

Adott tengerrészletre és időszakra összegyűjtött tengerszint-adatokhoz illeszkedő potenciálérték becslése

Cziráki Kamilla

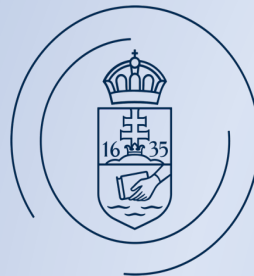
Témavezető: Timár Gábor tanszékvezető egyetemi tanár

Tudományos Diákköri Konferencia

Budapest, 2023.12.07



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



ELTE
EÖTVÖS LORÁND
TUDOMÁNYEGYETEM

ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék
2023



Új Nemzeti
Kiválóság Program

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Az előadás tartalma

Bevezetés

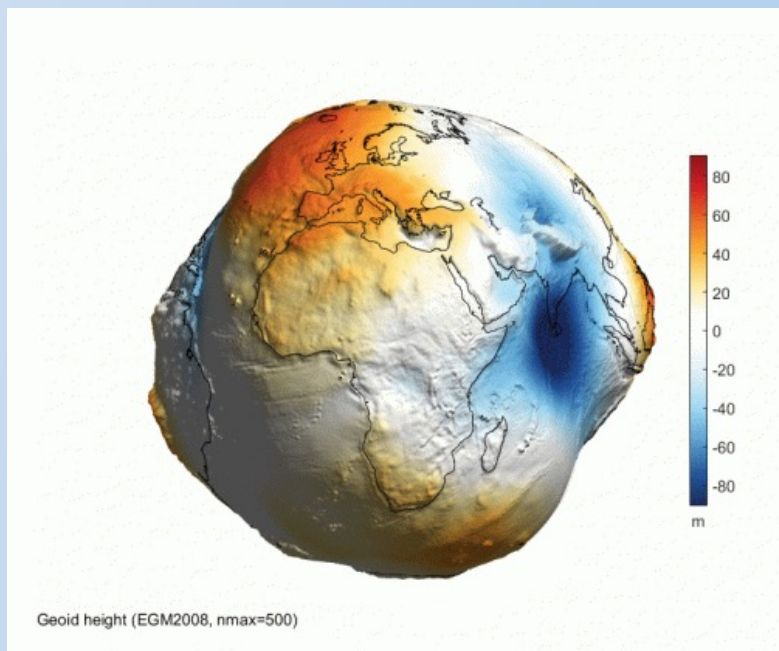
Adatok és módszerek

Eredmények

Diskusszió

Konklúzió

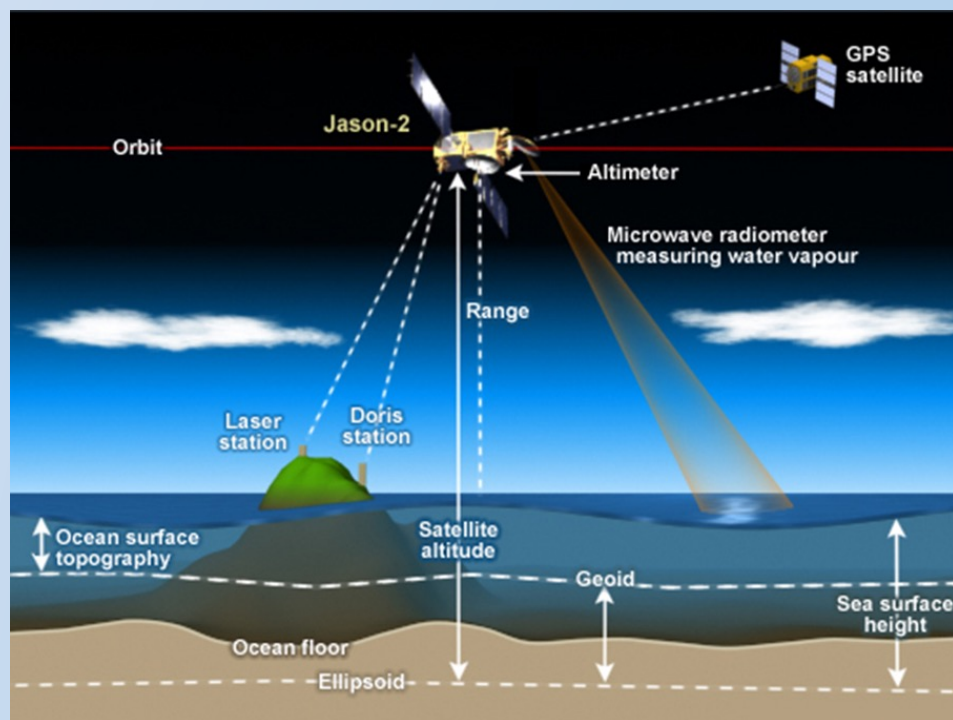
A Föld alakjának leírása



Forrás: <https://microglacoste.com/applications/geoid-investigation/>

- Már az ókorban is felmerült, hogy a **tengerszinthez kapcsolódik** (*Rorres 2016*)
- Több geometriai test is felmerült, mint potenciális alak
 - Gömb
 - Forgási ellipszoid
- *Gauss (1828)*: a Föld alakja a nehézségi erőter egy kitüntetett potenciálfelülete, ami legjobban illeszkedik a **nyugalmi tengerszinthez**
 - Neve: **geoid** (*Listing 1872*)
 - Értéke: $W_o = 62\,636\,830,0 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ (*Moritz 1980*)

A földi tengerszint meghatározása



Forrás: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/socd/lsa/AltBathy/>

- *Gauss (1828)* a nyugalmi tengerszinttel definiálta a geoidot
 - Ennek meghatározása nem egyszerű
 - Sok módosító hatás: lényegében nem létező fogalom
- A pillanatnyi magasságot tudjuk megmérni
 - Néhány hatás kiküszöbölhető hosszabb távú átlagolással
- Távérzékelés sok új lehetőséget hozott
 - Műholdas altimetria
 - GNSS
- Legrégábbi módszer: mareográfok

A földi tengerszint meghatározása

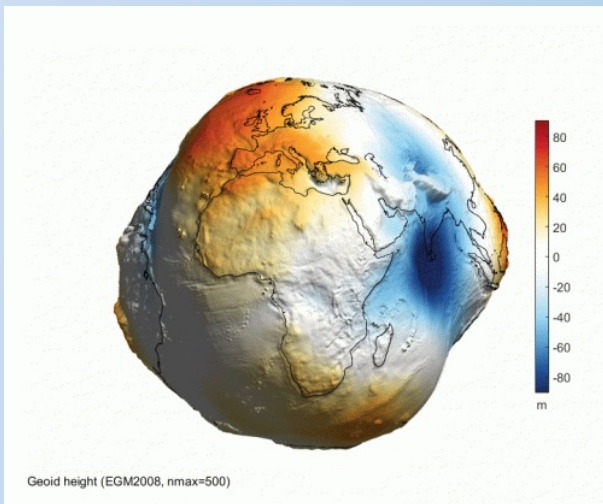


Forrás:

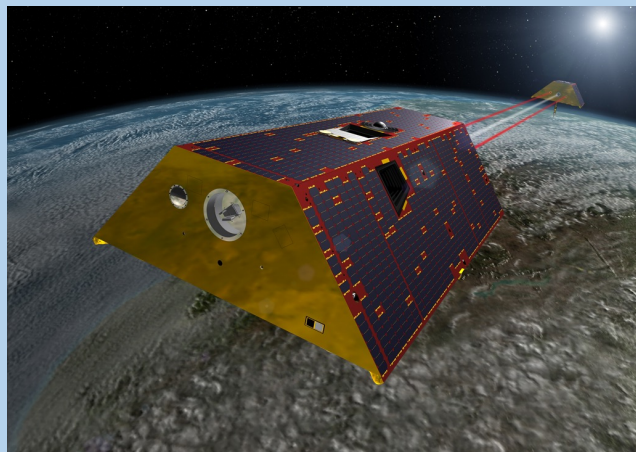
<https://caymannewsservice.com/2022/01/tide-gauges-fitted-to-measure-sea-levels-and-activity/>

- *Gauss* (1828) a nyugalmi tengerszinttel definiálta a geoidot
 - Ennek meghatározása nem egyszerű
 - Sok módosító hatás: lényegében nem létező fogalom
- A pillanatnyi magasságot tudjuk megmérni
 - Néhány hatás kiküszöbölhető hosszabb távú átlagolással
- Távérzékelés sok új lehetőséget hozott
 - Műholdas altimetria
 - GNSS
- Legrégábbi módszer: **mareográfok**

Az EGM2008 geoid-modell



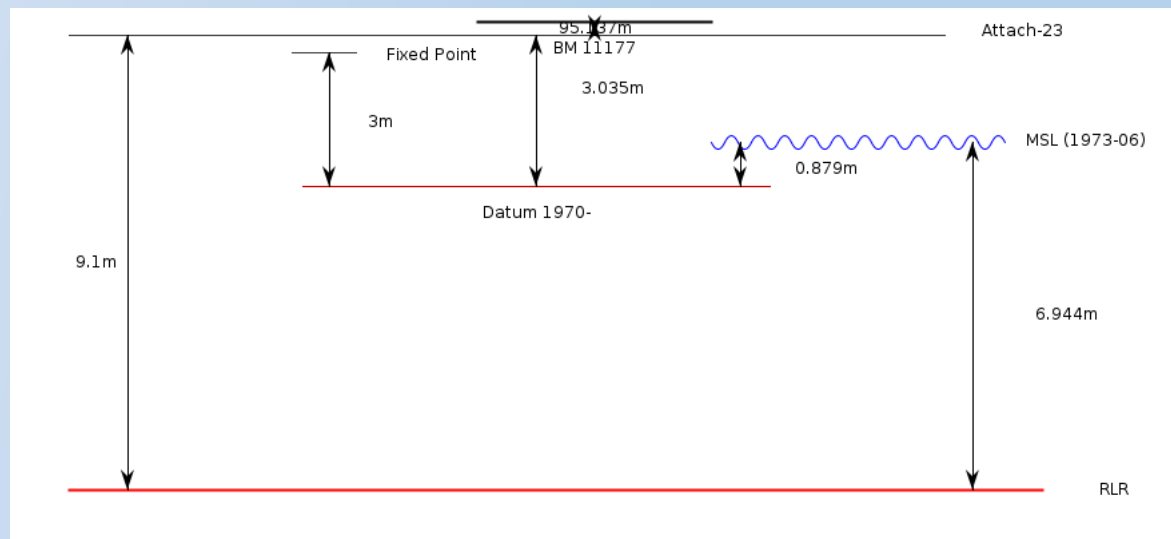
Forrás: <https://microglacoste.com/applications/geoid-investigation/>



Forrás: <https://gracefo.jpl.nasa.gov/mission/overview/>

- Geoid leírása: **Gömbfüggvény-sorok** együtthatóival
- Legfrissebb geoid-modell: **EGM2008** (*Pavlis et al 2008*)
 - 2180 fokig és rendig
 - Újítás: A **GRACE** misszió adatait is felhasználták
 - „Tom és Jerry”-2 műhold ugyanazon a pályán
- Munkámban 18 fokig és rendig használtam fel

A mareográf-adatok



OGA állomás RLR-diagramja
Forrás: Holgate et al 2013, PSMSL 2023

- Bemenő adat: a mareográfok magasságai
- **Permanent Service for Mean Sea Level** oldaláról (*Holgate et al 2013, PSMSL 2023*)
 - RLR (revised local reference) feletti adatok
 - Kb. 7000 mm-el tengerszint alatt
- Fontos: legyen **GNSS-állomás**
 - RLR és az ellipszoid közötti kapcsolathoz
 - Pontos koordinátákhoz
- Éves adat, én 5 éves átlaggal dolgoztam

A potenciálérték kiszámításának módszere

$$V(r, \varphi', \lambda) = \frac{GM}{r} \left(1 + \sum_{n=2}^{18} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos(m\lambda) + \bar{S}_{nm} \sin(m\lambda)) \bar{P}_{nm}(\sin(\varphi')) \right) + \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \cos(\varphi')^2$$

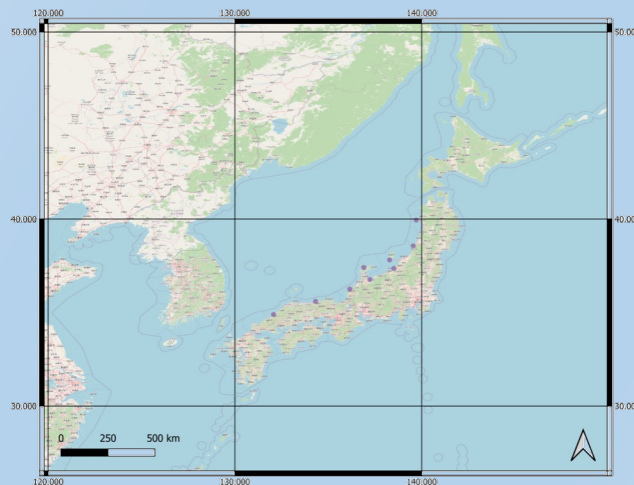
*A nehézségi potenciál általános alakja
Forrás: NGA 2014*

- Kiszámítás: a **Laplace-egyenlet** megoldása alapján
- Szükséges:
 - Együtthatók
 - Koordináták
 - Normalizált **Legendre-polinomok**
- **Python-programban** valósítottam meg

$$\bar{P}_{nm}(\sin \varphi') = \sqrt{\frac{(n-m)!(2n+1)k}{(n+m)!}} P_{nm}(\sin \varphi')$$

*Az asszociált Legendre-polinomok normalizálása
Forrás: NGA 2014*

Az első vizsgált terület: Japán-tenger



*A felhasznált mareográfok térképen
forrás: PSMSL (2023), OpenStreetMap, QGIS*

Mareográf	Azonosító	Szélesség	Hosszúság
Hamada2	1585	34,897222	132,066111
Kashiwazaki	753	37,356667	138,508333
Mikuni	1190	36,254722	136,148889
Nezugaseki	752	38,563333	139,54833
Oga	1264	39,942222	139,705833
Ogi	1344	37,814722	138,281111
Tajiri	1148	35,593611	134,315833
Toyama	1389	36,762222	137,224722
Wajima	132	37,405833	136,900278

A felhasznált állomások adatai

- Első tengerrészlet: **Japán-tenger**
- 9 állomással
 - Csak olyanok, ahol volt **GNSS-állomás**
- Mindről letöltöttem az adatokat, majd kiszámoltam a tömegközépponttól vett távolságokat **5 éves átlagban**
- Ha nem volt megfelelő adat: azt az időszakot nem vettem figyelembe

Eredmények

Mareográf-állomás	A számított potenciál értéke (m ² /s ²)
Hamada2	62 636 205,27
Kashiwazaki	62 636 402,36
Mikuni	62 636 335,32
Nezugaseki	62 636 446,01
Oga	62 636 489,59
Ogi	62 636 409,85
Tajiri	62 636 267,50
Toyama	62 636 359,22
Wajima	62 636 364,93
<i>GSI980 (Moritz 1980)</i>	<i>62636830</i>

- Minden állomásra kiszámítottam a lehető legrégebbi időszaktól kezdve a **potenciálértéket**
- A táblázatban: **2016-2020-as** időszak értékei
- Legnagyobb: **Oga**
- Legkisebb: **Hamada2**

Az eredményül kapott potenciálértékek a 2016-2020-as időszakban, és a geoid értéke az 1980. évi geodéziai rendszer szerint

A kapott adatok alapján a tengerrészlet átlagos potenciálértéke

Mareográf-állomás	A számított potenciál értéke (m^2/s^2)
Hamada2	62 636 205,27
Kashiwazaki	62 636 402,36
Mikuni	62 636 335,32
Nezugaseki	62 636 446,01
Oga	62 636 489,59
Ogi	62 636 409,85
Tajiri	62 636 267,50
Toyama	62 636 359,22
Wajima	62 636 364,93
GS1980 (Moritz 1980)	62636830

- Az utolsó időszakra kiszámítottam a tengerrészletre jellemző átlagos értéket is
 - Legkisebb négyzetek módszerével számítottam
- A kapott érték:
 $62636364,4540 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

Az eredményül kapott potenciálértékek a 2016-2020-as időszakban, és a geoid értéke az 1980. évi geodéziai rendszer szerint

Az átlagos potenciálérték eltérése a geoidtól

Mareográf-állomás	A potenciálértékek eltérése a GS80 geoidjától (m^2/s^2)
Hamada2	624,73
Kashiwazaki	427,64
Mikuni	494,68
Nezugaseki	383,99
Oga	340,41
Ogi	420,15
Tajiri	562,5
Toyama	470,78
Wajima	465,07

- Az átlagos érték: $62\,636\,364,45 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
- A geoid értéke: $62\,636\,830 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
- Eltérés: $465,55 \text{ m}^2/\text{s}^2$
 - Ez nagyjából $46,5 \text{ m-t}$ jelent
- Oka: különböző adatok, különböző módszer
 - Lokális tengerszint torzulása fontos tényező
 - Tengerpartok mozgása

Az eredményül kapott potenciálértékek eltérése a GS80 geoid potenciálértékétől a 2016-2020-as időszakban

A potenciálérték időbeli változása

Epoch	Potenciál-érték (m^2/s^2)	Az RLR feletti tengerszint (mm)
1956-1960	62 636 365,38	7035,2
1961-1965	62 636 365,58	7015
1966-1970	62 636 365,82	6990,4
1971-1975	62 636 365,52	7021,6
1976-1980	62 636 365,79	6992,9
1981-1985	62 636 365,78	6994
1986-1990	62 636 365,74	6998
1991-1995	62 636 365,54	7019,2
1996-2000	62 636 365,27	7046,51
2001-2005	62 636 365,21	7052
2006-2010	62 636 365,20	7053,2
2011-2015	62 636 365,15	7058
2016-2020	62 636 364,93	7081

- Leghosszabb adatsor: Wajima esetében
 - 1956-2020-ig
- Látható, hogy a tengerszint pár mm-es változásai
hogyan hatnak a potenciálértékekre
 - 10-50 mm-es változások jellemzőek

Wajima állomás RLR feletti magasságadatai és a kapott potenciálértékek

Konklúzió

- **Mareográfok** adatainak feldolgozásához készítettem olyan programot, amellyel meghatározható adott időpontra a **potenciálérték**
- Az **EGM2008** modellt használtam, és a **Japán-tenger** volt az első feldolgozott tengerrészlet
- Eredmény (a 9 állomás átlaga 2016-2020-ig):

$$62\,636\,364,4540 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

- A tengerszint időbeli változása megjelent a potenciálértékben is: 10-50 mm-es változások voltak itt jellemzőek
- A módszerrel tervezem több tengerrészlet potenciálértékét is vizsgálni a jövőben

Köszönöm a figyelmet!

- **Mareográfok** adatainak feldolgozásához készítettem olyan programot, amellyel meghatározható adott időpontra a **potenciálérték**
- Az **EGM2008** modellt használtam, és a **Japán-tenger** volt az első feldolgozott tengerrészlet
- Eredmény (a 9 állomás átlaga 2016-2020-ig):

$$62\,636\,364,4540 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

- A tengerszint időbeli változása megjelent a potenciálértékben is: 10-50 mm-es változások voltak itt jellemzőek
- A módszerrel tervezem több tengerrészlet potenciálértékét is vizsgálni a jövőben

Felhasznált irodalom

Gauss, C. F. (1828) *Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona*. Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, 84 p.

Holgate, S.J.; Matthews, A.; Woodworth, P.L.; Rickards; L.J.; Tamisiea, M.E.; Bradshaw; E.; Foden, P.R.; Gordon, K.M.; Jevrejeva, S.; Pugh. J. (2012) ‘New Data Systems and Products at the Permanent Service for Mean Sea Level’, *Journal of Coastal Research*, 29(3), pp. 493–504. doi: 10.2112/jcoastres-d-12-00175.1.

Listing, J. B. (1872) ‘Über unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde (aus den Nachrichten der K. Ges. der Wiss)’. Deiterich, Göttingen, 66 p.

Pavlis, N.K.; Holmes, S.A.; Kenyon, S.C.; Factor J.K. (2009) ‘An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008’ *Presented at the EGU General Assembly, Vienna Austria, April, 13-18*.

Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) (2023) ‘Tide gauge data’ Retrieved 25 Oct 2023 from <http://www.psmsl.org/data/obtaining/>.

Rorres, C. (2016) ‘Archimedes’ floating bodies on a spherical Earth’, *American Journal of Physics*. 84(1), pp. 61–70. doi: 10.1119/1.4934660.

National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) (2004) ‘World Geodetic System 1984, its definition and relationships with local geodetic systems’ NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84