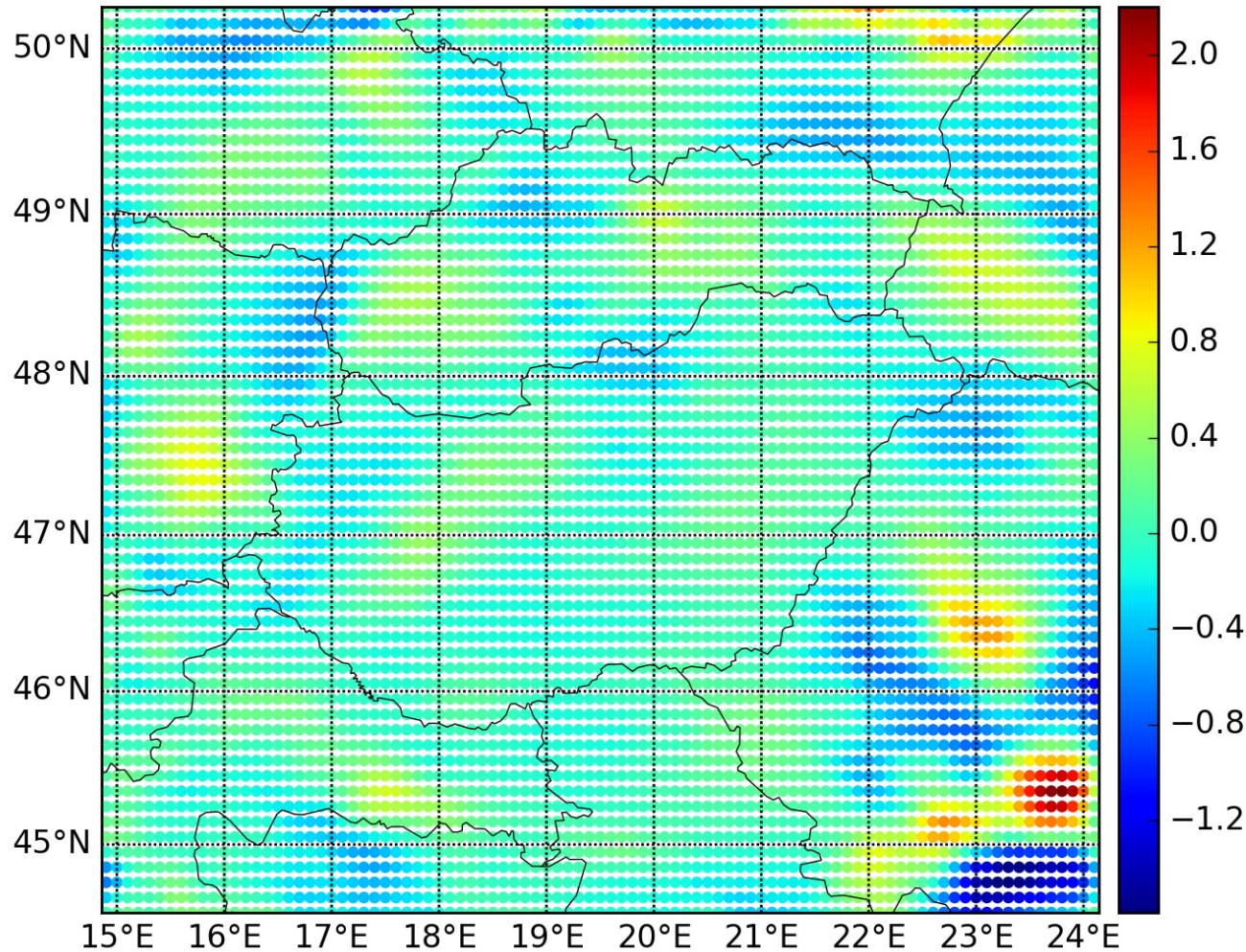
- GEOCOL – GPM számítások
- Python – SRBF számítások
- Octave – ERTM2160 interpoláció
- Bash – automatizálás

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-
# Filename: RBFmodule.py
# Version 0.8
# Date 06-Oct-2020.
# New datatypes are possible (vdelta,2vxy,vxz,vyz) and 'none'
# New datatype vzz
import numpy as np
import sys

D2R = np.pi/180.0
# Constants defined by the World Geodetic System 1984 (WGS84)
a = 6378137.0
esq = 6.69437999014 * 0.001

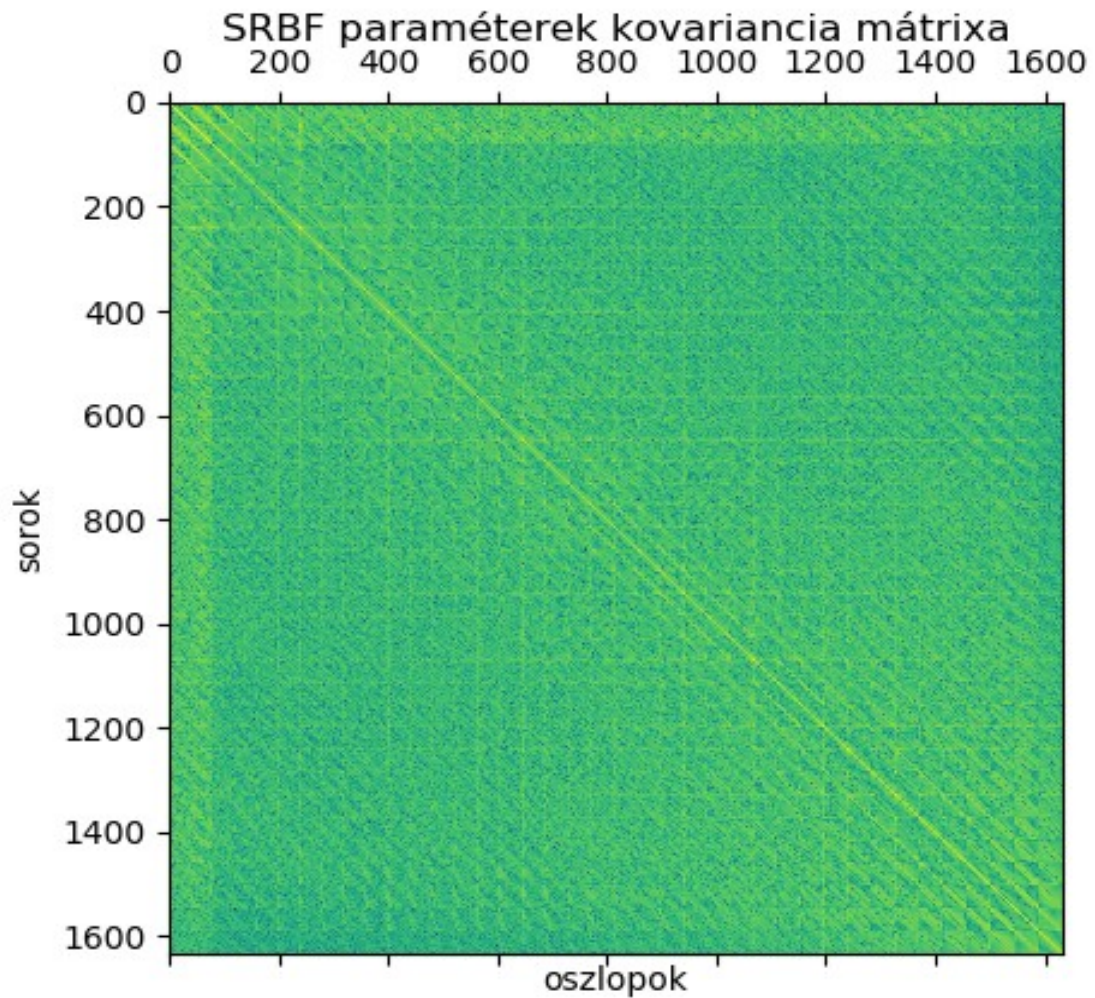
### units of datatypes
unit = {'zeta': 'm', 'dg': 'mGal', 'xi': 'arcsec', 'eta': 'arcsec', 'vdelta': 'E', '2vxy': 'E',
        'xz': 'E', 'vyz': 'E', 'vzz': 'E', 'none': 'none'}
```

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



3.5 óra számítás (AMD
A6-6400K), 12 GB
memória

Paraméterek kovariancia mátrixa



Eötvös-inga gradiensek

- kitöltés Δg adatokkal (Pongrácz D. 2023)

T_{yz} kitöltő pontokkal ($N_{\max} = 2190$)

