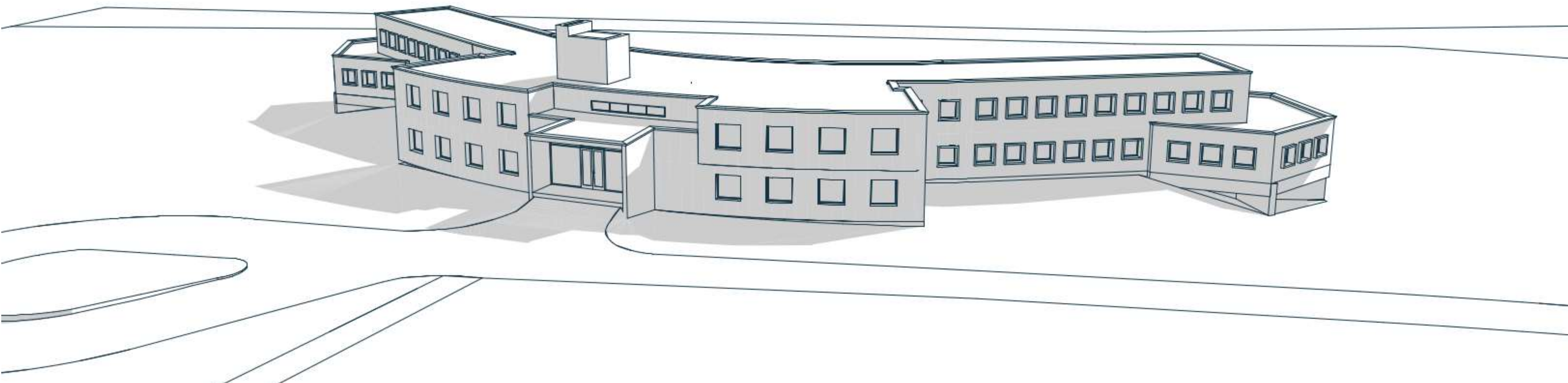


Online EHT fejlesztése *PROJ* alapon, szabatos EOV vetületi egyenletekkel



Tóth Sándor^{1,2} Hajdu István¹

¹Kozmikus Geodéziai Observatórium, Lechner Nonprofit Kft.

²Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Építőmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

GISopen 2022

Székesfehérvár, 2022.09.02

1 Koordináta-
transzformáci
ó

2 EHT szolgáltatás

3 proj

4 EOVS

5 Proj
transzformáció

6 WEB felület

KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ

- Két eltérő vonatkoztatási rendszer között. (Forrás-rendszer, Cél-rendszer)
- Esetünkben: ETRS89/ETRF2000 <-> HD72 (EOV/EOMA)

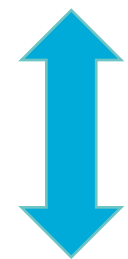
ETRS89/ETRF2000

Ellipszoid: GRS80

Kerethálózat: ETRF2000

Koordináta típusok:

Térbeli derékszögű



zárt matematikai összefüggések

Ellipszoidi földrajzi

HD72 + EOMA

Ellipszoid: IUGG67

Kerethálózat: HD72-EOVA + EOMA

Koordináta típusok:

Térbeli derékszögű



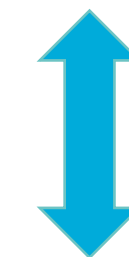
zárt matematikai összefüggések

Ellipszoidi földrajzi



zárt vetületi egyenletek

VETÜLETI SÍK KOORDINÁTÁK: EOV



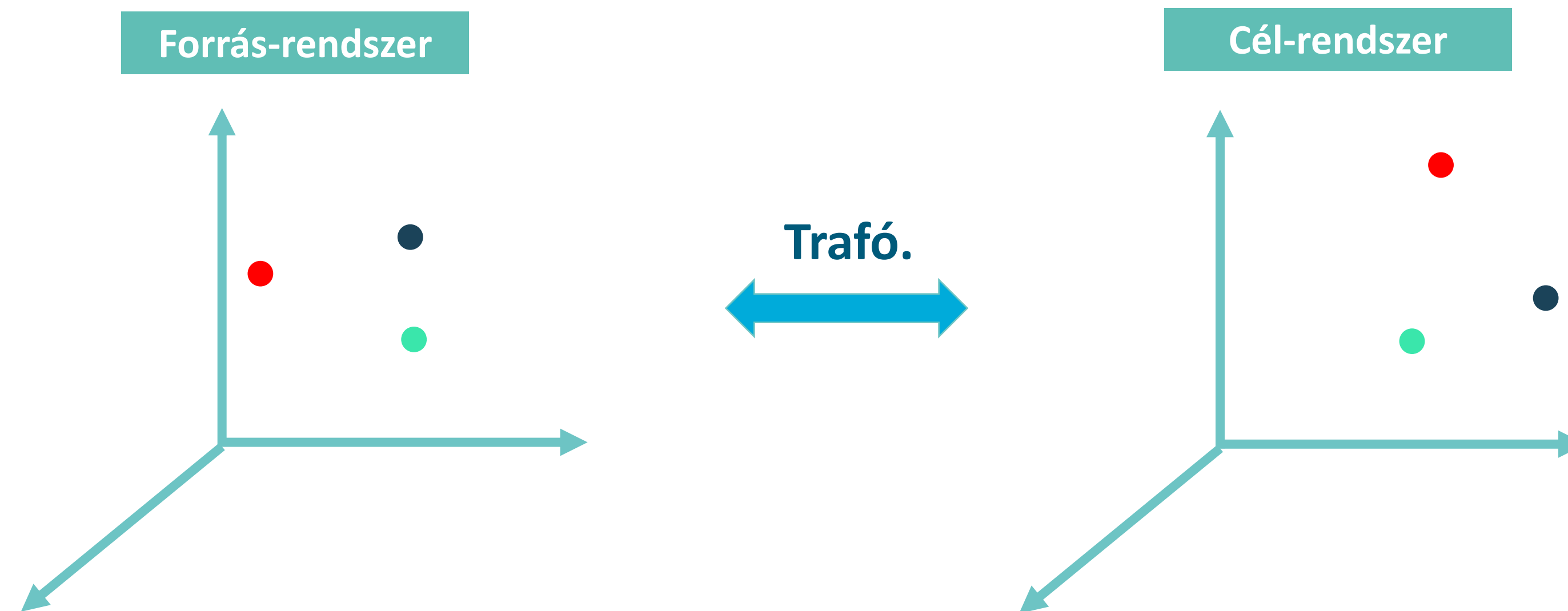
geoid modell

EOMA (TSZF.) MAG.



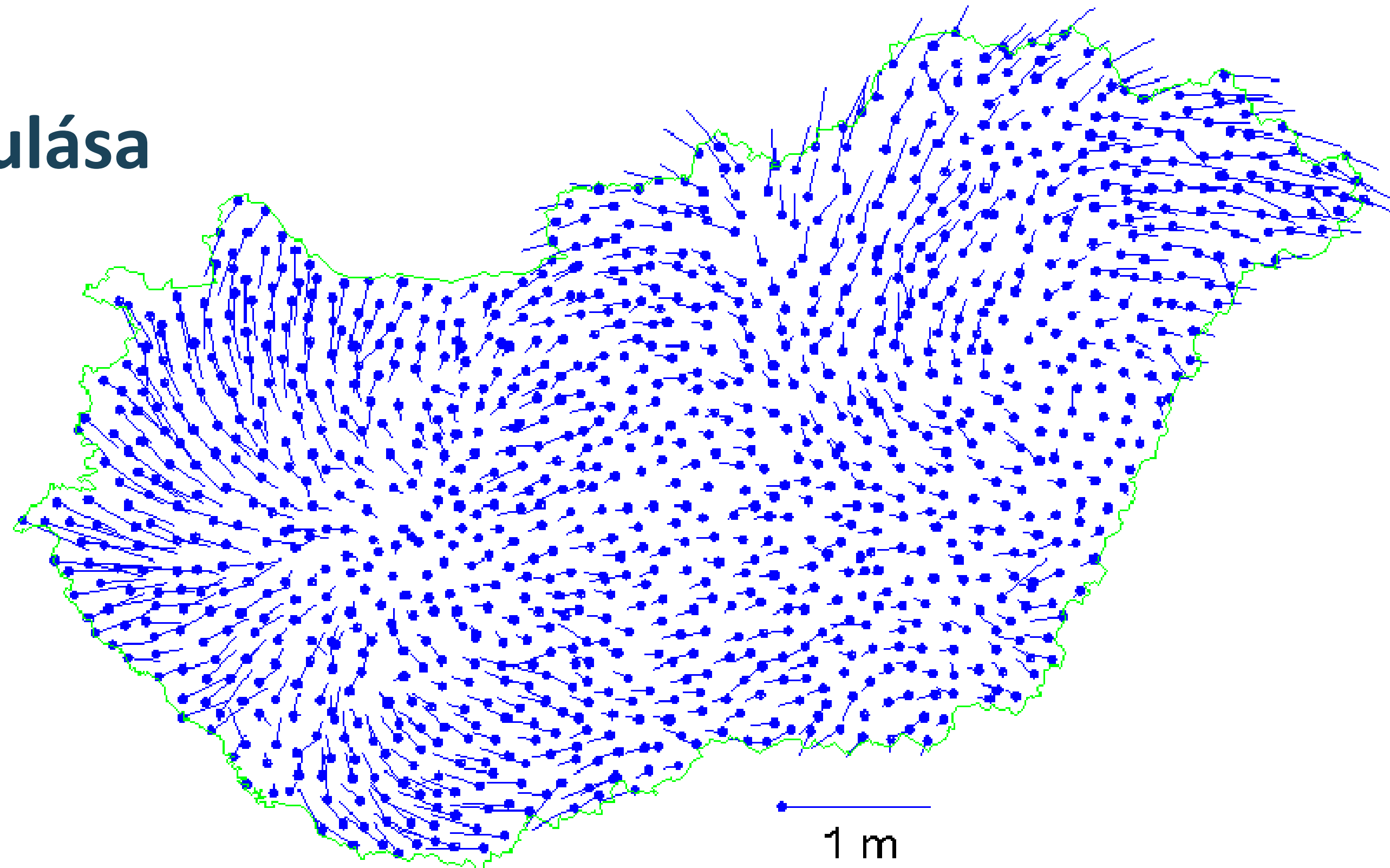
KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ

- Térbeli hasonlósági transzformáció (pl.: Bursa-Wolf modell)
- Transzformációs paraméterek meghatározása mindkét rendszerben adott ún. közös pontokból (~1163 db OGPSH pont)



KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ

- **Eredménye: a maradék ellentmondások deciméteres nagyságrendűek**
- **Következtetés: országos paraméter készlettel szabatos transzformáció nem végezhető**
- **Ennek oka: EOVA torzulása**



KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ: LOKÁLIS PARAMÉTEREKKEL

EHT² keresősugaras megoldás (desktop alkalmazás): az adott munkaterületre számított lokális paraméter készlet

VITEL: javítórácsos megoldás. A pont koordinátáinak javítása a környező négy darab rácsponttól interpolált értékkel. GNSS vevőkbe telepített valós idejű ETRS89->HD72 átszámítás. Majd az online EHT 1.0 alapja.

KÉTFÉLE MEGKÖZELÍTÉS LEHETSÉGES, MELYEKHEZ KÉTFÉLE RÁCS TÍPUS TARTOZIK

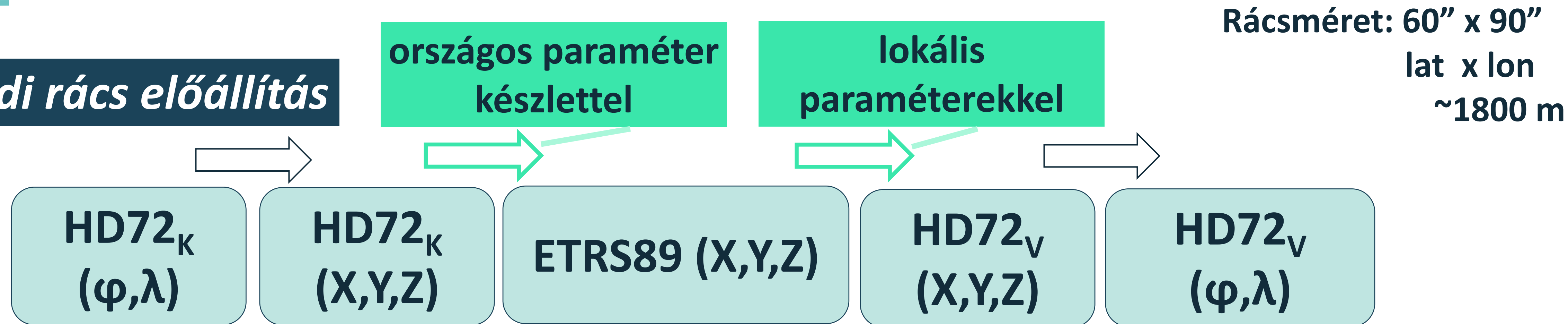
→ **Ellipszoidi rács**

→ **Vetületi rács**

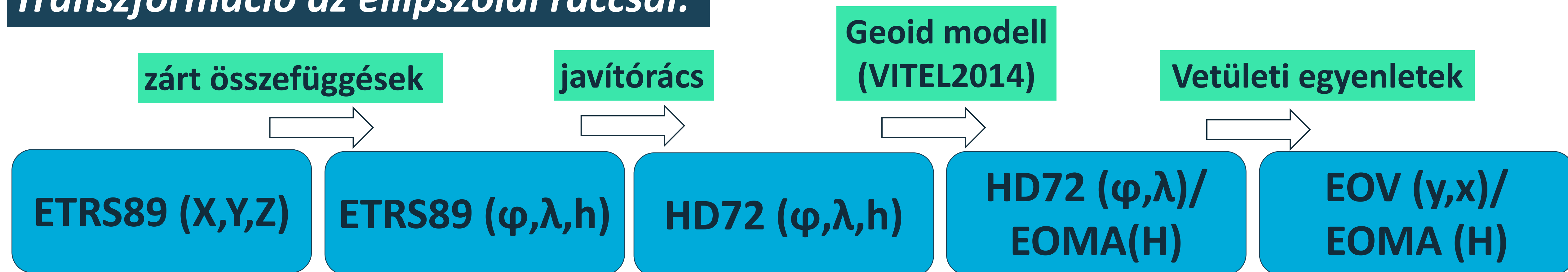


KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ: ELLIPSZOIDI RÁCS ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LÉPÉSEI

Ellipszoidi rács előállítás



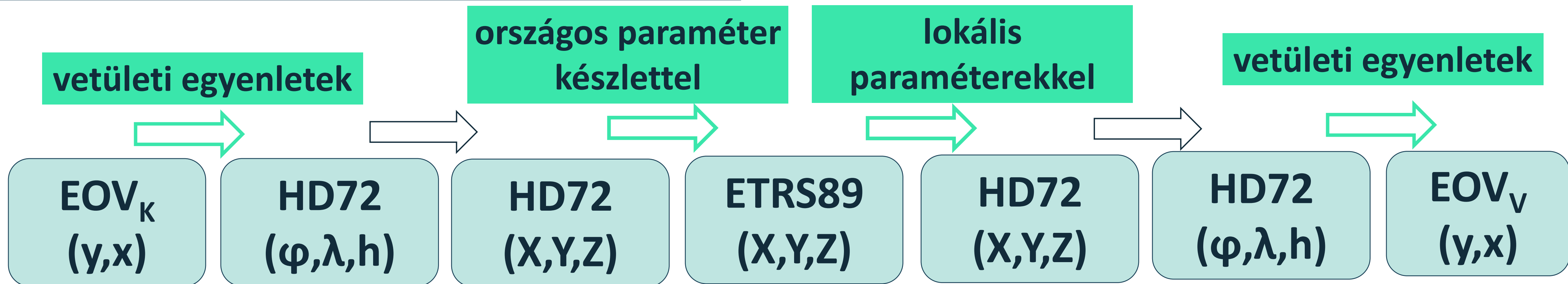
Transzformáció az ellipszoidi ráccsal:



KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ: VETÜLETI RÁCS ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LÉPÉSEI

Rácsméret: 2 x 2 km

EOV vetületi rács (~48 ezer rácspont)



Transzformáció:

zárt összefüggések

Országos paraméterekkel

zárt összefüggések

Vetületi egyenletek

Javítórács + Geoid modell (VITEL2014)

ETRS89 (φ,λ,h)

ETRS89 (X,Y,Z)

HD72 (X,Y,Z)

HD72 (φ,λ,h)

EOV_E (y,x)/h

EOV_J (y,x)/EOMA (H)



KOORDINÁTA-TRANSZFORMÁCIÓ: online EHT

Online EHT 1.0 (<https://eht.gnssnet.hu>)

- Egységes keret a gyakorlati alkalmazásokhoz
- Jogszabályból eredő kötelezettség

Online EHT 2.0 (<https://eht2.gnssnet.hu>)

Előzmények:

- EHT 1.0 hardver elavulás
- Korábbi felhasználói igény PROJ javítórácsra -> BME megoldás* megismerése
- PROJ-ban lévő lehetőségek felismerése

Irodalom:

*Takács Bence – Siki Zoltán 2017. *Centiméter pontosságú ETRS89-EOV/Balti átszámítás nyílt forráskódú környezetben.*
Konferenciaközlemény, Debreceni Egyetemi Kiadó (2017) pp. 355-362.



PROJ

- **Nyíltforráskódú (MIT licenc) geodéziai transzformációkat és vetületi számításokat támogató szoftver**
- **Összhang az ISO 19111:2019 szerinti EPSG adatbázissal**
- **Számos térinformatikai rendszerben (pl.: QGIS) biztosítja az ilyen jellegű számításokat**
- **Az egyszerű vetületi számításokon túl támogatja többek között javítórácsok alkalmazását transzformációs célokra (rács formátum: gsb, gtx)**
- **Deformációs modellek használatával az időfüggő kinematikus (4D) vonatkoztatási rendszereket is. (pl.: NKG)**

Előnyei:

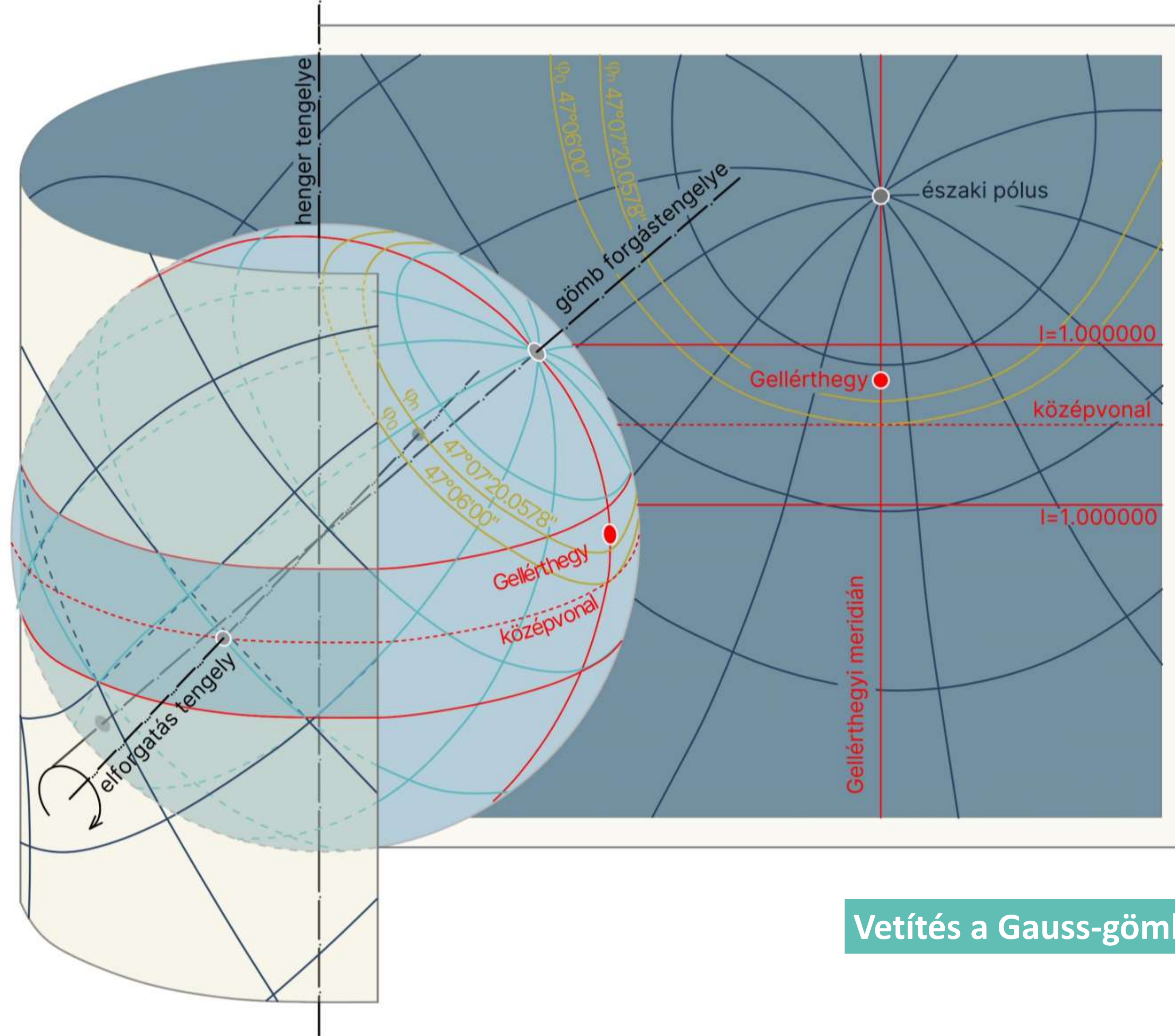
- **Korábbi EHT (1.0) megoldásnál gyorsabb**
- **a jövőben akár az EOMA2 során kidolgozott időfüggő transzformációkat is egyszerűen támogatni tudja**



PROJ EOV

Egységes Országos Vetületi Rendszer

Ferdetengelyű
Szögtartó
Redukált
Henger
Alapfelület: IUGG67, Gauss-gömb



Vetítés a Gauss-gömről a hengeralástr



Miért egyedi az EOVS?

- Mert különböző földrajzi szélességeken történik az ellipszoidról a gömbre ill. a gömbről a hengerre a vetítés. Nincs másik ilyen ferdetengelyű henger vetület! (Molnár – Tímár 2002)

Ellipszoidról a gömbre vetítés (normál párhelykör)
szélességei

$$\phi_n = 47-10-00.0000$$

$$\varphi_n = 47-07-20.0578$$

Gömbről a hengerre vetítés szélességei

$$\phi_0 = 47-08-39.8174$$

$$\varphi_0 = 47-06-00.0000$$

- A PROJ-ban nem szerepelnek külön az EOVS egyenletei. Más ferdetengelyű szögtartó hengervetületekkel közelíthető:
 - **omerc**: Hotine Oblique Mercator (variant B) [EPSG:9815]
 - **somerc**: Swiss Oblique Mercator*

* a *somerc* vetület bár az egyenletek szintjén eltér a *Hotine Oblique Mercator*-tól, a két vetület azonos koordináta eredményt szolgáltat.

Irodalom:

Molnár Gábor – Tímár Gábor 2002. Az EOVS-koordináták nagy pontosságú közelítése Hotine-féle ferdetengelyű Mercator-vetülettel. *Geodézia és Kartográfia*, 54(3). pp. 18–22.



Miért nem jó a PROJ-ban megtalálható vetületeken alapuló közelítő megoldás az EHT szolgáltatásban?

- A 15/2013 VM. rendelet 1. melléklete (ill. az A.1. vetületi szabályzat is) világosan lefekteti azt az EOVS paraméter készletet és módszert, amellyel a vetületi számítások elvégezhetőek.
- Ezt az előírást a közelítő (pl.: *somerc*) megoldás nem elégíti ki. Ezek a megoldások ugyanis többek között figyelmen kívül hagyják az eltérő normál paralelkör és vetületi középpont szélességet.
- Ebből adódóan a számítások során: a gömbi- ill. a gömbi segédkoordináták, a Gauss-gömb sugara és végső soron a síkkoordináták is eltérőek lesznek a Vetületi Szabályzat szerint számított értékektől



PROJ fejlesztés

- Az EOV implementálását mind az oda mind a vissza irányú vetületi számítások esetében elvégeztük.
- Ehhez nem hoztunk létre egy teljesen új vetületet, hanem somerc vetület egyenleteit módosítottuk egy plusz paraméter (+*latc*) bevezetésével
- Így figyelembe véve az eltérő normál paralelkör és vetületi középpont szélességeket
- A vetületi egyenletek formai alakja matematikai értelemben mindenben megegyezik az A1 szabályzatban leírtakkal.



PROJ stringek

A (új megoldás)

```
+proj=somerc +lat_0=47.1666666666667 +lon_0=19.0485717777778 +latc=47.100000  
+k_0=0.99993 +x_0=650000 +y_0=200000 +ellps=GRS67 +units=m +no_defs
```

B (korábbi közelítő megoldás)

```
+proj=somerc +lat_0=47.1443937222222 +lon_0=19.0485717777778 +k_0=0.99993  
+x_0=650000 +y_0=200000 +ellps=GRS67 +units=m +no_defs
```



A-B

dY

(Y koordinátákban az eltérés)

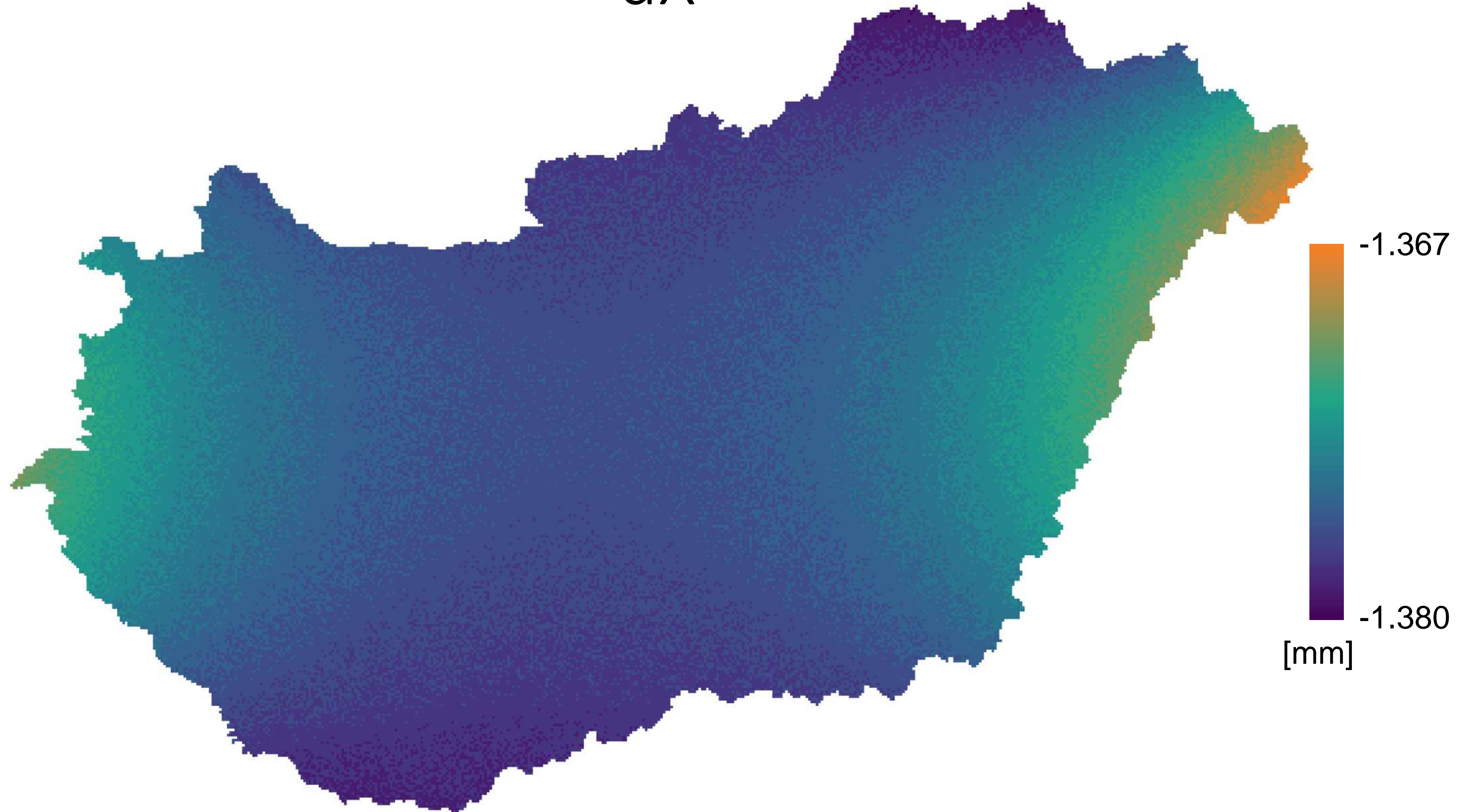


*A számítások eredményeként 6 tizedesjegy éles sík koordináták lettek összevetve

A-B

dX

(X koordinátákban az eltérés)



A-B

dD

Ponthiba: $dD = \sqrt{dY^2 + dX^2}$



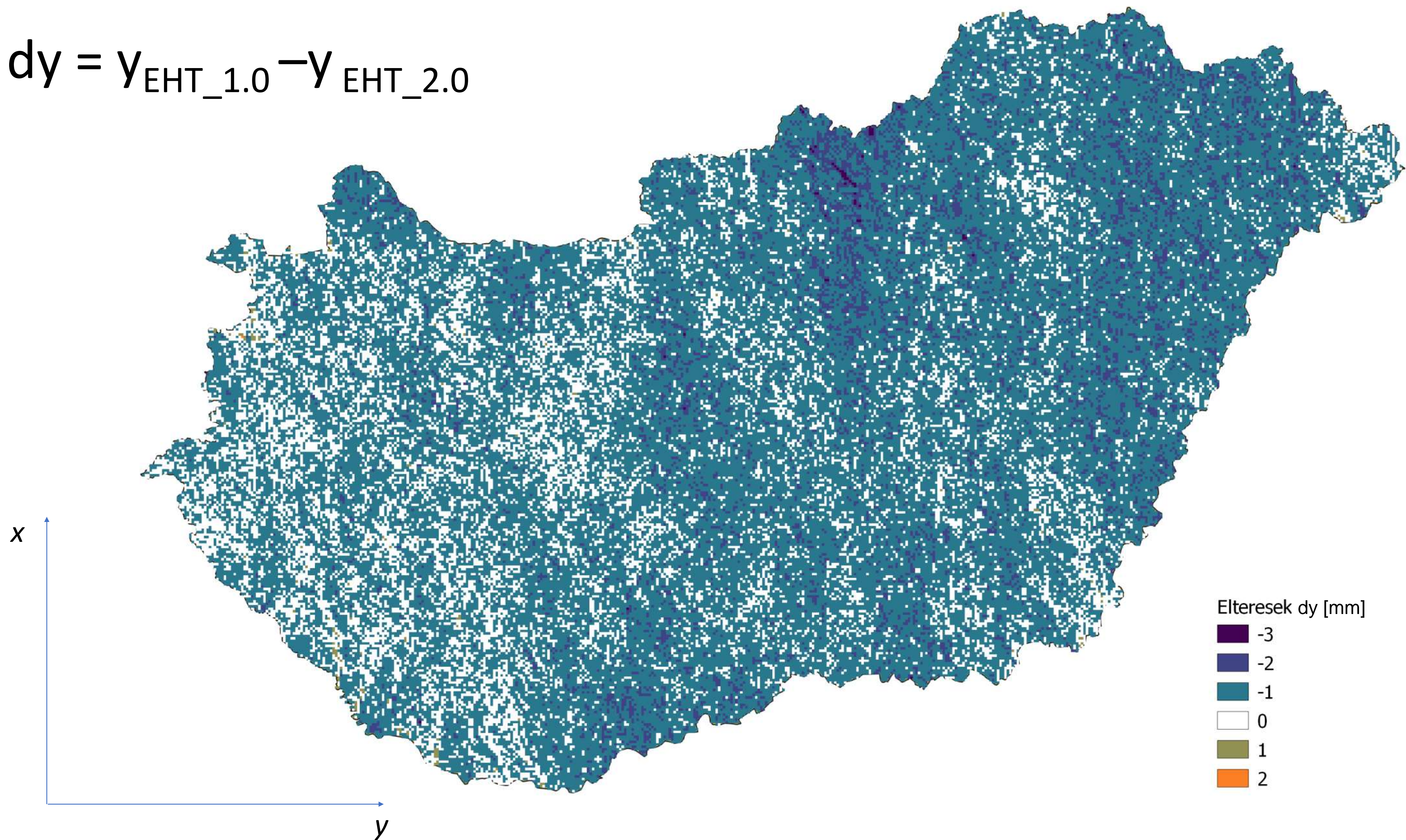


LECHNER
TUDÁSKÖZPONT

**TRANSZFORMÁCIÓ
EREDMÉNYEK**
EHT 1.0 – EHT 2.0

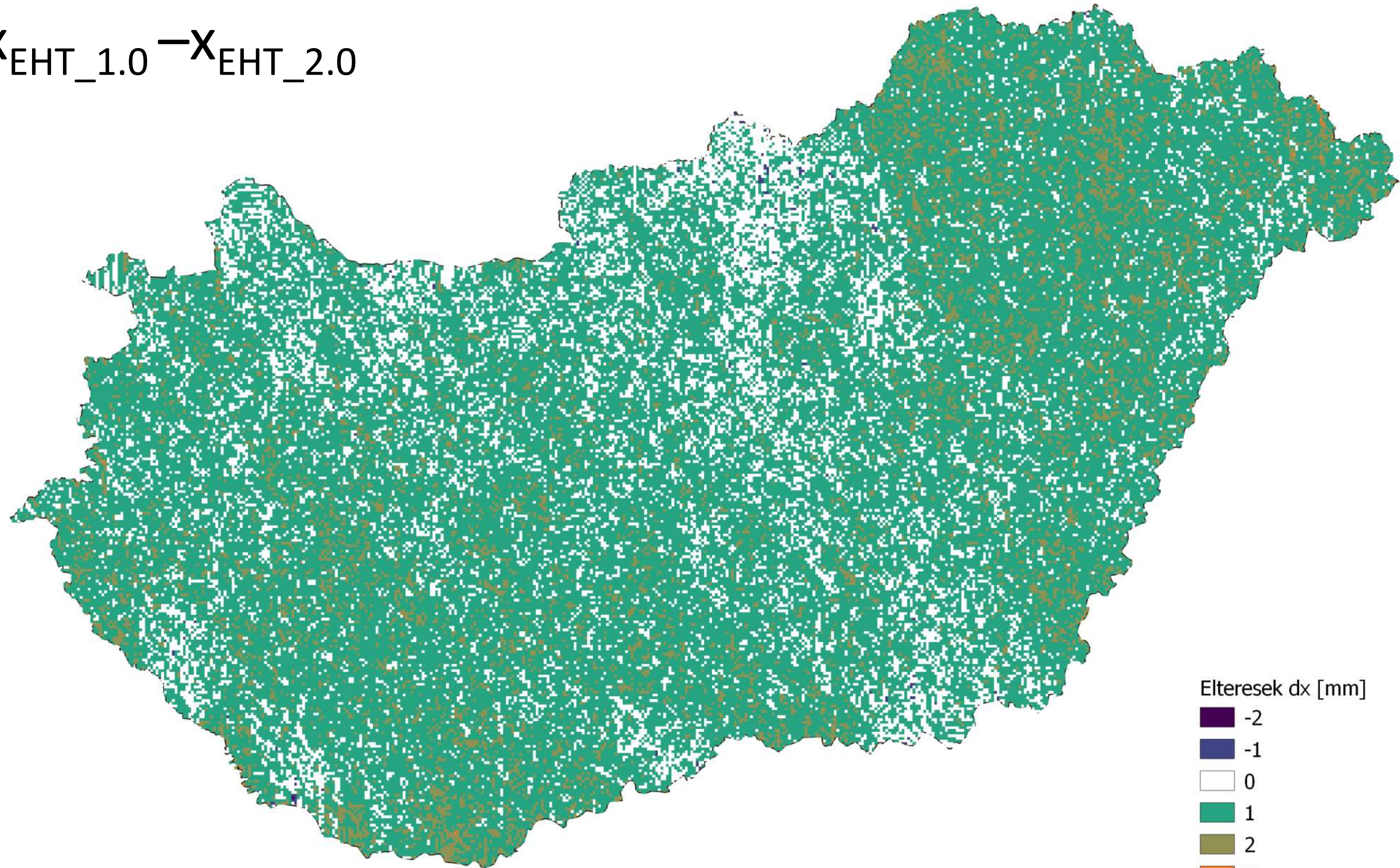
TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs EHT 1.0

$$dy = y_{\text{EHT_1.0}} - y_{\text{EHT_2.0}}$$

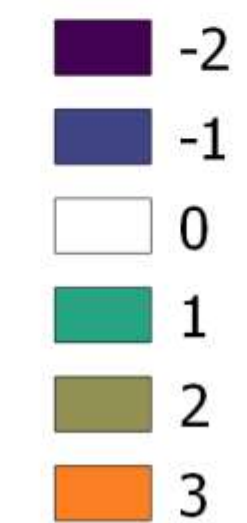


TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs EHT 1.0

$$dx = x_{\text{EHT_1.0}} - x_{\text{EHT_2.0}}$$

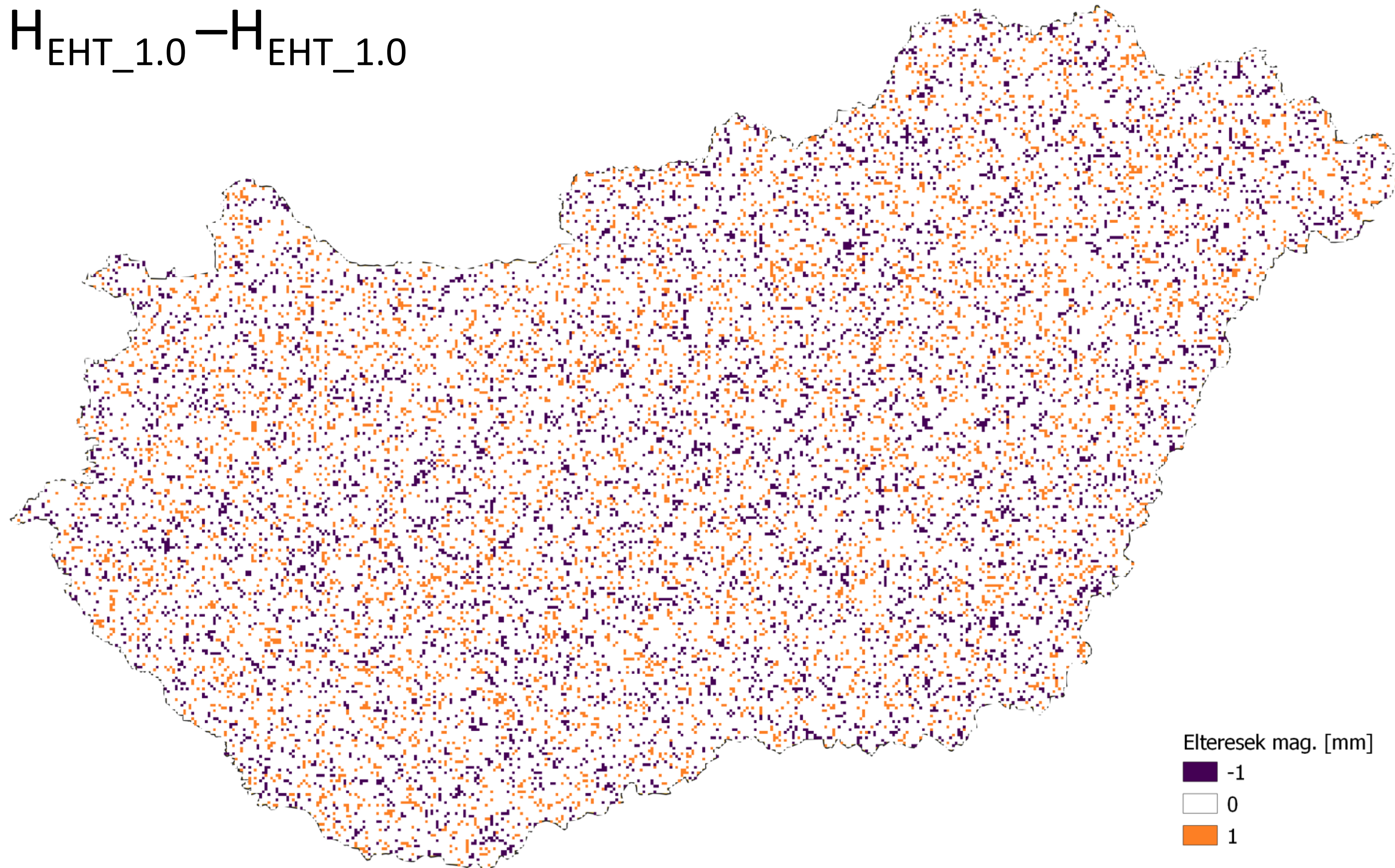


Elterések dx [mm]

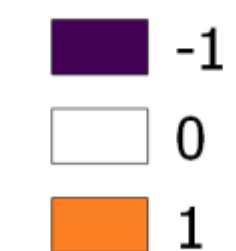


TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs EHT 1.0

$$dH = H_{\text{EHT_2.0}} - H_{\text{EHT_1.0}}$$



Elterések mag. [mm]



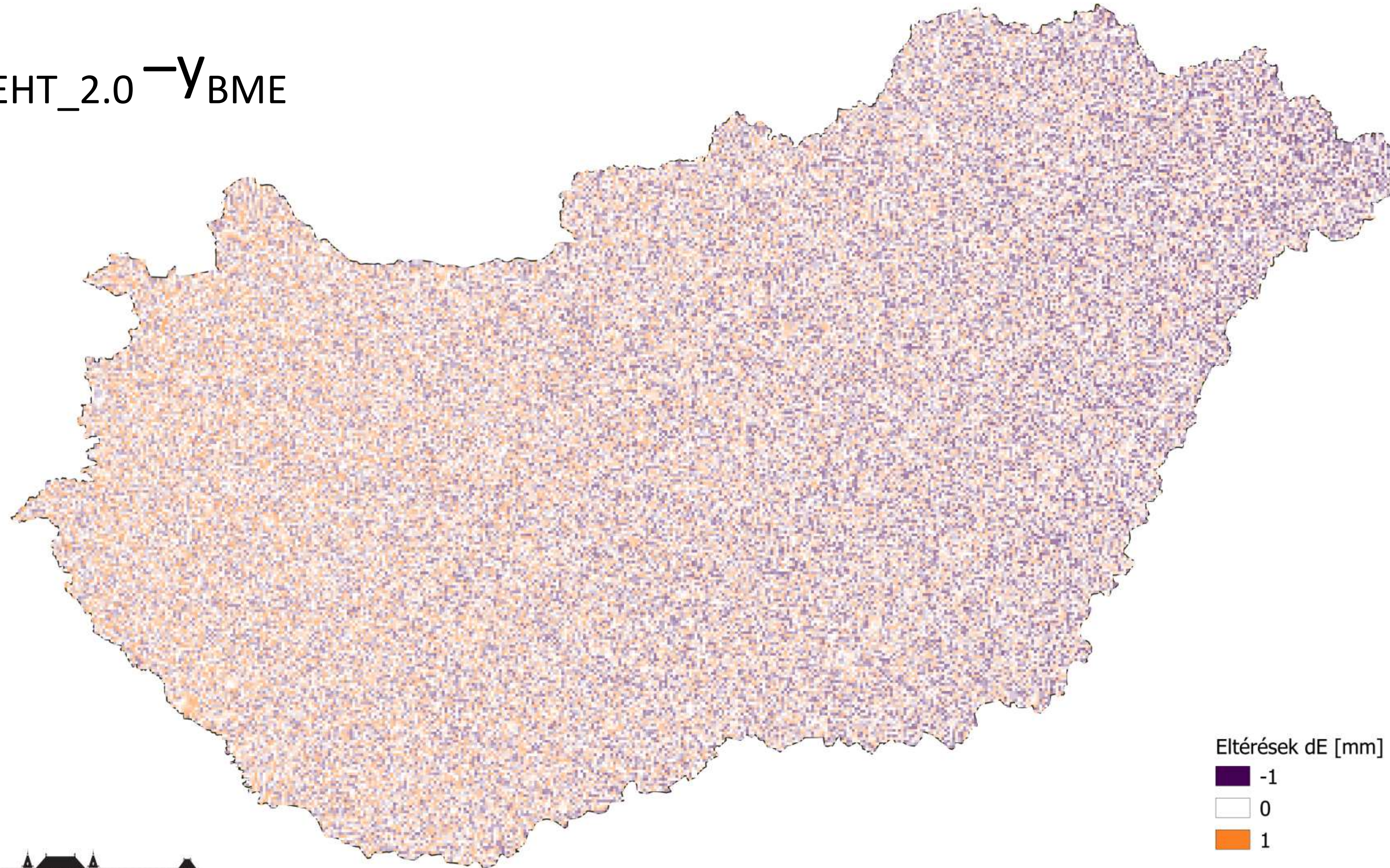


LECHNER
TUDÁSKÖZPONT

**TRANSZFORMÁCIÓ
EREDMÉNYEK**
EHT 2.0 – BME

TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs BME megoldás*

$$dy = y_{\text{EHT_2.0}} - y_{\text{BME}}$$



Eltérések dE [mm]

-1

0

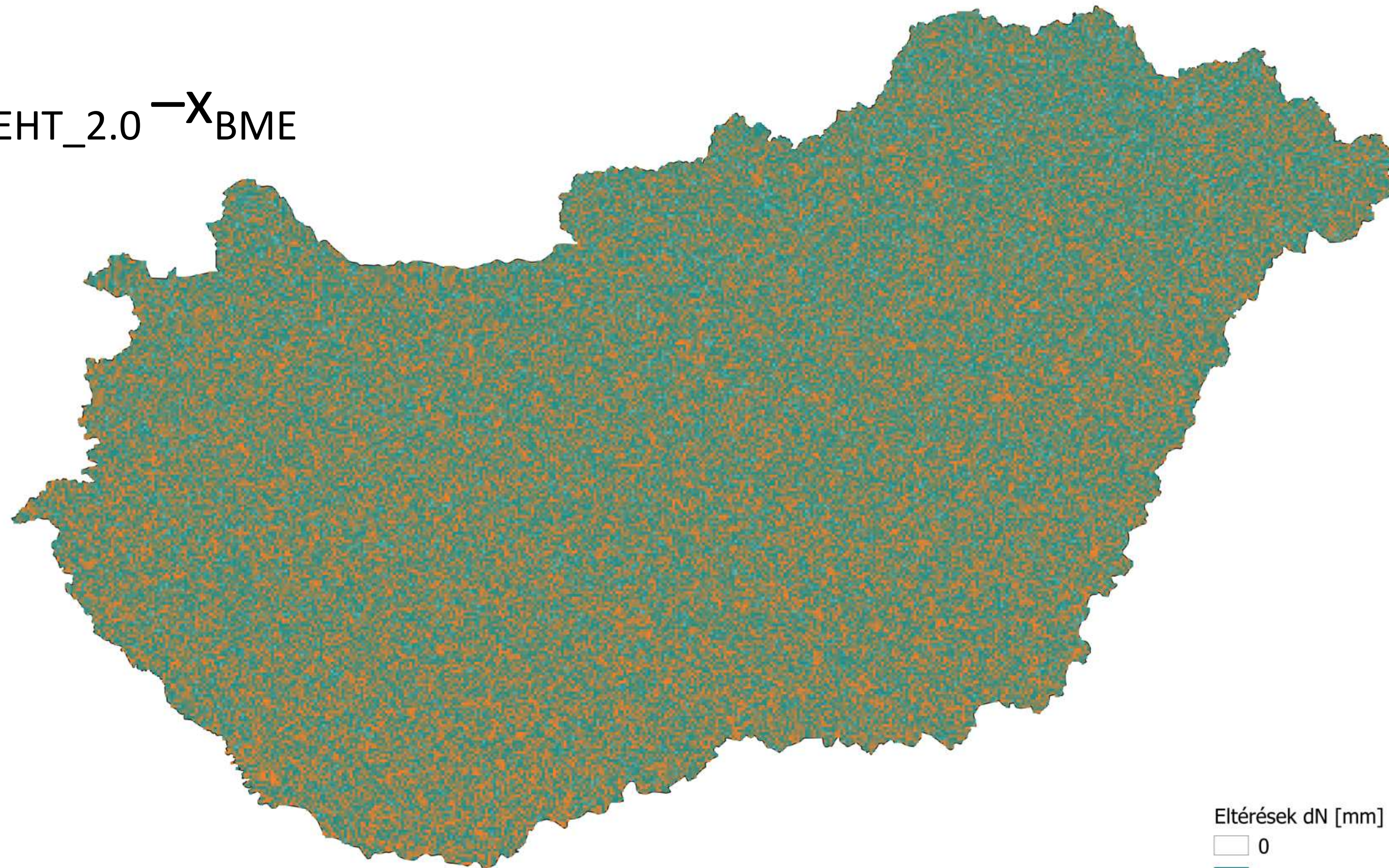
1



*http://www.agt.bme.hu/on_line/etrs2eov/

TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs BME megoldás

$$dx = x_{\text{EHT_2.0}} - x_{\text{BME}}$$



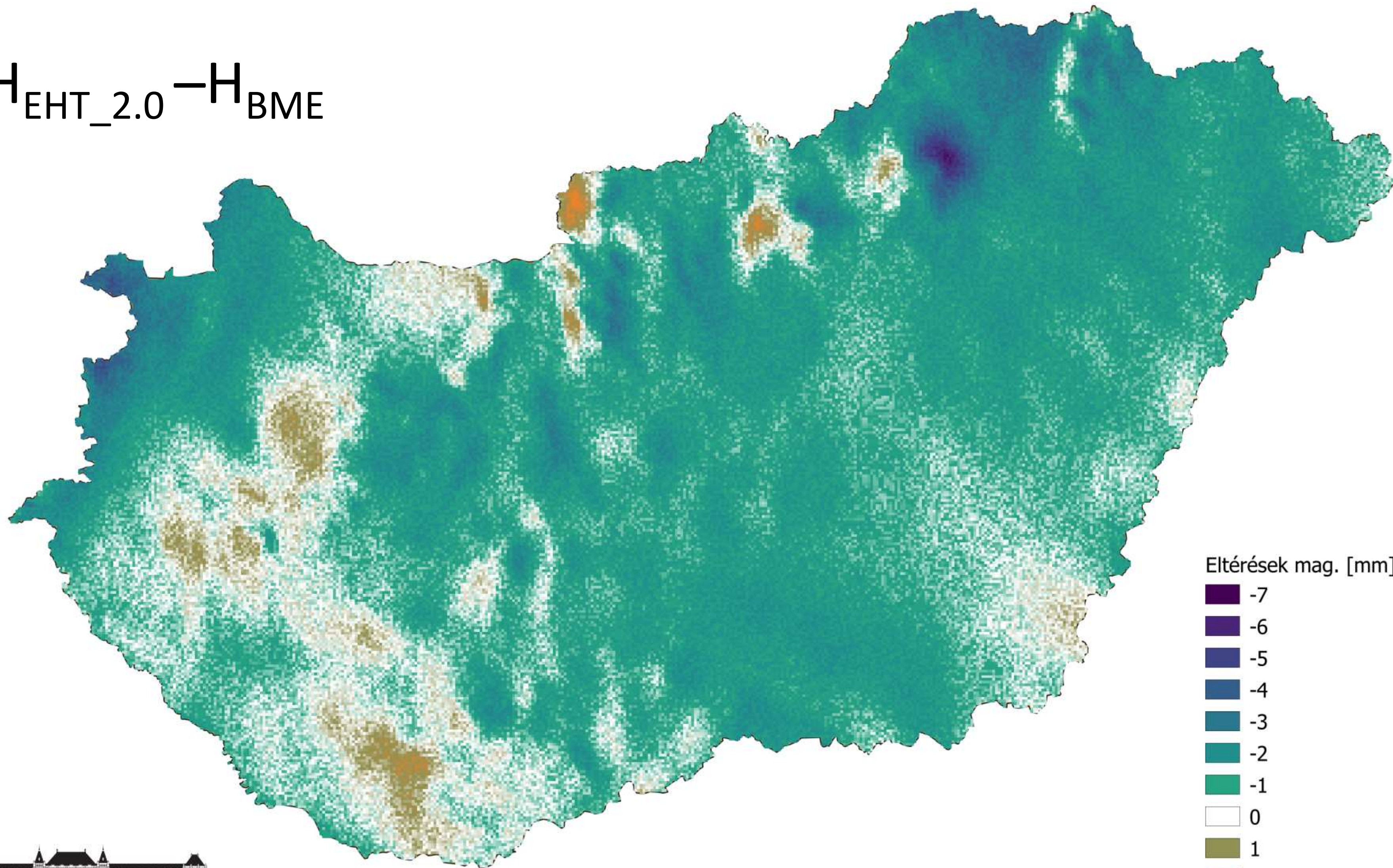
Eltérések dN [mm]

- 0
- 1
- 2



TRANSZFORMÁCIÓ EREDMÉNYEK: EHT 2.0 vs BME megoldás

$$dH = H_{\text{EHT_2.0}} - H_{\text{BME}}$$



Eltérések mag. [mm]

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1
- 0
- 1
- 2
- 3





LECHNER
TUDÁSKÖZPONT

EHT 2.0

WEB felület

EHT

[Kézi bevitel](#)

[Gyakran ismételt kérdések](#)

[Bejelentkezés](#)

ETRS89/ETRF2000 – EOVS HIVATALOS HELYI TÉRBELI TRANSZFORMÁCIÓ

Adatbázis verziószáma: VITEL2014

Program verzió: 2.0.5

Az EHT2014 web-alapú transzformációs eljárás a GNSS mérések ETRS89/ETRF2000 vonatkoztatási rendszere és az Egységes Országos Vetületi rendszer (EOV) közötti mindkét irányú koordináta-transzformációt teszi lehetővé. A megújított eljárásban a pontok transzformálása a Koszmos Geodéziai Obszervatórium által kifejlesztett, a GNSS vevőkbe is telepíthető VITEL adatbázis használatával




WEB felület – Kézi bevitel

<https://eht2.gnssnet.hu/kezi-bevitel>

EHT

Kézi bevitel Gyakran ismételt kérdések [Bejelentkezés](#)

Forrás-rendszer **ETRS89/ETRF2000**  Cél-rendszer **EOV/EOMA**

ETRS89 koordináta hozzáadása

**-gal jelölt mezők kitöltése kötelező.*

ETRS89 [X,Y,Z] GRS80[fok] GRS80[fok-perc] GRS80[fok-perc-másodperc]

* Pontszám	* ETRS89 [X]	* ETRS89 [Y]	* ETRS89 [Z]	Megjegyzés
<input type="text"/>	<input type="text"/> m	<input type="text"/> m	<input type="text"/> m	<input type="text"/>


[+ Koordináták hozzáadása](#)

EHT version 2.0.5 © 2022 GNSSnet.hu
LECHNER NONPROFIT KFT.



WEB felület – Kézi bevitel

EHT Kézi bevitel Gyakran ismételt kérdések Bejelentkezés

Forrás-rendszer **ETRS89/ETRF2000**  Cél-rendszer **EOV/EOMA**

ETRS89 koordináta hozzáadása

**-gal jelölt mezők kitöltése kötelező.*

<u>ETRS89 [X,Y,Z]</u>	GRS80[fok]	GRS80[fok-perc]	GRS80[fok-perc-másodperc]		
* Pontszám	* ETRS89 [X]		* ETRS89 [Y]	* ETRS89 [Z]	Megjegyzés
<input type="text" value="1001"/>	<input type="text" value="4052432.0984"/> m		<input type="text" value="1417705.5175"/> m	<input type="text" value="4701419.8396"/> m	<input type="text" value="alappont"/>

[+ Koordináták hozzáadása](#)

EHT version 2.0.5 © 2022 GNSSnet.hu
LECHNER NONPROFIT KFT.



WEB felület – Kézi bevitel

The screenshot shows the EHT web interface. At the top left is the logo 'EHT'. To the right are navigation links: 'Kézi bevitel', 'Gyakran ismételt kérdések', and 'Bejelentkezés'. The main content area is a light gray box with a white background. It features a header with 'Forrás-rendszer ETRS89/ETRF2000' and 'Cél-rendszer EO V/EOMA' separated by a double-headed arrow. Below this is the title 'ETRS89/ETRF2000 → EO V transformáció eredménye'. A green button labeled 'Új transzformáció' is on the left, and the text 'Összesen 1 találat.' is on the right. A table with 5 columns is shown: 'Pontszám', 'EO V y[m]', 'EO V x[m]', 'EOMA H[m]', and 'Megjegyzés'. The table contains one row with values: 1001, 667568.283, 271801.868, 252.049, and 'alappont'. Below the table are three buttons: 'Koordinátajegyzék' (with a list icon), a file type selector showing '.txt', and 'Jegyzőkönyv' (with a document icon). At the bottom center, the text reads 'EHT version 2.0.5 © 2022 GNSSnet.hu' and 'LECHNER NONPROFIT KFT.'.

EHT

Kézi bevitel Gyakran ismételt kérdések Bejelentkezés

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000

Cél-rendszer
EO V/EOMA

ETRS89/ETRF2000 → EO V transformáció eredménye

Új transzformáció

Összesen 1 találat.

Pontszám	EO V y[m]	EO V x[m]	EOMA H[m]	Megjegyzés
1001	667568.283	271801.868	252.049	alappont

Koordinátajegyzék .txt Jegyzőkönyv

EHT version 2.0.5 © 2022 GNSSnet.hu
LECHNER NONPROFIT KFT.



WEB felület – Kézi bevitel – Eredmények

EHT [Kézi bevitel](#) [Adatbevitel fájlból](#) [Gyakran ismételt kérdések](#) [Kijelentkezés](#)

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000

Cél-rendszer
EOV/EOMA

ETRS89/ETRF2000 → EOV transformáció eredménye

Új transformáció

Összesen 1 találat.

Pontszám	EOV y[m]	EOV x[m]	EOMA H[m]	Megjegyzés
1001	667568.283	271801.868	252.049	alappont

Koordinátajegyzék .txt Jegyzőkönyv

EHT version 2.0.5 © 2022 GNSSnet.hu
LECHNER NONPROFIT KFT.



WEB felület – Kézi bevitel – Eredmények – Jegyzőkönyv



EHT TRANSZFORMÁCIÓS JEGYZŐKÖNYV Verziószám: EHT2014 V2.0

Transzformáció: ETRS89/ETRF2000 >>> EOY/EOMA
Készült: 2022-08-29

Bemeneti koordináták ETRS89/ETRF2000 rendszerben

Pontszám	φ [°]/X[m]	λ [°]/Y[m]	h[m]/Z[m]	Megjegyzés
1001	4052432.0984	1417705.5175	4701419.8396	alappont

Transzformáció eredménye EOY/EOMA rendszerben

Pontszám	y[m]	x[m]	h[m]	Megjegyzés
1001	667568.283	271801.868	252.049	alappont



WEB felület – Fájl bevitel


<https://eht2.gnssnet.hu/fajl-bevitel>

- Bejelentkezést követően
- ASCII szöveges fájl méret max. 2 MB, ~50 000 db pont
- Elválasztó karakter: szóköz, tabuáltor, vessző, szóköz
- Tizedes jel: pont
- A pontokat sorvége karakter válassza el



WEB felület – Fájlbemelés

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000



Cél-rendszer
EOV/EOMA


ETRS89/ETRF2000 fájl feltöltése

A pontokat sorvége karakter jel válassza el egymástól. A pontszám és a koordinátákat elválasztó karaktereként használhatunk üres karaktereket (tabulátor vagy szóköz), vesszőt vagy pontosvesszőt, tizedes jel karakterként pedig pontot. A koordináták sorrendje felcserélhető, ugyanakkor pontszám megadása kötelező az első oszlopban. Az utolsó oszlopban opcionálisan megadható megjegyzés is.

A beviteli formátumok .txt, .dat és .csv.

EOV/EOMA beviteli példa
0 646390.872 183979.358 106.471 megjegyzés
1 646390.872 183979.358 106.471
2 646390.872 183979.358 106.471
3 183979.358 646390.872 106.471 megjegyzés
4 183979.358 646390.872 106.471
5 183979.358 646390.872 106.471

ETRS89/ETRF2000 beviteli példa
0 19 47 150 megjegyzés
1 47 19 150 megjegyzés
2 47 1.1 19 1.2 150 megjegyzés
3 47 2 1.1 19 3 1.2 150 megjegyzés
4 47 2 1.1 19 3 1.2 150 megjegyzés
5 4120371.402 1418757.651 4641874.492 megjegyzés



Húzza ide a fájlt a feltöltéséhez, vagy
[kattintson ide a tallózáshoz](#)


Maximum fájl méret: 2 MB

[Fájlbemelés](#)



WEB felület – Fájl bevitel

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000



Cél-rendszer
EOV/EOMA

ETRS89/ETRF2000 fájl feltöltése

A pontokat sorvége karakter jel válassza el egymástól. A pontszám és a koordinátákat elválasztó karaktereként használhatunk üres karaktereket (tabulátor vagy szóköz), vesszőt vagy pontosvesszőt, tizedes jel karakterként pedig pontot. A koordináták sorrendje felcserélhető, ugyanakkor pontszám megadása kötelező az első oszlopban. Az utolsó oszlopban opcionálisan megadható megjegyzés is.

A beviteli formátumok .txt, .dat és .csv.

EOV/EOMA beviteli példa
0 646390.872 183979.358 106.471 megjegyzés
1 646390.872 183979.358 106.471
2 646390.872 183979.358 106.471
3 183979.358 646390.872 106.471 megjegyzés
4 183979.358 646390.872 106.471
5 183979.358 646390.872 106.471

ETRS89/ETRF2000 beviteli példa
0 19 47 150 megjegyzés
1 47 19 150 megjegyzés
2 47 1.1 19 1.2 150 megjegyzés
3 47 2 1.1 19 3 1.2 150 megjegyzés
4 47 2 1.1 19 3 1.2 150 megjegyzés
5 4120371.402 1418757.651 4641874.492 megjegyzés

×
teszt_ETRS2HD72.txt (4.454KB)

Maximum fájl méret: 2 MB

Fájl feltöltése



WEB felület – Fájlbemelés

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000 Cél-rendszer
EOV/EOMA

Beviteli pontok módosítása (ETRS89)

Összesen 139 találat.

Pontszám	φ [°]/X[m]	λ [°]/Y[m]	h[m]/Z[m]	Megjegyzés	
1	47.085764950	19.724714960	100.000		Törlés
2	47.346621670	19.728035180	100.000		Törlés
3	47.355616470	19.728150260	100.000		Törlés
4	47.328632010	19.727805160	100.000		Törlés
5	47.337626850	19.727920150	100.000		Törlés
6	47.310642280	19.727575280	100.000		Törlés
7	47.319637150	19.727690200	100.000		Törlés
8	47.292652470	19.727345570	100.000		Törlés
9	47.301647380	19.727460410	100.000		Törlés
10	47.274662590	19.727116010	100.000		Törlés

← 1 2 3 4 5 6 →

Oldalszám 10 ▼

Transzformáció indítása



WEB felület – Fájl bevitel – Eredmények

Forrás-rendszer
ETRS89/ETRF2000 ↻

Cél-rendszer
EOV/EOMA

ETRS89/ETRF2000 → EOV transformáció eredménye

Új transformáció

Összesen 139 találat.

Pontszám	EOV y[m]	EOV x[m]	EOMA H[m]	Megjegyzés
1	701423.231	193734.481	57.234	
2	701423.150	222734.527	57.409	
3	701423.148	223734.530	57.408	
4	701423.155	220734.520	57.414	
5	701423.152	221734.523	57.411	
6	701423.158	218734.518	57.422	
7	701423.157	219734.518	57.418	
8	701423.163	216734.515	57.428	
9	701423.161	217734.516	57.426	
10	701423.165	214734.512	57.429	

← 1 2 3 4 5 6 →

Oldalszám 10 ▾

Koordinátajegyzék .txt ↕ Jegyzőkönyv





EHT

Kézi bevitel Gyakran ismételt kérdések [Bejelentkezés](#)

- Mi az a koordináta transzformáció? ^
- Miért van erre szükség? ^
- Miért lehet az ellipszoidi koordinátákat több formátumban megadni? Melyik mit jelent? ^
- Az EHT milyen rendszerek között transzformál? ^
- Mi az ETRS89? ^
- Mi a különbség az ETRS89 a WGS84 és az ITRS között? ^
- Mi az a kerethálózat? ETRS89-en belül melyikre van szükségem, hogy használni tudjam a transzformációt? ^
- Hogyan juthatok ETRS89 koordinátákhoz? ^
- Hogyan juthatok WGS84/ITRS koordinátákhoz? ^
- Miért van szükségünk vetületre? Nem lenne egyszerűbb az ellipszoidon dolgozni? ^



API

- Interneten keresztül, platformfüggetlen módon elérhető transzformáció
- HTTP REST API
- Dokumentáció: <https://eht2.gnssnet.hu/api-dokumentacio>

Példa:

curl

```
>>> curl --location --request GET 'https://eht2.gnssnet.hu/api/transformation/etrs89-to-eov?pointNumber=1&lat=47&lon=20&h=100'
```

```
>>> {"pointNumber": "1", "y": "722440.365", "x": "184418.844", "h": "57.460", "remark": "", "error": 0}
```

python

```
import requests
```

```
url = "https://eht2.gnssnet.hu/api/transformation/eov-to\\"  
      "-etrs89?pointNumber=1&x=184418.844&y=722440.365&h=57.460"
```

```
response = requests.request("GET", url)
```

```
print(response.text)
```

```
>>> {"pointNumber": "1", "lat": "46.9999999992", "lon": "20.0000000044", "h": "100.000", "remark": "", "error": 0}
```


Köszönöm a figyelmet!



1111 Budapest,
Budafoki út 59.



www.lechnerkozpont.hu

www.sgo-penc.hu

www.gnssnet.hu



sandor.toth@lechnerkozpont.hu

istvan.hajdu@lechnerkozpont.hu



Lechner Nonprofit Kft. - Koszmos Geodéziai Obszervatórium

