



GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA

2026 / 3
LXXVIII. ÉVFOLYAM



A marosvásárhelyi sztereografikus koordináták dátumparamétereit
Hibakiigazítási eljárások térbeli eloszlásának vizsgálata
Transzformációs vizsgálatok geodéziai hálózatok közös pontjai
között
GNSS-alapú szerkezetmonitoring a Nemzeti összetartozás hídján
QR-kódos szakmai ismertető a Citadellán
75 év a magyar geodézia szolgálatában
Hírek
Rendezvények
Nekrológok
Műszerismertetés



Térinforrás Meetup

NJSZT Térinformatikai és Távérzékelési Szakosztály

Előadások Kutatás Ipar Networking

Évente **4** alkalommal találkozunk!

térinformatika távérzékelés földmegfigyelés geodézia

3D gépi látás MI

njszt.hu
HÍREK, ESEMÉNYEK,
SZAKMAI TARTALMAK

facebook.com/njszt.tertav
KÖVESS MINKET
A FACEBOOKON!

youtube.com/@Terinforras
ELŐADÁSOK, BESZÉLGETÉSEK
A YOUTUBE-ON!

EMBEREK | ADATOK | TÉR | LEHETŐSÉGEK



A Magyar Földmérők Arcképcsarnoka
sorozat IV. és V. kötete megvásárolható az MFTTT titkárságán.

A kötetek ára tagjaink részére 5000 Ft.

MFTTT Titkárság

MAGYAR FÖLDMÉRÉSI,
TÉRKÉPÉSZETI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI
TÁRSASÁG/
HUNGARIAN SOCIETY OF SURVEYING,
MAPPING AND REMOTE SENSING



AZ ÁGRÁRMINISZTERIUM FÖLDÜGYI ÉS
TÉRINFORMATIKAI FŐOSZTÁLY ÉS A MAGYAR
FÖLDMÉRÉSI, TÉRKÉPÉSZETI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI
TÁRSASÁG LAPJA/MONTHLY OF THE DEPARTMENT
OF LAND ADMINISTRATION IN THE MINISTRY OF
AGRICULTURE AND THE HUNGARIAN SOCIETY OF
SURVEYING, MAPPING AND REMOTE SENSING

SZERKESZTŐSÉG/EDITORIAL OFFICE:

1111 Budapest, Budafoki út 59.
E-mail: mfttt.titkarsag@gmail.com;
Web: https://www.mfttt.hu/

FŐSZERKESZTŐ/EDITOR-IN-CHIEF:

Dr. Földváry Lóránt

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG/EDITORIAL BOARD:

Böröcz Balázs, Dr. Bozsó István, Dr. Busics
György, Dr. Cserép Máté, Dr. Gercsák Gábor, Iván
Gyula, Dr. Jung András, Dr. Karátsón Dávid, Dr.
Kovács Péter, Dr. Kristóf Dániel, Dr. Lovas Tamás,
Dr. Molnár Gábor, Dr. Olasz Angéla, Dr. Szabó
Gergely, Szrogh Gabriella, Dr. Takács Bence, Dr.
Tarsoly Péter, Dr. Toronyi Bence, Dr. Tóth Gyula

SZERKESZTŐI TANÁCSADÓ TESTÜLET/ EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Dr. Biró Péter, Dr. Rakonczai János, Dr. Rózsa
Szabolcs, Dr. Tóth Károly, Dr. Varga Péter, Dr.
Zentai László

OLVASÓSZERKESZTŐK/PROOF-READERS:

Ambrus Bence, Hegyesi Dóra

TECHNIKAI SZERKESZTŐ, TÖRDELŐ/ TECHNICAL-EDITOR: Pongrácz Dániel

KIADJA/PUBLISHER:

A Magyar Földmérési, Térképészeti és
Távérzékelési Társaság/ Hungarian Society of
Surveying, Mapping and Remote Sensing
HU ISSN 0016-7118; eng.szám/ registry no.:
B/SZI/280/1/1995

FELELŐS KIADÓ/RESPONSIBLE FOR PUBLISHING: Dobai Tibor

A kiadást a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke
támogatja/Supported by the Department of Geodesy
and Surveying of the Budapest University of
Technology and Economics

SOKSZOROSÍTTJA/PRINTING:

HM Zrínyi Nonprofit Kft./MoD Zrínyi Nonprofit
Ltd.
Megjelenik: 1000 példányban/Printed in: 1000
copies

A folyóiratban megjelenő cikkek tartalma nem feltétlenül
tükrözi a szerkesztőség álláspontját. Három hónapnál
régebbi kéziratokat nem örzünk meg és nem küldünk
vissza. / The content of the papers published in the sci-
entific review does not reflect necessarily the Editorial
Board's standpoint. After three months, papers will not be
kept, neither sent back.



Tartalom

KERKOVITS Krisztián : A marosvásárhelyi sztereografikus koordináták dátumparaméterei	» 4
KATONA János, OLÁH Róbert, SUBA Norbert-Szabolcs : Hibakiigazítási eljárások térbeli eloszlásának vizsgálata	» 13
BUSICS György, TÓTH Zoltán : Transzformációs vizsgálatok Budapest területén a geodéziai hálózatok (centrális, EOVA, OGPSH) közös pontjai között	» 20
TURÁK Bence, ÉGETŐ Csaba, RÓZSA Szabolcs : Hosszútávú GNSS-alapú szerkezetmonitoring megvalósítása a Nemzeti összetartozás hídján	» 31

QR-kódos szakmai ismertető a Citadellán	» 40
75 év a magyar geodézia szolgálatában	» 42
Hírek	» 46
Rendezvények	» 47
Nekrológok	» 51
Műszerismertetés	» 53

Contents

Datum parameters for the stereographic coordinates of Târgu Mureş (Krisztián KERKOVITS)	» 4
An analysis of the spatial distribution of error correction procedures (János KATONA, Róbert OLÁH, Norbert-Szabolcs SUBA)	» 13
Investigating transformations in Budapest between common points of the geodetic networks (CENTR, EOVA, OGPSH) (György BUSICS, Zoltán TÓTH)	» 20
Implementation of long-term GNSS-based structural monitoring on the Bridge of National Unity (Bence TURÁK, Csaba ÉGETŐ, Szabolcs RÓZSA)	» 31

Informational Guides with QR Codes at the Citadel	» 40
75 years in the service of Hungarian land surveying	» 42
News	» 46
Events	» 47
Obituaries	» 51
Instrument review	» 53

Címlapon: Szerkezetmonitoring a Nemzeti összetartozás hídján. Kapcsolódó cikkünket lásd a 31. oldalon.
Hátsó borítón: 75 éves a BGTV – Geodézia Zrt. Kapcsolódó cikkünket lásd a 42. oldalon.

On the Cover Page: Deformation monitoring on the Bridge of National Unity. See the related article on page 31.
On the Back Page: 75 years of BGTV – Geodézia Zrt. See the related article on page 42.

A marosvásárhelyi sztereografikus koordináták dátumparaméterei

KERKOVITS Krisztián¹

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet

E-mail: kerkovits@map.elte.hu

DOI: [10.30921/GK.78.2026.3.1](https://doi.org/10.30921/GK.78.2026.3.1)

Absztrakt

Jelen munka célja egy olyan módszertan bemutatása, amellyel kevés illesztőpont ismeretében is meghatározhatók egy geodéziai dátum Bursa–Wolf-paraméterei. A képletek segítségével mindössze öt pont alapján is megbízhatóan rekonstruálható a KD1890 dátum elhelyezkedése az ETRS89 dátumhoz képest. A paraméterek helyességét korabeli térképek georeferálásával ellenőriztem. A mai román topográfiai adatbázis és a térképi tartalom közötti eltérés a felhasznált illesztőpontoktól igen távol eső háromszögelési pontok környékén is jelentősen a térkép rajzi hibája alatt (3-8 m) maradt. E tanulmány alapján a marosvásárhelyi sztereografikus vetület térinformatikai használatához a kettős leképezésű sztereografikus vetületet (stereum) kell kiválasztanunk Bessel 1841 ellipszoidra. A dátumparaméterek (koordináta-rendszer elforgatásával) 543,31 m; -181,68 m; 528,67 m; 22,402"; 10,159"; 25,967"; 11,190 ppm. A kezdőpont ellipszoidi koordinátái é. sz. 46° 33' 06,4273", k. h. 24° 23' 34,9350"; a redukciós tényező 1; a koordinátákat mindkét irányban 600 000 m-rel kell eltolni. A függelékben a WKT-definíció is megtalálható.

Abstract

This paper shows a method, which can be used to determine the parameters for a 3D Helmert transformation of an old datum using only a few base point coordinates. Using the formulae, a reliable solution is found for the alignment of datum KD1890 with respect to ETRS89 based on only five points. Results were checked against georeferenced map sheets from that era. Difference between the recent Romanian topographic database and map content remained far below drawing accuracy of the sheets (3-8 m) even in the neighbourhood of triangulation points far from the origin. Based on the present study, one should pick the Double stereographic (stereum) projection for Bessel 1841 spheroid to approximate the Marosvásárhely Stereographic projection in a GIS environment. The datum parameters (coordinate frame convention) are 543.31 m; -181.68 m; 528.67 m; 22.402"; 10.159"; 25.967"; 11.190 ppm. Latitude and longitude of origin are 46° 33' 06.4273" N, 24° 23' 34.9350" E; scale factor is 1, false easting and false northing are both 600 000 m. The WKT representation of these parameters may be found in the Appendix.

1. A kutatás előzményei

Jelen tanulmány előzménye egy egyszerűnek látszó feladat volt. Az ELTE térképtárában elérhető volt Észak-Erdély 1941-es felmérésének ötvenezres méretarányú térképműve. Ezt változások követés céljából szerettem volna egy mai légifelvétellel összehasonlítani. Ezért vált szükségessé a térképszelvények georeferálása, amely egy térképészetben jártas szakember számára rutin-feladat. Ugyanakkor a térképeken alkalmazott koordináta-rendszerek (budapesti, ill. marosvásárhelyi sztereografikus) nem álltak rendelkezésre az alkalmazott QGIS szoftverben. A budapesti rendszerrel nagy probléma nem akadt. Timár, Molnár és Márta (2003) cikkében ugyanis az összes szükséges paraméter megtalálható. Némiképp problémát jelentett ugyan, hogy Timár kissé eltérő Ferro–Greenwich hosszúságkülönbséget alkalmazott, mint a térképmű, azonban a néhány másodperces eltérés a megfelelő paraméter azonos mértékű korrekciójával egyszerűen feloldható volt (Kerkovits–Gede 2023). Ezáltal a QGIS „betanítható” a koordináta-rendszer kezelésére.

Kellemetlen meglepetés volt a marosvásárhelyi rendszert alkalmazó szelvények illesztése. Itt eleve problémát okozott, hogy Timár et al. (2004) és Timár et al. (2007) állítólag azonos módszertannal, azonos adatokból két eltérő paramétersort közöl eredményként. Sajnos azonban egyik paramétersorral sem sikerült a térképeket kellő pontossággal összeilleszteni, a térképszelvények tartalma kb. 20-60 méterrel elcsúszva jelent meg a szoftverben. Ekkora mértékű pontatlanság az 1941-es technológia (légi fotogrammetriai alapú felmérés) mellett elképzelhetetlennek tűnt, így a gyanú arra terelődött, hogy a szakirodalomban megadott paraméterek revízióra szorulnak.

2. Elméleti háttér

2.1. Dátumtranszformációk

A témában kevésbé járatos olvasó számára röviden és pongyolán úgy magyarázható a probléma oka, hogy a külön-külön kiegyenlített alapponthálózatok ugyanazon pontokra eltérő földrajzi

koordinátákat adnak meg. Ennek oka csak részben vezethető vissza mérési hibákra, sokkal jelentősebb eltérést okoz, hogy azokon a csillagászati-geodéziai alappontokon, ahol a földrajzi koordinátákat egy vonatkozási rendszer létesítésekor a helyi függőlegeshez képest meghatározták, a helyi függőleges és a Földet közelítő ellipszoid normálisa nem esik egybe. Ezt a korai önkényes tájékozási dátumokon nem vették figyelembe, a hálózat kezdőpontján az ún. függővonal-elhajlást zérusnak tekintették (Homoródi 1952).

A fentiek miatt eltérő számértékű koordináták illesztéséhez szükséges egy közelítő transzformációs modell alkalmazása. Legegyyszerűbb a Mologyenszkij-transzformáció, amely egy térbeli eltolással illeszti össze a két hálózat koordináta-rendszerét. Azonban egy alapponthálózat koordinátáit a kezdőpontban tapasztalható függővonal-elhajlason (és az ebből adódó eltérő földrajzi koordinátákon) kívül befolyásolja még a kezdőirányban mért azimut hibája (hiszen egy hálózat első élének azimutját nem lehet háromszögeléssel származtatni, ahhoz csillagászati mérés szükséges), amelytől az alpponthálózat a középpont körül kissé „elfordul”. További hibát okoz, ha a fejlesztéshez használt alapvonal hosszát tévesen határozzák meg, mert ennek hatására a fejlesztett háromszöghálózat arányosan rövidebbnek vagy hosszabbnak fogjuk számítani. Ezzel szemben kisebb a hatása a helyi szögmérési hibáknak, mert a durva hibák a kiegyenlítések során feltűnnek, a kisebb véletlen hibák pedig statisztikai alapon egymást helytel-közzel kiejtik. E tapasztalatokra építve terjedt el a hét paraméteres Burša–Wolf-transzformáció, amely a helyi szögmérési hibákat elhanyagolja, de az azimutmérési hibát egy térbeli elforgatás három paraméterével, az alapvonal mérési hibáját pedig egy skálaparaméterrel korrigálja a három eltolási paraméteren felül.

E két transzformáción kívül más eljárások is ismertek, azonban azok nem terjedtek el ennyire széleskörűen, továbbá legtöbbször csak geodéziai pontosság kívánalma esetén szükséges alkalmazásuk. Jelen dolgozatban a térképek illesztéséhez méteresnél nagyobb pontosság nem szükséges. Ennek ellenére a részszámításokat, ahol csak lehetséges volt, centiméter, illetve ezred szögmásodperc élességgel végeztem. Ezért remélhető, hogy az itt levezetett paraméterek akár kataszteri térképek illesztéséhez is megfelelő kiindulási alapot adhatnak.

2.2. A marosvásárhelyi rendszer rövid története

A magyarországi sztereografikus rendszerek megalkotása az 1860-as évek elején történt. A választott kettős leképezésű sztereografikus vetület szögtartása miatt merész újításnak számított ebben az időben:

Gauss Hannover felmérésekor, az 1820-as években alkotta meg az első geodéziai célú szögtartó vetületet, a Gauss–Krüger-vetületet. Bár szögtartó vetületek ismertek voltak korábban is, azokat a földmérés nem használhatta, mert gömb alapfelületre lettek kiszámítva. Ugyanakkor a kijött képletek logarléccel nehézkesen voltak számíthatók, ezért Gauss már ekkoriban javasolja szögtartó gömbvetület alkalmazását, hogy a geodéziai számításokat igen kis hibával egyszerűbb gömbi képletek segítségével

végezhessük. Az alapötlet többszöri finomításával Gauss 1843-ban jut el a kis torzulású szögtartó gömbvetület ma ismert képletére (Gauß 1843). Ennek eredményeképp bármelyik szögtartó vetület alkalmazhatóvá vált geodéziai célokra, hiszen Gauss gömbvetületét alkalmazva a Föld igen jó közelítéssel gömb alakúnak tekinthető.

A magyar geodézia a lehetőséget a publikáció után kevesebb, mint húsz évvel, a világon elsőként ültette át a gyakorlatba (Varga 2003): a kataszteri térképeket a Habsburg Birodalomban elterjedt, közelítőleg területtartó poliédervetülettel ellentétben (a kiegyezést megelőzően ez meglehetősen bátor lépésnek tűnik) a szögtartó sztereografikus vetületben készítették. A vetület előnye, hogy szögredukciókat így már nem kellett számítani, a hossz- és irányredukciók a Gauss-gömbre vonatkozóan egyszerű képletekkel számíthatók. A Gauss-gömb torzulásai olyannyira csekélyek, hogy azokat bátran elhagyhatjuk: 0,05 ppm-et Erdélyben sehol nem érik el.

Történelmileg úgy alakult, hogy az alkalmazott ún. régi Gauss-gömb normálszélessége a korabeli országterület déli részén haladt át. Feltételezhető, hogy az eredeti elképzelés szerint a Habsburg Birodalom valamennyi tartományára ki akarták terjeszteni a rendszert. Ehhez képest végül csak két hálózat létesült a rendszerben: Magyarországon Budapest kezdőponttal, és Erdélyben (az unió csak 1867-ben jött létre) Marosvásárhely (Kesztej-hegy) kezdőponttal.

A hálózatok kialakítása leegyszerűsítve úgy történt, hogy a terepen mért szögeket ellátták a sztereografikus vetület irányredukcióival, majd a hálózatot már a sztereografikus síkon számították. A gömbi sztereografikus vetület lineármódulusa kizárólag a kezdőponttól mért távolság függvénye, független a kezdőpont szélességétől. A mért szögértékeket kizárólag második irányredukcióval kell ellátni (első irányredukció nincs a sztereografikus vetületben), amelynek mértéke szintén csak a pontok vetületi koordinátáinak függvénye. Ezért a Gauss-gömbön mért szögeket és távolságokat a Kesztej-hegy földrajzi koordinátáinak ismerete nélkül is át lehet számítani a vetületi síkra.

Ez azért fontos megállapítás, mert az alaphálózat kiegyenlítésekor a Kesztej-hegy hosszúsága egyáltalán nem volt ismert, és szintfelületi szélességre is csak egy ideiglenes, rossz pontosságú adat állt rendelkezésre. Fasching (1909) csak utólag rendelt földrajzi koordinátákat a ponthoz. Azonban a vetület megadásakor a térinformatikai szoftver kérdezni fogja a vetületi kezdőpont szélességét és hosszúságát. Mivel ez a sztereografikus vetület esetében a torzulásokat nem befolyásolja, gyakorlatilag bármilyen értéket megadhatunk, azonban a dátumparaméterek a dolgozatban említett képleteken keresztül függenek az utólag hozzárendelt koordinátáktól.

Hiába ismerjük azonban egy hálózatban minden háromszög oldalhosszait és szögeit, a csúcspontok az origóként szolgáló Kesztej-hegy körül bármekkora szöggel elforgathatók maradnak. Ezért valamelyik kitüntetett háromszöghálózat azimutját rögzítenünk kell, utána kaphatunk csak derékszögű koordinátákat. Ebben az időben kizárólag a Tíglamor irányába mért szintfelületi azimut volt ismert, az is csak gyenge pontossággal (Fasching 1909). Mivel a szintfelületi és földrajzi hosszúságok nem voltak

ismertek, a kezdőazimutot nem lehetett ellipszoidra redukálni. Jobb híján a Tiglamor felé mért szintfelületi azimutnak megfelelően forgatták el a hálózatot, azonban e miatt (mint azt látni fogjuk), a marosvásárhelyi rendszer függőleges koordinátangelye a földrajzi északkal kb. fél perces szöveget zár be. Ez az elfordulás a térképek georeferálásakor szabad szemmel is látható volt.

A Kesztej-hegy hosszúságának meghatározása szerencsétlen véletlenek összjátéka miatt meglehetősen pontatlanra sikeredett. Ennek oka, hogy a ponton szintfelületi hosszúságot sohasem mértek. Ugyanakkor tudjuk, hogy a Széchenyi-hegyen mért szintfelületi hosszúság hibája tíz szögmásodperc körüli volt (Homoródi 1953), és ez a hiba áterjedt a Gellért-hegy hosszúságának és a Naszály azimutjának levezetett értékére is (utóbbi hibája kb. hat szögmásodperc volt). Fasching (1909) bár a magyar és erdélyi háromszöghálózatok összekapcsolásával szabatosan határozta meg a Gellért-hegy és a Kesztej-hegy távolságát és azimutját, ezt a Gellért-hegy hibás hosszúságából egy eleve hibás kezdőazimuttal ellátott rendszerben első geodéziai főfeladattal földrajzi koordinátákká alakította, ami a hibák halmozódásához vezetett. Ezért a Kesztej-hegy hosszúsága húsz szögmásodperccel tér el a korszerű dátumokon ismert értéktől. Ez még az akkori pontossági elvárásokat is messze alulmúlja.

Ez a hiba két tekintetben lesz hatással jelen tanulmányra. Egyfelől a transzformáció eltolási értékeire meglepően nagy számok (kb. fél kilométer) fognak kijönni, másfelől az általában az azimutoknak csak csekély megváltozását okozó Laplace-egyenlet ezúttal feltűnően nagy korrekciót okoz (hiszen a Laplace-egyenlet szerint az azimutok megváltozása egyenes arányban áll a hosszúság megváltozásával).

3. A tájékozási paraméterek számítás menete

3.1. Mologyenszkij-paraméterek számítása

Ahhoz, hogy egy koordináta-rendszer elhelyezését egy másikhoz képest vizsgálni tudjuk, olyan pontokra van szükségünk, amelyeknek koordinátái mindkét rendszerben ismertek. A mi esetünkben a legnagyobb nehézséget a marosvásárhelyi koordináták hozzáférhetlensége okozza. A Kesztej-hegy koordinátái triviálisak (origó), azon kívül azonban egyetlen felsőgeodéziai cikkben (Oltay 1914) találkoztam a Tiglamor pont koordinátaival (ez azért kedvező, mert a rendszer tájékozása szempontjából kitüntetett pont). Továbbá Fasching (1909) a budapesti és marosvásárhelyi rendszerek összeillesztéséhez megadja négy partiumi pont koordinátáit. Az érintett pontok mindegyike jelenleg is létezik a terepen, azonban az érmihályfalvi református templom tornyát a román földmérés nem használja háromszögelési pontként, így mai koordinátái nem voltak hozzáférhetők. A többi pont esetén az ANCP (román földmérési intézet) ingyenesen kiszolgáltatta a pontok koordinátáit S42 (Pulkovo) dátumon, Stereo70 rendszerben centiméteres, helyenként milliméteres pontossággal (1. táblázat).

A sztereografikus koordináták délnyugati tájékozással, bécsi ölben álltak rendelkezésre. Az 1935 után kiadott térképek sztereografikus koordinátái ezzel szemben méterben és északkeleti tájékozással értelmezendők. Ezért a koordináták mértékegységét át kellett váltani. Ezt követően a kapott értékeket 600 km-ből kivonva kapjuk az ún. katonai sztereografikus koordinátákat. Ezekből a Bessel-ellipszoidi adatokat a kettős leképezés törvényeivel, a szokásos módon számíthatjuk. A szakirodalomban található egymásnak kissé ellentmondó számértékek okán a régi Gauss-gömb paramétereit a Bessel-ellipszoid $f = 1/299,1528128$ lapultságából és a $\varphi_n = 46^\circ 30'$ normálparalelkörből magam vezettem le. A Kesztej-hegy gömbi koordinátáit Fasching (1909) művéből vettem. A Ferro–Greenwich eltérés $17^\circ 39' 46,02''$ (Timár 2007).

A térbeli összeillesztéshez szükséges a pontok ellipszoid feletti magassága is. Ez természetesen a sztereografikus rendszerben nem állt rendelkezésre, azonban a dátum önkényes elhelyezése miatt a geoidunduláció elhanyagolható. Ugyanakkor tengerszint feletti magasság is csak erősen pontatlanul rekonstruálható. A pontok ugyanis szintezés szempontjából nem voltak magasrendűek, magassági meghatározás az Adriai-tengerhez képest utoljára a III. katonai felmérés során történt (kivételek a Kesztej-hegy és a Varatik, amelyek a többi ponttal ellentétben visszakerültek Magyarországhoz a II. bécsi döntést követően). Ezeknek számértékei több méterrel térnek el a ma ismert magasságoktól, így még az is használhatóbb, ha a ma ismert magassági értékekhez hozzáadjuk a Fekete-tenger (Konstanca) és Adriai-tenger (Trisest) közötti kerekén 30 cm magasságkülönbséget (Ihde–Sánchez 2005). Mindazáltal megjegyezzük, hogy a magassági értékek pedáns meghatározása nem kell célunk legyen, ha a transzformációt amúgy is csak vízszintes értelemben kívánjuk alkalmazni.

A Stereo70 koordináták közvetlenül nem használhatók a transzformációra. Ezeket WGS84 (valójában ETRS89) rendszerbe az ANCP honlapjáról ingyenesen letölthető, területünkön legrosszabb esetben 10 cm pontosságot ígérő (vízszintes értelemben ennél is pontosabb) TransDatRo programmal számítottam át. Mivel a programba épített geoidmodell ellipszoid feletti magasságok kiírására is alkalmas volt, ezeket közvetlenül felhasználhatjuk a számításához.

A fenti leírás alapján levezetett koordináták a 2. táblázatban olvashatók.

A rendelkezésre álló illesztőpontok száma egyrészt kevés, másfelől erősen inhomogén eloszlásuk miatt (Erdély keleti részéről egyáltalán nem áll rendelkezésre pont) nem tekinthetők reprezentatívnak. Azonban az öt pontból kettő kitüntetett szerepű. A Kesztej-hegy a rendszer kezdőpontja, míg a Tiglamor a dátumot definiáló azimut végpontja (Fasching 1909). Ezeket kihasználva reprezentatívnak tekinthető elhelyezési paramétereket számíthatunk. A kezdőpont Bessel-ellipszoidi és WGS84-koordinátáiból kiszámíthatók a rendszer Mologyenszkij-paraméterei. Legyen:

$$N(\Phi) = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \Phi}}$$

Táblázat 1. A számításhoz fölhasznált illesztőpontok koordinátái különböző vonatkoztatási rendszerekben.

Név	MVH sztereografikus		Stereo70		Fekete-tengeri
	Y (öl)	X (öl)	Y (m)	X (m)	H (m)
Kesztej-hegy (Dealul Căsteii)	+0,000	+0,000	453190,734	561657,545	523,927
Tiglamor (Țigla Moruț)	+7463,794	-11474,076	439208,277	583525,744	504,857
Varatik (Vârful Văratec)	+75717,833	-34113,779	310116,440	627453,270	756,970
Magura-Korbest (Măgura Corbești)	+85967,983	-22324,811	290508,030	605247,110	560,710
Pless (Pleşu)	+89470,988	-246,150	283545,577	563431,067	1112,444

Táblázat 2. Az 1. táblázat adatai alapján saját számítással levezetett koordináták az illesztőpontokra.

Név	Katonai sztereogr.		KD1890 (Bessel)		Adriai	WGS84 (ETRS89)		
	Y (m)	X (m)	Φ	λ	H (m)	Φ	λ	h (m)
Kesztej-hegy	600000,000	600000,000	46° 33' 06,4272"	24° 23' 34,9331"	524,23	46° 33' 10,47394"	24° 23' 16,46260"	563,126
Tiglamor	585845,035	621760,400	46° 44' 50,6678"	24° 12' 27,9854"	505,16	46° 44' 54,75012"	24° 12' 09,63184"	544,298
Varatik	456402,353	664696,231	47° 07' 05,7088"	22° 30' 01,8738"	757,27	47° 07' 09,77112"	22° 29' 44,11186"	798,445
Magura-Korbest	436963,109	642338,643	46° 54' 45,8438"	22° 15' 08,9677"	561,01	46° 54' 50,00506"	22° 14' 51,26067"	602,544
Pless	430319,717	600466,819	46° 32' 04,5202"	22° 10' 50,7041"	1112,74	46° 32' 08,83992"	22° 10' 32,97284"	1154,884

Ekkor a pontok térbeli derékszögű koordinátáit így számíthatjuk:

$$x = N(\Phi) \cos \Phi \cos \lambda$$

$$y = N(\Phi) \cos \Phi \sin \lambda$$

$$z = (1 - e^2) N(\Phi) \sin \Phi$$

Fontos, hogy a és e helyére mindig annak az ellipszoidnak a fél-nagytengelyét és excentricitását helyettesítsük, amelyik ellipszoidon éppen számolunk. A Mologyenszkij-transzformáció eltolási paramétereit ezen koordináták egyszerű különbségeként számíthatók.

A képletekbe a Kesztej-hegy koordinátáit helyettesítettem be. A félreértések elkerülése céljából a Bessel-ellipszoidi koordinátákat *nem* saját számításomból (2. táblázat) vettem, hanem a szakirodalomban már elterjedt Fasching-féle $\Phi = 46^\circ 33' 06,4273''$; $\lambda = 24^\circ 23' 34,935''$ értéket helyettesítettem (a csekély eltérés kerekítési hibának is betudható). Ellipszoid feletti magasságnak a számított adriai magasságot vettem figyelembe, ez mindössze 3 cm-rel tér el az 1941-es topográfiai térképen 1 dm élességgel feltüntetett magasságtól. Az eredményül kapott KD1890 $\rightarrow$ ETRS89 Mologyenszkij-transzformáció: $dx_m = 589,61$ m; $dy_m = -164,74$ m; $dz_m = 580,23$ m.

Bár az itt levezetett értékekkel is a térképszelvények illeszkedése látványosan javult Timárék paramétereikhez képest (különösen a kezdőpont közvetlen környezetében), a georeferálást követően az Erdély peremterületein található szelvények kis mértékű elfordulását tapasztaltam. Ennek oka nagyjából a már említett ideiglenes kezdőazimut használatából eredő elcsavarodás, kisebbrészt a WGS84 dátumon számított azimutok eltérése a Kesztej-hegyen mérhető szintfelületi azimutoktól. Továbbá ugyanitt a szelvények kissé a Kesztej-hegy irányába

elmozdultak. Ennek oka a korabeli alapvonalak hosszmerési hibájában kereshető. Ezért a Mologyenszkij-transzformáció nem tudta a kívánt pontossági igényt kielégíteni.

Megjegyezzük, hogy az itt közölt paraméterek csekély mértékben eltérnek a kutatás korábbi fázisából származó értékektől (Kerkovits–Gede 2023), mert akkor még nem számoltunk a Fekete-tenger és az Adriai-tenger eltérő tengerszintjével. A különbség vízszintes értelemben eltérést nem okoz. Felhívom a figyelmet, hogy Timár et al. (2003, 2004) paramétereit Kesztej-hegynek nem az ellipszoidi, hanem a szintfelületi szélességére vonatkoznak! Timárék paramétereit használva ezért a Kesztej-hegy szintfelületi szélessége irrandó a térinformatikai szoftverbe.

3.2. Burša–Wolf-paraméterek számítása

A hosszmerésből és a kezdőazimut hibájából származó eltéréseket a következő transzformációval korrigálhatjuk:

1. A Bessel-ellipszoidra vonatkozó térbeli derékszögű koordináta-rendszer középpontját eltoljuk a Föld középpontjából a Kesztej-hegyre.
2. A koordináta-rendszert elforgatjuk a Kesztej-hegyen átmenő helyi függőleges körül egy kicsike α szöggel.
3. A koordinátákat egy egyhez közeli skalárral besorozva korrigáljuk az alapvonal mérési hibáját.
4. A koordináta-rendszer középpontját visszatoljuk az 1. lépés eltolási vektorának ellentettjével. Ezáltal a 2. és 3. lépéseknek nem lesz hatása a Kesztej-hegy derékszögű koordinátáira.
5. Alkalmazzuk az előző részben kiszámított Mologyenszkij-transzformációt, hogy WGS84-koordinátákat kapjunk.

Az 1. lépés a Kesztej-hegy ismert térbeli derékszögű koordinátáinak kivonását jelenti. A 2. lépéshez meg kell határozni az α szöveget. Ehhez a Tiglamor irányában mért $326^\circ 57' 22,76''$ szintfelületi kezdőazimut eltérését vizsgáljuk a WGS84-ellipszoidon számítottól. A 2. táblázatban található ETRS89-koordinátákat betápláltam a geographiclib (Karney 2013) nevű ingyenes programba, amely a második geodéziai főfeladatot kiszámítva $326^\circ 57' 45,117''$ azimutra jutott. Az eltérés $22,357''$. Korábbi publikációmban (Kerkovits–Gede 2023) azonban elmulasztottam figyelembe venni, hogy a két ellipszoid normálisa nem esik egybe, ezért a két ellipszoid helyi vízszintesein a meridiánsíkok (északi irány) nem egyeznek. Az emiatt szükséges korrekció az azimutokra vonatkozó Laplace-egyenletből (Bíró et al. 2013):

$$\Delta\alpha = (A_w - A_k) \sin \Phi_k = -13,410''$$

ahol a k index a Kesztej-hegy Bessel-ellipszoidon mért, míg a w index a WGS84-en mért koordinátáit jelöli. Ezt is figyelembe véve az óra járásával ellentétes irányban $\alpha = 35,767''$ elforgatás szükséges a Kesztej-hegy függővonala körül. A Laplace-korrekció szükségességét igazolja, hogy a megnövelt forgatási szög hatására a georeferált térképek jobban illeszkedtek a modern topográfiai adatbázisokhoz a magaslatokon található háromszögpontok környékén.

A 2. lépés transzformációs mátrixát a Rodrigues-féle forgatási mátrixból (Kovács 2011) származtathatjuk. Azonban, mivel α meglehetősen kicsi, és a transzformációt amúgy sem kívánjuk a Kesztej-hegytől távol alkalmazni, pontossági elvárásainkon belül élhetünk a $\sin \alpha \approx \alpha$ (radiánban) és $\cos \alpha \approx 1$ közelítésekkel. A dátum önkényes tájékozása miatt a Kesztej-hegyen a függővonal-elhajlás zérus, ezért a helyi függőleges az ellipszoid normálisa, amely az Egyenlítő síkjával éppen Φ_k , meridiánsíkja az xz síkkal pedig A_k szöveget zár be, ahol Φ_k és A_k a Kesztej-hegy koordinátái a Bessel-ellipszoidon. Ebből a forgástengellyel párhuzamos egységvektor $(\cos \Phi_k \cos A_k; \cos \Phi_k \sin A_k; \sin \Phi_k)$. Behelyettesítve a képletbe, a transzformáció mátrixa:

$$F = \begin{pmatrix} 1 & \alpha \sin \Phi_k & -\alpha \cos \Phi_k \sin A_k \\ -\alpha \sin \Phi_k & 1 & \alpha \cos \Phi_k \cos A_k \\ \alpha \cos \Phi_k \sin A_k & -\alpha \cos \Phi_k \cos A_k & 1 \end{pmatrix}$$

A 3. lépéshez az alapvonal mérési hibáját a legkisebb négyzetek módszerével becsüljük. A 3. táblázatban kiszámoltam második geodéziai főfeladat segítségével (újfént a geographiclib programot használva) az egyes pontok egymástól mért távolságát WGS84-ellipszoidon. Ugyanezt megtettem a marosvásárhelyi koordinátákat a régi Gauss-gömbre visszavetítve, ahol az oldalakozinusztétel adja a távolságot. A viszonylag csekély távolságok miatt a Gauss-gömb ellipszoidra vonatkozó redukciói elhanyagolhatók.

A két alapfelületen számított távolságok között szabályos hiba mutatható ki, így feltételezhetjük, hogy az alapvonal hosszát túl rövidnek mérték.

Táblázat 3. A pontok távolsága a régi Gauss-gömbön ill. WGS84-ellipszoidon

Végpontok		Gauss-gömb (m)	WGS84 (m)	Eltérés (ppm)
Kesztej-hegy	Tiglamor	25959,125	25961,505	+91,697
Kesztej-hegy	Varatik	157490,844	157493,390	+16,164
Kesztej-hegy	Magura-Korbest	168434,827	168436,926	+12,462
Kesztej-hegy	Pless	169670,920	169672,038	+6,592
Tiglamor	Varatik	136369,683	136371,395	+12,558
Tiglamor	Magura-Korbest	150287,410	150289,181	+11,781
Tiglamor	Pless	156965,996	156967,519	+9,703
Varatik	Magura-Korbest	29621,964	29622,047	+2,283
Varatik	Pless	69312,236	69312,232	-0,065
Magura-Korbest	Pless	42388,203	42388,156	-1,089

Keressük tehát azt a σ nagyítási tényezőt, amelyre:

$$\Sigma[(1+\sigma)t_g - t_w]^2 \rightarrow \min$$

t_g a Gauss-gömbi, t_w a WGS84-ellipszoidi távolságot jelöli. A fenti kifejezés csak akkor lehet minimális, ha σ szerinti deriváltja zérus, amelyből átrendezés után:

$$\sigma = \frac{\sum t_g t_w}{\sum t_g^2} - 1 = +11,190 \text{ ppm}$$

Fontos megállapítani, hogy igazán jelentős hatása a vízszintes koordinátákra a 2. lépésnek van. A 3. lépés a Kesztej-hegytől távol is csak kb. 2-4 méteres korrekciót okoz, így a cikkben megfogalmazott pontossági elvárások mellett akár figyelmen kívül is hagyhattuk volna. Ezzel együtt a szelvények illeszkedésén a korrekció inkább javított, mint rontott.

Fontos megjegyezni, hogy a 4. lépés eltolását követően az új origó nem egyezik meg a Bessel-ellipszoid középpontjával, hiszen az a 2. és 3. lépések során kissé áthelyeződött.

Jelölje a nagyítás mértékét σ , a Kesztej-hegy térbeli derékszögű koordinátáit a Bessel-ellipszoidon $x_k; y_k; z_k$, ekkor a következő transzformációt kapjuk:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = (1+\sigma)F \left[\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} \right] + \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dx_m \\ dy_m \\ dz_m \end{pmatrix}$$

Vagy átalakítva:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx_m \\ dy_m \\ dz_m \end{pmatrix} - \left[(1 + \sigma) F - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} + (1 + \sigma) F \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

A legtöbb térinformatikai programban nem áll rendelkezésre ilyen átszámítás, hanem az ún. Burša–Wolf-transzformáció paraméterezhető:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} + (1 + s) \begin{pmatrix} 1 & ez & -ey \\ -ez & 1 & ex \\ ey & -ex & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Azonban látható, hogy a két transzformáció tökéletesen egyenlővé tehető. Ehhez a nagyítás értékét változatlanul hagyhatjuk. Az elforgatási értékek megegyeznek az F mátrix megfelelő elemeivel. Az eltolási értékeket pedig megkapjuk, ha a Mologyenszki-transzformáció eltolásaiból kivonjuk az utána álló korrekciós vektor (szögletes zárójelben lévő mátrix és a Kesztej-hegy koordinátáinak szorzata) megfelelő elemét. Ekkor kifejezve x_k ; y_k ; z_k -t Φ_k ; A_k függvényében, majd egyszerűsítve:

$$dx = dx_m - N(\Phi_k) \cos \Phi_k [\alpha(1 + \sigma) e^2 \sin \Phi_k \sin A_k + \sigma \cos A_k]$$

$$dy = dy_m + N(\Phi_k) \cos \Phi_k [\alpha(1 + \sigma) e^2 \sin \Phi_k \cos A_k - \sigma \sin A_k]$$

$$dz = dz_m - \sigma(1 - e^2) N(\Phi_k) \sin \Phi_k$$

$$ex = \alpha \cos \Phi_k \cos A_k$$

$$ey = \alpha \cos \Phi_k \sin A_k$$

$$ez = \alpha \sin \Phi_k$$

$$s = \sigma$$

Fontos kiemelni, hogy fenti képletekben N és e^2 a Bessel-ellipszoidra vonatkozik, míg α radiánban helyettesítendő a képletbe. A levezetés során a koordináta-rendszert forgattuk el, azonban néhány szoftver (pl. a QGIS) a helyvektor koordinátáit forgatja el. Ez esetben (mint például a dolgozat végén közölt ún. PROJ string esetén) a három elforgatás előjele megfordítandó.

Az itt olvasható képletek kissé eltérnek Timár és Molnár (2013) jegyzetében található hasonló transzformációtól. Az eltérés oka, hogy Timár és Molnár nem az ellipszoid normálisát, hanem az ellipszoid középpontján és a felületi ponton átmenő egyenest vette forgástengelynek. Végül a kapott paraméterek: $dx = 543,31$ m; $dy = -181,68$ m; $dz = 528,67$ m; $ex = 22,402''$; $ey = 10,159''$; $ez = 25,967''$; $s = 11,190$ ppm

Megjegyezzük, hogy legalább három illesztőpont esetén elméletileg lehetőség lett volna a Burša–Wolf-paramétereket legkisebb négyzetek módszere szerinti kiegyenlítéssel is számolni. Ehhez Timár és Molnár (2013) jegyzetének függelékében találunk levezetést. Fokozottan felhívnom az olvasó figyelmét azonban, hogy a képleteket körültekintően használja! Timár és Molnár (19) sorszámú egyenletét újra levezetve ugyanis kiderül, hogy az együtthatómátrix főátlójában az első három elem előjelei tévesek, ezen felül még fölcserélődött a mátrix 3. sorában a 6-7. oszlop, továbbá a 6-7. sor a 3. oszlopban. Ezzel a módszerrel (immár a

javított együtthatómátrixszal) számítva a következő paraméterezést kapnánk: $dx = 523,29$ m; $dy = 99,04$ m; $dz = 379,77$ m; $ex = 5,241''$; $ey = 8,597''$; $ez = 21,280''$; $s = 17,534$ ppm

Meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy egy kiegyenlítő számítás érvényessége nagy mértékben függ a fölhasznált pontok elhelyezkedésétől. Sajnos az öt kiválasztott pont semmiképp sem tekinthető Erdély területére nézve reprezentatívnak: Kettő pont a középső területen, három pont pedig Erdélytől nyugatra, a Partium északi és középső részein található. Ennek megfelelően a kiegyenlítésből számított paraméterek bár várhatóan jobb illeszkedést biztosítanak az érintett Kolozs és Torda-Maros vármegyékben, az ettől távol eső területeken a transzformáció romlását várhatjuk a dolgozatban levezetett determinisztikus modellhez képest.

A bemutatott determinisztikus és kiegyenlítő számítás vízszintes értelmű eltérése tapasztalataim szerint a kettő-öt métert Erdély területén nem haladta meg (a fölhasznált illesztőpontok környezetében még méteres eltérést sem tapasztaltam). Mivel az eltérés így a rendelkezésemre álló ötvenezres méretarányú szelvények rajzi hibája alatt maradt, nincs érdemi lehetőség a két módszer hatékonyságának gyakorlati összehasonlítására. Jó lenne idővel nagyobb pontosságú, pl. kataszteri térképek segítségével ellenőrizni, hogy a kiegyenlítésből vagy a determinisztikus számításból levezetett paraméterek-e a megfelelőbbek a kiegyenlítésben fölhasznált pontoktól távol, például Háromszékben vagy Hunyadban.

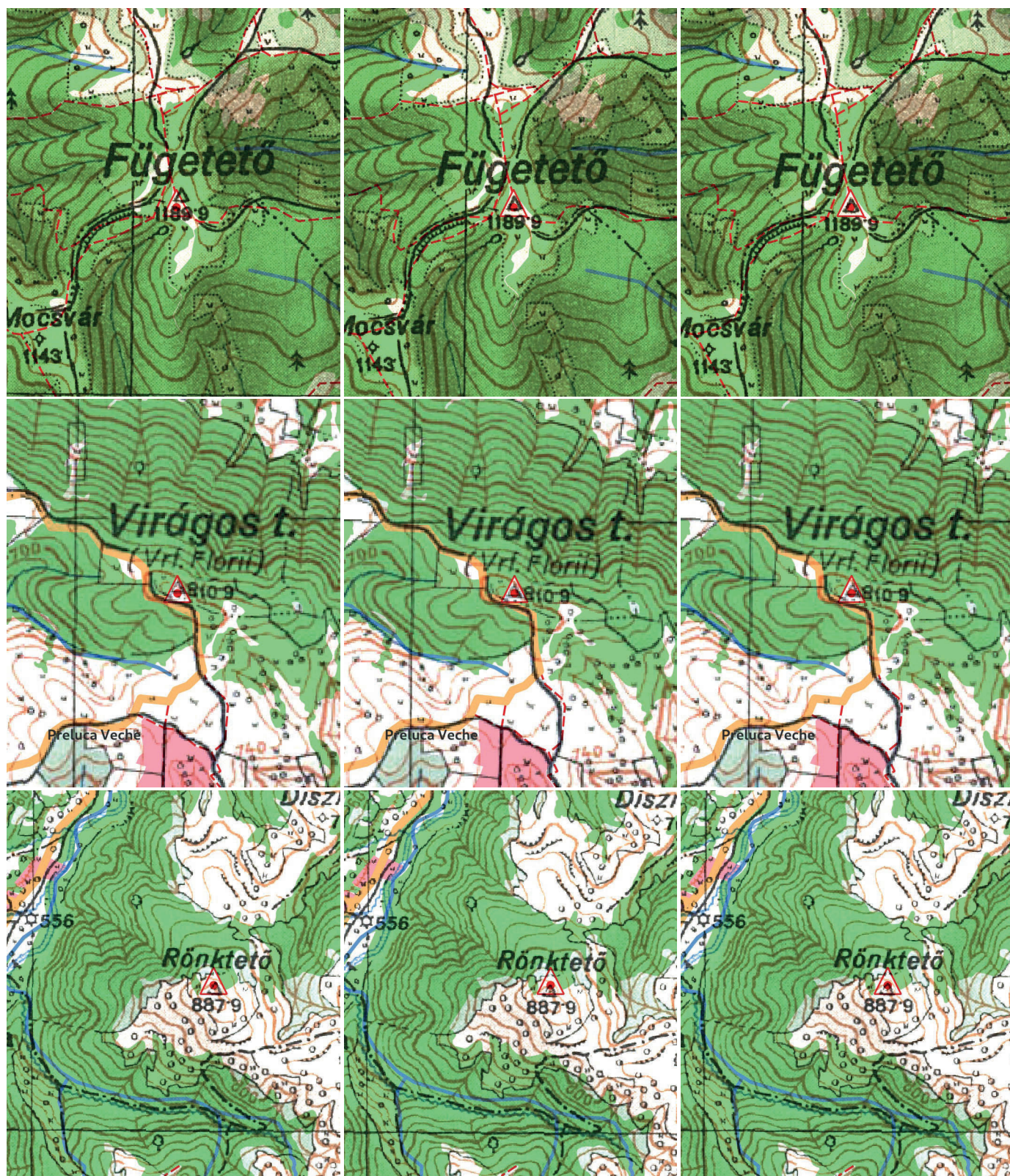
4. Ellenőrzés

Az előbbi levezetés alapján a következő PROJ-definíció adja meg a Marosvásárhelyi katonai sztereografikus rendszert:

```
+proj=sterea +lat_0=46d33'6.4273"
+lon_0=24d23'34.9350" +k=1 +x_0=600000
+y_0=600000 +ellps=bessel +towgs84=543.31,-
181.68,528.67,-22.402,-10.159,-25.967,11.190
+units=m +no_defs
```

Az újabb szoftvercsomagokban szükséges WKT-definíciót az olvasó függelékben találja. Megjegyezzük, hogy a kettős leképezésű sztereografikus vetület bár valamennyi térinformatikai szoftverben elérhető, a szögtartó gömbvetület mindig a segédpólus szélességén lesz hossztartó (Timár–Molnár–Márta 2003). Mint a bevezetőben láttuk, történeti okokból a Gauss-gömb normálparalelköre a valóságban a segédpólustól délre halad át, azonban szerencsénkre ez az eltérés csupán kb. húsz szögmásodperc. Ennek hatása bizonyosan elenyésző, hiszen az EOVS esetén még másfél szögperc eltérés is szubmilliméteres nagyságrendű vízszintes hibát okozott (Tóth 2022).

Ezekkel a paraméterekkel, egyszerű Helmert-transzformációval georeferáltam a szelvényeket, illesztőpontokként a koordinátahálózati vonalak metszéspontjait alkalmazva. A térképet az ANCPi honlapjáról ingyenesen letölthető TopRo50 adatbázissal vetettem össze. Az illeszkedés pontosságát a fölhasznált illesztőpontoktól távol, olyan uralgó magaslatokon ellenőriztem, ahol a józan ész alapján valószínűsíthető, hogy a térkép készítésekor már volt háromszögelési pont (néhány példa az 1. ábrán). Néhány kiugróan hibás (Kalotaszeg nyugati részén található) pontot



1. ábra Marosvásárhelyi sztereografikus szelvények illeszkedése rendre Timár et al. (2007), Kerkovits és Gede (2023) és jelen tanulmány paramétereivel. Az élénk színű vonalak a modern TopRo50 adatbázisból származnak. Az Alsíkban található Füge-tető példája mutatja, hogy az illeszkedés a legjobban a Székelyföld területén javult. A kővárvidéki Virágos-tetőn a 2023-as paraméterekhez képest már nem történt javulás, de romlás sem; míg a kalotaszegi Rönk-tető esetén a 2023-as cikk rontott Timárhoz képest, jelen tanulmány eredményei azonban már itt is kedvezőbbek. Az eredetileg 1 : 50 000 méretarányú térképek 1 : 25 000-re lettek nagyítva.

leszámítva az illeszkedés feltűnően pontos volt. Meglepő módon a felhasznált illesztőpontokhoz képest áttellenesen fekvő Háromszék környékén tapasztaltam a Kesztej-hegy közvetlen környéke után a második legjobb illeszkedést. Ez alátámasztja a determinisztikus modell előnyét, hiszen ennek pontossága nem az illesztőpontok helyzetétől, hanem kizárólag a korabeli mérések pontosságától függ. A korábbi tanulmányban (Kerkovits–Gede 2023) elért kb. 15 méteres hiba 3–8 méterre javult. Ez a térkép méretarányában 0,1 mm, azaz a legnagyobb elérhető nyomdai pontosság!

Ennél nagyobb pontosságot azonban nem várhatunk a transzformációtól, mert az a levezetés jellege miatt csak a Kesztej-hegy környezetében pontos, attól távolodva fokozatosan romlik. A Kesztej-hegytől legtávolabb található Pless pont ETRS89-koordinátáit Marosvásárhelyi rendszerbe transzformálva már kellemtelen, 10 méter körüli hibával kapjuk vissza. Ennek oka a korabeli háromszöghálózat mérési hibáiban keresendő, így jobban illeszkedő, a hálózat belső torzulásait figyelembe vevő módszerrel kaphatunk csak pontosabb eredményt. Ehhez viszont több, Erdély teljes területét reprezentáló alappont koordinátái lennének szükségesek. Ugyanakkor igen kevés pont felhasználásával is sikerült a topográfiai térképek méretarányának megfelelő pontosságú transzformáció létrehozása.

5. Záró gondolat

A dolgozatban bemutatott módszer alkalmazhatóságát leginkább Erdély illesztőpontjainak képest áttellenes részein, a Kesztej-hegytől távol lehetne ellenőrizni. Kísérletképpen megpróbáltam a Fogarasi-havasok térségét ábrázoló szelvényeket georeferálni. Ezek III. katonai felmérésből származó lapok voltak, amelyeket marosvásárhelyi sztereografikus koordinátákkal nyomtak felül. Látható volt, hogy a hagyományos, kiegyenlítő számításból származó értékek és a jelen munka paraméterei között várakozásainknak megfelelően itt adódott a legnagyobb eltérés. Azonban a térképek rajzi hibája sajnos olyan nagy mértékű volt, hogy lehetetlen objektív módon megmondani, hogy az egymástól akár 20 méteres nagyságrendben eltérő transzformációk közül melyik adja a jobb illeszkedést. Ha hozzájuthatnék erdélyi területről származó kataszteri térképekhez, azok illeszkedése erősebb bizonyítékot szolgáltathatna a módszertan helyességére.

Köszönetnyilvánítás

A georeferálás ellenőrzéséhez és az alappontok mai Stereo70-rendszerű koordinátáihoz a TopRo50 adatbázist használtam föl, amelyet az ANCPA a <http://geoportal.ancpi.ro/portal/sharing/rest/content/items/94ebfdce60b34da7958216b1558e781d/data> címen elérhető licenzszerződés alapján díjmentesen bocsátott rendelkezésemre.

Irodalomjegyzék

- Biró Péter – Ádám József – Völgyesi Lajos – Tóth Gyula. 2013. *A felső-geodézia elmélete és gyakorlata*. HM Zrínyi, Budapest. ISBN: 978-963-257-248-2
- Fasching Antal. 1909. A magyar országos háromszögelések és részletes felmérések új vetületi rendszere. Pénzügyminisztérium, Budapest
- Gauß, C. F. 1843. Erste Abhandlung. In *Untersuchungen über Gegenstände der Höheren Geodäsie*, Wilhelm Engelmann, Leipzig, pp. 3–35.
- Homoródi Lajos. 1952. Vizsgálatok új háromszögelési hálózatunk elhelyezésére és tájékoztására. *Geodézia és kartográfia*, 4. évf. 1. sz. pp. 1–10.
- Homoródi Lajos. 1953. Régi háromszögelési hálózataink elhelyezése és tájékoztása, *Geodézia és Kartográfia*, 5. évf. 1. sz. pp. 1–18.
- Ihde, J. – Sánchez, L. 2005. A unified global height reference system as a basis for IGGOS. *Journal of Geodynamics*, 40. évf. 4–5. sz. pp. 400–413. DOI: 10.1016/j.jog.2005.06.015.
- Karney, C. F. F. 2013. Algorithms for geodesics. *Journal of Geodesy*, 87. évf. 1. sz. pp. 43–55. DOI: 10.1007/s00190-012-0578-z
- Kerkovits K. – Gede M. 2023. Parametrization of the Hungarian Stereographic Map Sheets. *Advances in Cartography and GIScience of the ICA*, 4. köt. p. 13. DOI: 10.5194/ica-adv-4-13-2023
- Kovács Emőd. 2011. *Komputergrafika – Matematikai alapok*. Eszterházy Károly Főiskola, Eger.
- Oltay Károly. 1914. A függővonal deviációja Kesztej és Tigla-morutului pontok között. *Mathematikai és Természettudományi Értesítő*, 32. évf. pp. 523–530.
- Timár Gábor. 2007. A ferrói kezdőmeridián. *Geodézia és Kartográfia*, 59. évf. 12. sz. pp. 3–7.
- Timár Gábor – Molnár Gábor. 2013. *Térképi vetületek és alapfelületek*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. ISBN: 978-963-284-387-2
- Timár G. – Molnár G. – Imecs Z. – Păunescu, C. 2007. Datum and projection parameters for the Transylvanian sheets of the 2nd and 3rd Military Surveys. *Geographia Technica*, 2. évf. 1. sz. pp. 83–88.
- Timár Gábor – Molnár Gábor – Márta Gergely. 2003. A budapesti sztereografikus, illetve a régi magyarországi hengervetületek és geodéziai dátumaik paraméterezése a térinformatikai gyakorlat számára. *Geodézia és Kartográfia*, 55. évf. 3. sz. pp. 16–21.
- Timár Gábor – Molnár Gábor – Păunescu, Cornel – Pendea, Florin. 2004. A második és harmadik katonai felmérés erdélyi szelvényeinek vetületi és dátumparaméterei. *Geodézia és Kartográfia*, 56. évf. 5. sz. pp. 12–16.
- Tóth Sándor. 2022. Az EOVS vetületi egyenletében szereplő k1 állandó helyes értéke. *Geodézia és Kartográfia*, 74. évf. 5. sz. pp. 20–26. DOI: 10.30921/GK.74.2022.5.3
- Varga József. 2003. *Vetülettan*. 3. kiadás. Műegyetemi Kiadó, Budapest. Jegyzet azonosítója: 91244

Függelék: Javasolt WKT-definíció a Marosvásárhelyi katonai sztereografikus rendszerhez

```

BOUNDCRS [
  SOURCECRS [
    PROJCRS["Marosvásárhely Stereographic",
      BASEGEOGCRS["KD 1890",
        DATUM["Kesztej Datum 1890",
          ELLIPSOID["Bessel 1841",6377397.155,299.1528128,
            LENGTHUNIT["metre",1,
              ID["EPSG",9001]]]],
        PRIMEM["Greenwich",0,
          ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
          ID["EPSG",8901]]],
      CONVERSION["Marosvásárhely Stereographic",
        METHOD["Oblique Stereographic",
          ID["EPSG",9809]],
        PARAMETER["Latitude of natural origin",46.5517853611111,
          ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
          ID["EPSG",8801]],
        PARAMETER["Longitude of natural origin",24.3930375,
          ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
          ID["EPSG",8802]],
        PARAMETER["Scale factor at natural origin",1,
          SCALEUNIT["unity",1],
          ID["EPSG",8805]],
        PARAMETER["False easting",600000,
          LENGTHUNIT["metre",1],
          ID["EPSG",8806]],
        PARAMETER["False northing",600000,
          LENGTHUNIT["metre",1],
          ID["EPSG",8807]]],
    CS[Cartesian,2],
    AXIS["easting (Y)",east,
      ORDER[1],
      LENGTHUNIT["metre",1,
        ID["EPSG",9001]]],
    AXIS["northing (X)",north,
      ORDER[2],
      LENGTHUNIT["metre",1,
        ID["EPSG",9001]]]],
  TARGETCRS [
    GEOGCRS["WGS 84",
      DATUM["World Geodetic System 1984",
        ELLIPSOID["WGS 84",6378137,298.257223563,
          LENGTHUNIT["metre",1]]],
      PRIMEM["Greenwich",0,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
      CS[ellipsoidal,2],
      AXIS["latitude",north,
        ORDER[1],
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
      AXIS["longitude",east,
        ORDER[2],
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
      ID["EPSG",4326]],
    ABRIDGEDTRANSFORMATION["Transformation from KD1890 to WGS84",
      METHOD["Position Vector transformation (geog2D domain)",
        ID["EPSG",9606]],
      PARAMETER["X-axis translation",543.31,
        ID["EPSG",8605]],
      PARAMETER["Y-axis translation",-181.68,
        ID["EPSG",8606]],
      PARAMETER["Z-axis translation",528.67,
        ID["EPSG",8607]],
      PARAMETER["X-axis rotation",-22.402,
        ID["EPSG",8608]],
      PARAMETER["Y-axis rotation",-10.159,
        ID["EPSG",8609]],
      PARAMETER["Z-axis rotation",-25.967,
        ID["EPSG",8610]],
      PARAMETER["Scale difference",1.000011190,
        ID["EPSG",8611]]]]

```

Hibakiigazítási eljárások térbeli eloszlásának vizsgálata

KATONA János¹, OLÁH Róbert², SUBA Norbert-Szabolcs³

¹Óbudai Egyetem, Alba Regia Kar, Geoinformatikai Intézet

²Lechner Nonprofit Kft., Ingatlan-nyilvántartási és Geodéziai Igazgatóság

³University of Oradea, Faculty of Civil Engineering, Cadastre and Architecture

E-mail: katona.janos@amk.uni-obuda.hu

DOI: [10.30921/GK.78.2026.3.2](https://doi.org/10.30921/GK.78.2026.3.2)

Absztrakt

Magyarországon az állami ingatlan-nyilvántartási térképi adatbázissal szemben támasztott műszaki követelményeket, valamint a térképi adatok pontosságára és megengedett hibahatáraitól vonatkozó előírásokat az ingatlan-nyilvántartási célú földmérési és térképészeti tevékenység részletes szabályairól szóló 8/2018. (VI. 29.) AM rendelet rögzíti. Az előírt tűréshatárokat meghaladó térképi hibák feltárása esetén azok helyesbítéséről a területileg illetékes kormányhivatal ingatlanügyi hatósága gondoskodik. A tanulmány célja az elmúlt két évtizedben lefolytatott kiigazítási eljárások országos statisztikai adatainak bemutatása, továbbá az eljárások számának és a forrástérképek kiválasztott metaadatainak kapcsolatvizsgálata statisztikai elemzési módszerek alkalmazásával. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált metaadatok és a kiigazítási eljárások előfordulási gyakorisága között szignifikáns, illetve egyértelmű összefüggés nem igazolható.

Abstract

In Hungary, the technical requirements applicable to the state cadastral map database, including the accuracy standards and permissible error tolerances of cadastral mapping data, are defined by Decree 8/2018 (VI. 29.) of the Ministry of Agriculture on the detailed regulations governing surveying and mapping activities for cadastral purposes. When mapping errors exceeding the prescribed tolerances are identified, their correction is carried out by the competent real estate authority of the relevant county government office. The aim of this study is twofold: first, to present national statistical data on cadastral map correction procedures conducted over the past two decades; and second, to investigate the relationship between the number of such procedures and selected metadata characteristics of the source maps using statistical analysis methods. The results indicate that no significant or unambiguous relationship can be demonstrated between the examined metadata variables and the frequency of correction procedures.

1. Bevezetés

Az elektronikus ingatlan-nyilvántartás bevezetésének idején érdemes ismét elővenni a digitális földmérési alaptérképek pontosságának a kérdését. Bár az átállás érdekében a Lechner Tudásközpont munkatársai számos adattisztítást végeztek a digitális alaptérképek konzisztenciája érdekében, a nagyrészt digitalizálással előállított adatbázis jelen állapotában is küzd bizonyos kihívásokkal. A földhivatali osztályok napjainkban is végzik a felmérési, térképezési és területszámítási hibák kiigazítását.

A digitális földmérési alaptérképek pontosságával kapcsolatban az elmúlt közel húsz évben jelen folyóirat hasábjain is több cikket lehetett olvasni (Herczeg 2005, Boda 2008, Vincze 2009, Fábán 2017). Vincze (2022) szintén felhívja a figyelmet arra, hogy a digitális alaptérképi adatbázis több szempontból is igen heterogén képet mutat. A digitalizált analóg térképek eltérő vetületi rendszerben, különböző utasítások szerint készültek. A

földügyi szakterületen dolgozók számára az is ismert tény, hogy a digitális alaptérképek előállításakor - forrás, ill. idő hiányában - nagyrészt a meglévő analóg térképek digitalizálásával oldották meg a feladatot. A külterületi vektoros térképek előállításakor – a földprivatizációs munkák miatt – több numerikus adat került bedolgozásra, mint a belterületeken, így az előbbiek szakmai szempontból jobb megoldásnak tekinthetők. Ettől függetlenül tény, hogy a – közfeladatok ellátását támogató térinformatikai rendszerek geometriai alapjainak biztosításához is kötelező jelleggel felhasználandó – alaptérkép bizonyos lokális esetekben tűrési értékeket meghaladó eltéréseket mutat a természetbeni állapothoz képest.

A technológia, a mérési módszerek és eszközök fejlődése jelenleg is új kihívásokat támaszt a földügyi nyilvántartásokkal szemben (Lehoczky–Tóth 2022, Hrutka et al. 2021). A kataszteri térképek pontossága nemzetközi szinten is kutatott téma. Pullar (2022) szerint a különböző időpontokban és technológiákkal készült felmérések integrációja jelenti a fő hibaforrást. Továbbá

a hibák nem csak geometriaiak lehetnek, hanem a térkép és nyilvántartás között inkonzisztenciák is (Roic 2021). A hibák térbeli mintázatának kimutatására a klaszterezés jelenthet jó megoldást (Vantas–Mirkopoulou 2025).

A térképek relatív pontossága helyett az abszolút pontosságra mutatkozik egyre nagyobb igény. A digitális bennszülöttként felnövő új nemzedék felé a korábbinál is jobban kell hangsúlyozni a jelenlegi térképi adatbázisok korlátait, az ok-okozati összefüggéseket, valamint a szakmailag megalapozott, felelős mérnöki munka fontosságát mind ingatlan-nyilvántartási célú földmérési tevékenységek, mind kitűzési munkák vonatkozásában. A földmérő és földrendező mérnök képzés felsőoktatási intézményei közül a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán, valamint az Óbudai Egyetem Alba Regia Karán (ÓE-AMK) az elmúlt években szakdolgozatok és diplomamunkák is születtek a felmérési, térképezési, területszámítási hiba (FTTH) kijavításának témakörében (Hrutka 2021, Vásárhelyi 2024, Ugranyecz 2025). Jelen vizsgálódást is egy ilyen dolgozat konzultációja során felmerült kérdés indította el: Vajon a FTTH kiigazítások milyen térbeli eloszlást mutatnak az országban? Van-e korreláció ezen statisztikai mutató, valamint az alaptérkép előállításához felhasznált forrástérképek egyes tulajdonságai között?

2. Anyag és módszer

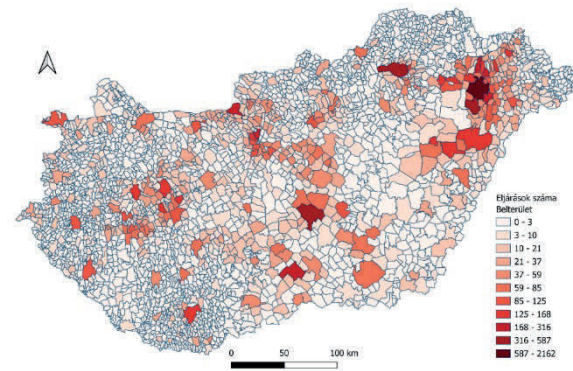
A kutatáshoz felhasznált adatokat a Lechner Tudásközpont Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (LTK) oktatási-kutatói célból díjmentes adatszolgáltatás keretében biztosította az ÓE-AMK és a LTK között 2024-ben megújított együttműködési megállapodás keretei között. A szakmai konzultációt követően az alábbi adatok kerültek meghatározásra:

- Az adatbázisokban változást eredményező, FTTH javítására hivatalból indított ügyek száma település/fekvés/év bontásban 2007 és 2025 közötti időszakban
- Az adott terület térképezésekor érvényben lévő szakmai utasításra történő hivatkozás település/fekvés bontásban.

Ezen felül felhasználásra került a TAKARNET weboldalán településenként és azok fekvéseikként közzétett térképi metaadatok, úgymint a vetületi rendszer, a méretarány, valamint a felmérés éve. Ezen adatokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy az oldal tájékoztatása szerint „A közölt adatok csak tájékoztató jellegűek!”

Az adatok a nyílt forráskódú QGIS szoftver segítségével kerültek feldolgozásra. A tematikus térképek vektoros alapját az openstreetmap.hu-ról származó közigazgatási egységek határait tartalmazó shp fájl jelentette.

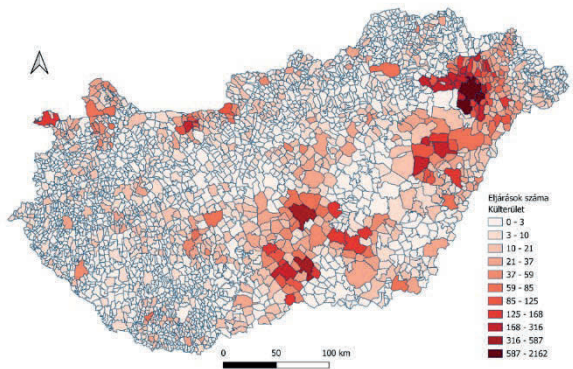
Az adatok térbeli eloszlását szemléltető tematikus térképek a QGIS jelrendszer funkciójával készültek. A kategorizált jelrendszer szerinti megjelenítések esetében a színek kódok következetesen kerültek használatra.



1. ábra Belterületen történt FTTH eljárások számának térképi ábrázolása

A földügyi igazgatásnak a vizsgált időszakban (2007-2025) országos szinten 63 212 db. FTTH javítására irányuló ügygel kellett foglalkoznia. Ezek közül 27 002 belterületet, 29 705 külterületet, illetve 6505 ügy pedig zártkertet érintett. A belterületet érintő ügyek településenként összesített adatainak térbeli eloszlását az 1. ábra mutatja. A tematikus térkép az ún. „természetes élek” (Jenks) automatikus osztályozási mód szerint készült 11 db. osztállyal. (Megjegyzés: az exklávék ugyanazt a színt kapták, mint a központi településrészek).

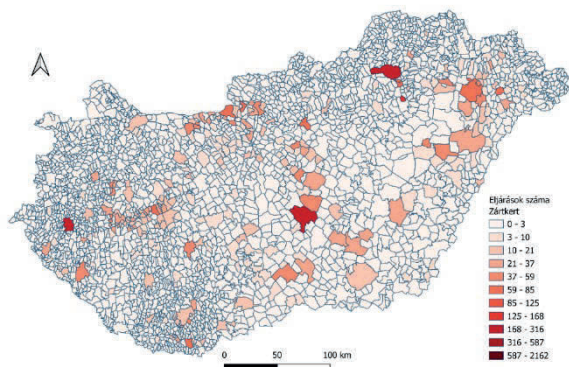
Vizuális elemzéssel a térképen több, a FTTH eljárással erősen érintett terület is lehatárolható: Nyíregyháza és környéke, Hajdúszoboszló és környéke, Miskolc, Kecskemét, Kiskunhalas és környéke, a főváros budai kerületei, Zalaegerszeg, Tata és Esztergom.



2. ábra Külterületen történt FTTH eljárások számának térképi ábrázolása

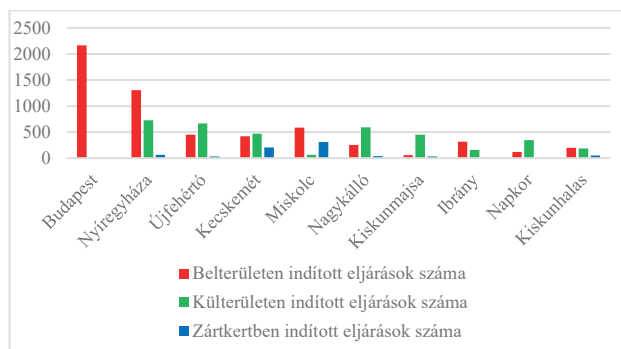
A 2. és 3. ábra a külterületeket, illetve a zártkerteket érintő ügyek eloszlását mutatja. Az eljárások területi eloszlása láthatóan nagyon változatos képet mutat. Bár az eljárások nem kizárólag az alaptérkép hibáira vezethetők vissza, a többi hiba (pl. adatbeviteli hiba vagy téves területszámítás) országos eloszlása vélhetően egyenletes. Így a feltételezés szerint az eljárások gyakoribb előfordulására elsősorban mégis a digitális térképek alapjául szolgáló analóg térképek adhatnak választ. A kutatás hipotézise szerint összefüggés van az eljárások száma, valamint

a forrástérkép keletkezési időszaka, vetületi rendszere, illetve az alkalmazott térképkészítési utasítás között.



3. ábra Zártkertekben történt FTTH eljárások számának térképi ábrázolása

A térbeli eloszlást mutató tematikus térképek mellett az 4. ábra a lista élén található településeket tartalmazza fekvések szerint.

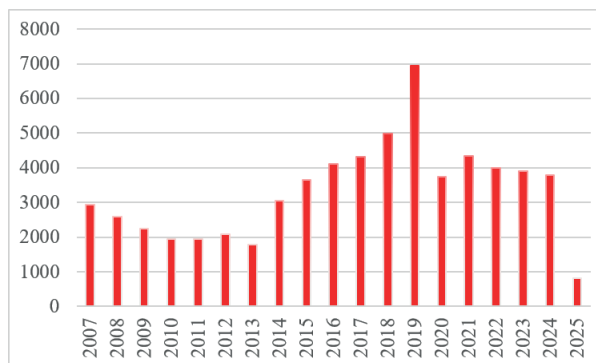


4. ábra A tíz legtöbb FTTH eljárásszámmal rendelkező település

A települési rangsorokból kiderül, hogy Nyíregyháza, Újfehértó, valamint Kecskemét mind bel-, mind külterületen kimagasló eljárásszámmal rendelkezik. Továbbá Miskolcon és Esztergomban belterületi és zártkerti fekvésekben volt jelentős FTTH eljárás a vizsgált időszakban. Budapest pedig – a területéből adódóan is – vezeti a belterületi listát.

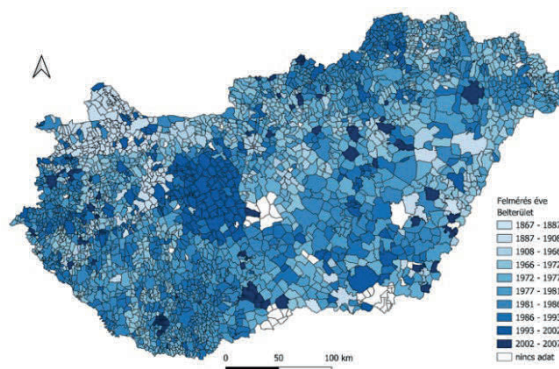
Az 5. ábra az eljárások időbeli eloszlását mutatja. Mivel a 2025. évi adat tört évet jelentett, így az nem került megjelenítésre a diagramon. Az ábra alapján megállapítható, hogy 2007 és 2013 között az eljárások számában egy csökkenő, míg 2013 és 2019 között egy növekvő tendencia figyelhető meg. A 2007–2013 közötti csökkenő tendencia részben a gazdasági válság következtében visszaeső ingatlanforgalommal és földmérési aktivitással magyarázható. A 2013 körül megfigyelhető fordulat összefüggésbe hozható a földmérési és térképszeti tevékenységről szóló 2012. évi XLVI. törvény és a végrehajtását szolgáló 25/2013. (IV. 16.) VM rendelet hatálybalépésével, amelyek az egységes ingatlan-nyilvántartási adatbázis modernizálását, valamint a hibák feltárásának és javításának részletes szabályozását valósították meg. A 2013–2019 közötti növekedés az ingatlanpiac élénkülésével és a digitális térképi adatbázisok szélesebb körű alkalmazásával is összefügghet. A

2020 utáni közel állandó éves esetszám pedig arra utalhat, hogy a hibajavítási tevékenység egy 4000 esetszám körüli szintre állt be.



5. ábra Eljárások számának változása a vizsgált időszakban

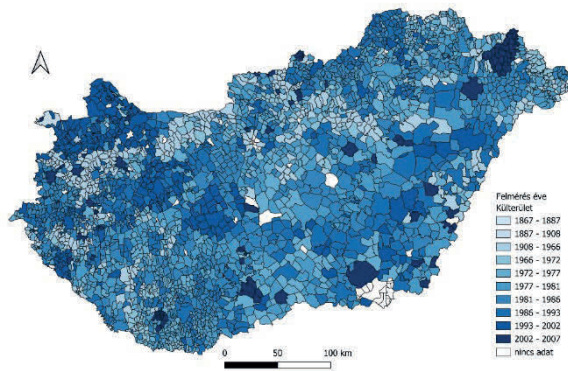
A 6. ábra a belterületek forrástérképeinek keletkezési idejét mutatja a Takarnet oldal adatai alapján. Meg kell jegyezni, hogy a korabeli adatszolgáltatás idején a bizonyos vármegyék nem a forrástérképek, hanem az azokból előállított digitális térképek metaadatait adták meg.



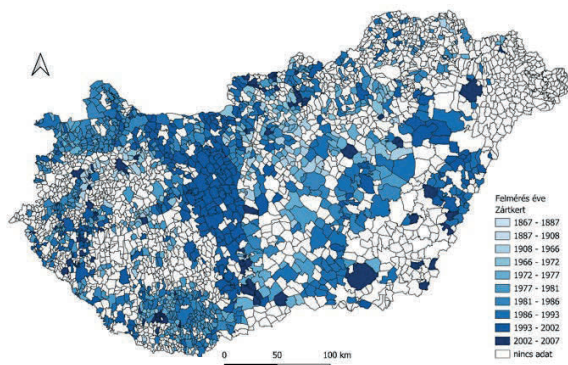
6. ábra Belterületi forrástérképek keletkezési időszakai

A forrástérképek felmérési éve alapján készült tematikus térkép szintén a természetes törések módszerével készült. Egyes településekre vonatkozóan nem volt megadva a térképkészítési időszak. Bár a vetületi rendszerből, a méretarányból, valamint a más forrásból származó térképkészítési utasításból lehetne következtetni a térképezési időszakra, a tényszerűség érdekében ilyen jellegű kiegészítő, módosító megoldásra sem ennél a térképnél, sem a további térképeknél nem került sor. Az ábráról leolvasható, hogy az ország északnyugati részéről, illetve a nagyvárosok belterületeiről készültek a legkorábban (1867-1887) felmérések. Az utolsó évszám 2007, vagyis a KÜVET és BEVET projekteket követő újfelméréseket a kimutatás, így a térkép sem tartalmazza.

A 7-8. ábrák a külterületek és a zártkertek térképkészítési időszakait mutatják be a belterület esetében használt időszakok, ill. jelrendszer szerint.

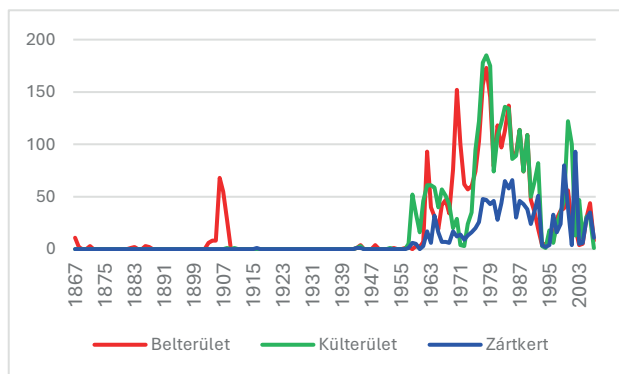


7. ábra Kültérületi forrástérképek keletkezési időszakai



8. ábra Zártkerti forrástérképek keletkezési időszakai

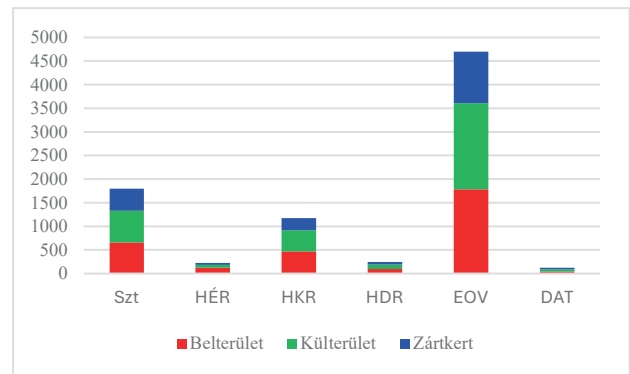
Az vizuális interpretációval is rögtön megállapítható, hogy a kültérletek és a zártkertek térképezéseinek ideje nem feltétlenül esett egybe a belterületekével. Mindkét esetben egyenletesebb a térbeli eloszlás, mint a belterületek vonatkozásában. Érthető módon a kültérleti és zártkerti térképek jó része időben később keletkezett, mint a belterületi térképek. Ezt a 9. ábra is megerősíti, amely a felmérések időbeli eloszlását mutatja.



9. ábra Felmérések időbeli eloszlása fekvésenként

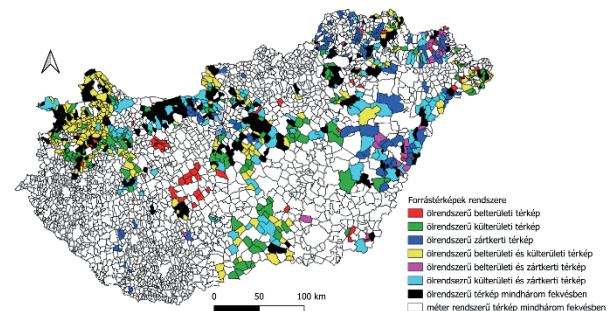
A 12. ábra azt mutatja, hogy milyen vetületi rendszerben készültek a települések egyes fekvései. Eszerint a térképek 57%-a EOv (a DAT is EOv), 20%-a henger (HÉR, HKR, HDR), 22%-a sztereografikus vetületi rendszerben készült. A sztereografikus vetületi rendszert 1864-től, a henger vetületet

1909-től, az Egységes Országos Vetületi rendszert pedig 1975-től alkalmazták.



10. ábra A forrástérképek vetületi rendszereinek megoszlása fekvésenként

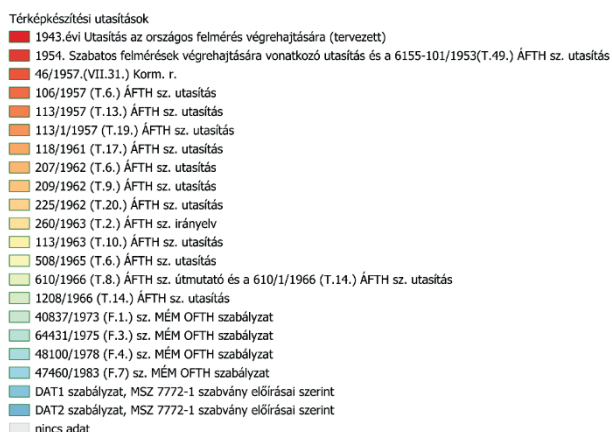
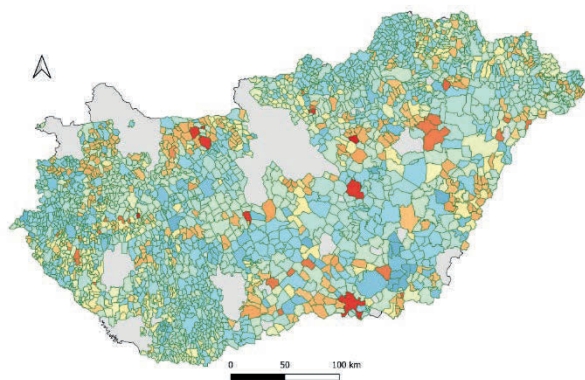
A hengervetületi térképek szelvényeit általában már méterértékű koordinátavonalak határolják, eleinte azonban ölrendszerű beosztással is készültek, mivel a földmérésben csak 1927-ben vezették be a méter hosszegység használatát. A térképek metaadatai tartalmazzák a méretarányt is. A 11. ábra az ölrendszerben készült térképeket mutatja.



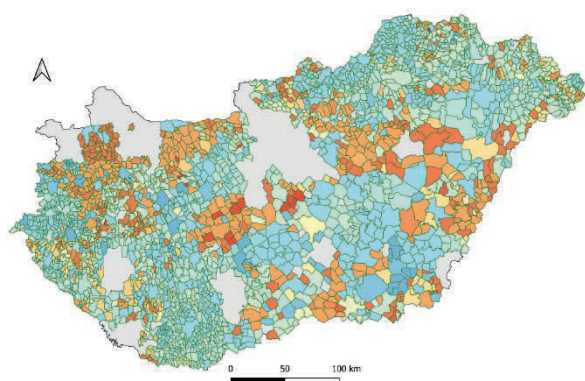
11. ábra Az ölr-, illetve méter rendszerű forrástérképek térbeli eloszlása

A fenti metaadatokból készített térképek is mutatnak egy bizonyos mértékű heterogenitást a térképállományról, azonban a térképkészítési utasítások alapján készített térképek mutatják meg igazán a helyzet összetettségét. Fontos megjegyezni, hogy egyes települések térképei fekvésen belül is több utasítás szerint készültek. (Belterület vonatkozásában 82, kültérületen 17, zártkert esetében pedig 48 települést érint a fenti megállapítás). Ezért a térképi ábrázolás előtt egy rangsorolásra volt szükség, melynek eredményeként a térképeken minden érintett település/fekvés vonatkozásában korábbi utasítás szerinti jelölés látható.

Győr-Moson-Sopron, Pest vármegye járásainak többségéről nincs szakmai utasításra vonatkozó adat. Ez azzal magyarázható, hogy a többségük sztereografikus rendszerben készült 1867 és 1908 között. Természetesen abban az időben is léteztek térképkészítési vonatkozó utasítások (pl. háromszögelési szabályzat és kataszteri felmérési előírás), azonban nem adható meg egyetlen szabályzat.

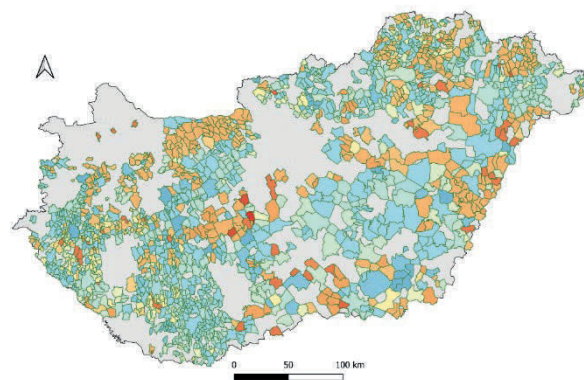


12. ábra Belterületi térképek készítésére vonatkozó szakmai utasítások

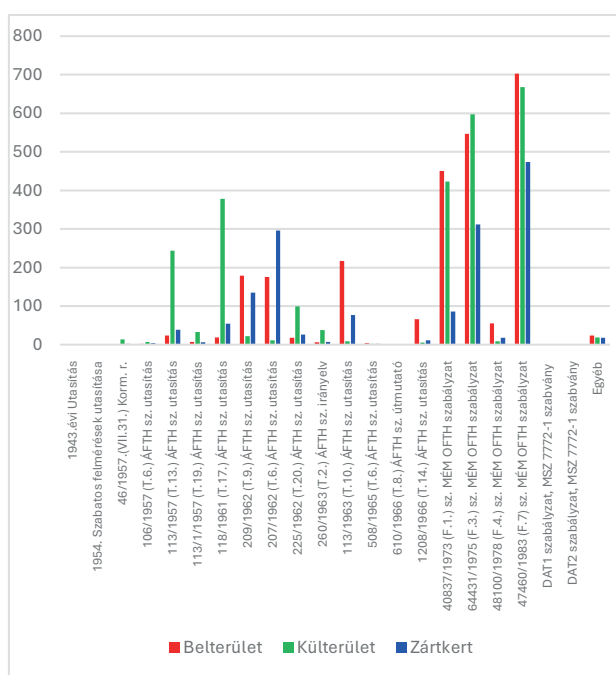


13. ábra Külterületi térképek készítésére vonatkozó szakmai utasítások

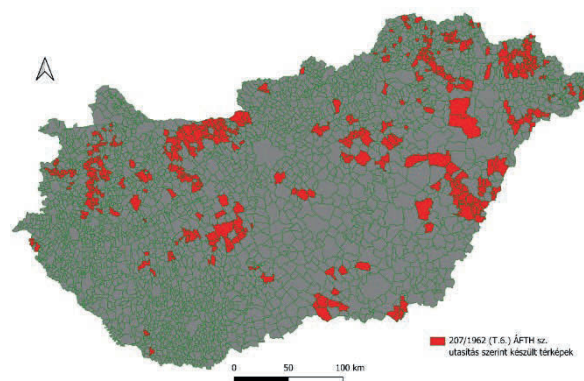
A 15. ábráról leolvasható, hogy mindhárom fekvés esetében az F7-es majd pedig az F3-as szabályzat szerint készült a legtöbb alaptérkép. Belterületen és külterületen a sor az F1-es szabállyal, míg a zártkertek vonatkozásában a T6-os szabállyal, vagy ismertebb nevén a 207-es utasítással folytatódik. A 207/1962 (T.6.) ÁFTH sz. utasítás megengedte, hogy a természetben mért és térképről leolvasott vizsgálati méretek közötti megengedett legnagyobb eltérés a földrészletek határvonalai vagy épületek között 2 öl, művelési ágak határvonalai vagy épületek között pedig 3 öl lehet. A következő térkép (18. ábra) azt mutatja, hogy mely településeken fordulnak elő a 207/1962 (T.6.) ÁFTH sz. utasítás szerint készült térképek.



14. ábra Külterületi térképek készítésére vonatkozó szakmai utasítások



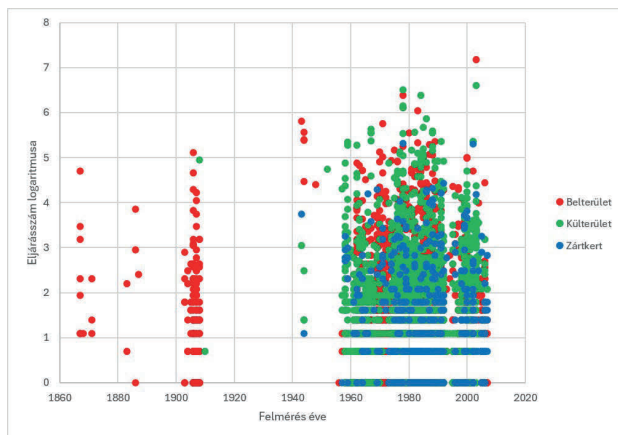
15. ábra Térképkészítési utasítások statisztikája fekvésenként



16. ábra Települések, melyeken 207/1962 (T.6.) ÁFTH sz. utasítás szerint készült térképekből állították elő a digitális alaptérképet

3. Eredmények

Az eljárásszámok, valamint a metaadatok közötti kapcsolat vizsgálata Pearson-korreláció számításával történt az alábbiak szerint. Az eljárásszám változó erősen ferde eloszlása miatt a torzító hatások mérséklése érdekében logaritmikus transzformáció került alkalmazásra. A vetületi rendszerek, valamint a felmérési utasítások bináris (dummy) változók alkalmazásával került elemzésre. A Pearson-féle korrelációs együttható valamennyi vizsgált vetületi kategória esetében alacsony abszolút értékűnek bizonyult (min: -0.1745 eljárásszám-hengervetület-belterület; max: 0.2469 eljárásszám-Sztereografikus vetület-külterület), amely alapján csupán nagyon gyenge kapcsolat fennállása mutatható ki.



16. ábra Az eljárásszámok ábrázolása a felmérési év szempontjából

Az eljárásszám és a térképszerkesztési utasítások közötti kapcsolat vizsgálata során valamennyi fekvéstípus esetében alacsony korrelációs értékek kerültek meghatározásra ($|r| < 0,1$), ami szintén gyenge lineáris összefüggésre utalt. A 16. ábra, amely az eljárásszámokat és a felmérési éveket ábrázolja, szintén a megerősíti a fenti megállapításokat.

4. Konklúzió

Az elemzés rámutat arra, hogy az eljárások számára sem a vetületi rendszer, sem a térképkészítési utasítás nincs meghatározó hatással. Bár bizonyos vetületi típusokhoz eltérő átlagértékek tartoznak, a korrelációk alacsony értékei arra utalnak, hogy a vetület és az eljárásszám közötti kapcsolat gyenge és jelentős átfedések vannak az egyes kategóriák között.

A vizsgálat eredményére a következő magyarázat adható. A csekély korreláció két fő okra vezethető vissza:

1. FTTH javításokra elsősorban nem a térképek geometriai pontatlansága miatt kerülhetett sor. Az adatbázis naplózásából nem lehet pontosan megállapítani, hogy mi volt az eljárás indoka. Számos esetben FTTH eljárás keretében módosíthatók jellegbeli, funkcióbeli hibákat, feliratokat (pl., közterület elnevezés, házszám), vagy pótolhattak megnevezéseket a tulajdoni lapokon.
2. A megengedett eltéréseket, tűréseket és területszámítás

hibahatárokat tartalmazó 8/2018. (VI. 29.) AM rendelet vetületi rendszer és méretarány alapján különbséget tesz a különböző forrásból származó térképek vonatkozásában. Így a technológiai, módszertani okokra visszavezethető szempontból geometriailag terheltebb, örendszerben készült sztereografikus térképek esetében megengedőbb a jogszabály. Tehát a nagyobb tűrési értékek között tapasztalható esetleges nagyobb eltérések sem indokolták FTTH eljárások lefolytatását.

5. Összegzés

A tanulmány keretében a digitális földmérési alaptérképek pontossága és a földhivatali osztályok által lefolytatott hibakiigazítási eljárások közötti összefüggések kerültek elemzésre. Megállapításra került, hogy az ingatlan-nyilvántartási adatbázis a digitalizálási források eltérő eredete miatt jelentős heterogenitást mutat, amely napjainkban is rendszeres hatósági beavatkozást tesz szükségessé.

A kutatás során országos statisztikai adatok lettek feldolgozva, különös tekintettel a korrelációvizsgálatra, amely az eljárások száma és a forrástérképek metaadatai (vetületi rendszer, térképkészítési utasítás, felmérési korszak) között lett elvégezve. A Pearson-féle együtthatók kiszámítása által a változók közötti kapcsolatok számszerűsítve lettek.

Az eredmények kiértékelése során rögzítve lett, hogy a vizsgált tényezők között csupán elhanyagolható vagy gyenge korreláció mutatható ki. Bár bizonyos esetekben megfigyelhető volt némi tendencia, az értékek olyannyira alacsonyak maradtak, hogy a regressziós modellek felállítása nem bizonyult indokoltnak.

Konklúzióként megállapításra került, hogy a hibakiigazítási eljárások elrendelése nem vezethető vissza kizárólag a térképek geometriai pontatlanságára. Valószínűsíthető, hogy az eljárások jelentős része adminisztratív jellegű adatmódosítások miatt lett lefolytatva, amelyeket a vizsgált technikai metaadatok nem befolyásolnak közvetlenül.

Továbbá megállapítható, hogy az elektronikus ingatlan-nyilvántartás bevezetése kapcsán az adatbázis konzisztenciájának további javítása továbbra is kiemelt feladat.

Köszönetnyilvánítás

A felhasznált adatok biztosításáért a szerzők köszönetüket fejezik ki Lechner Tudásközpont Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaságnak.

Irodalomjegyzék

- Herczeg, F. 2005. A digitális topográfiai és a digitális földmérési alaptérkép adatkapcsolata. Geodézia és Kartográfia, 2005/2 (56. évf.), pp. 18-23. https://real-j.mtak.hu/18364/8/GeK_2005_2.pdf

- Boda, G. 2008. A digitalizált térképek tűréshatárai. Geodézia és Kartográfia, 2008/3 (60. évf.), pp. 21-26. https://real-j.mtak.hu/18362/1/GeK_2008_3.pdf
- Fábián, J. 2017. Felmérési, térképezési vagy területszámítási hiba kijavítása. Geodézia és Kartográfia, 2017 / 3 (69. évf.), pp 26-28. https://real-j.mtak.hu/18350/8/geodezia_kartografia_2017_3.pdf
- Vincze, L. 2009. Nagyméretarányú digitális térképeinkért. Geodézia és Kartográfia, 2009/09 (61. évf.), pp. 15-20. https://real-j.mtak.hu/18359/14/GeK_2009_9.pdf
- Vincze L. 2022. Birtokhatárpontok kitzűzésének egyes kritikus kérdései. GISopen 2022 Konferenciakiadvány, ISBN 978-963-449-312-9, pp. 38-45. <https://www.gisopen.hu/2022/ppt/F6.pdf>
- Hrutka, B. P. 2021. Pontfelhő automatizált feldolgozásának vizsgálata ingatlan-nyilvántartási térkép előállításakor. MSc diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, konzulensek: Dr. Takács Bence, Dr. Siki Zoltán
- Vásárhelyi V. 2024. A felmérési-, térképezési- és területszámítási hibák előzményei és kijavításának jogi és műszaki kérdései, Szakdolgozat, Óbudai Egyetem Alba Regia Kar, konzulensek: Dr. Katona János, Tóth Károly
- Ugranyecz D. 2025. Felmérési, térképezési és területszámítási hiba kiigazítása a bemutatott példákra keresztül, Szakdolgozat, Óbudai Egyetem Alba Regia Kar, konzulens: Dr. Katona János
- Lehoczky, M., – Tóth, Z. 2022. Cadastral Map Update with Modern Technologies in Hungary. In FIG (Ed.), FIG Congress 2022: Volunteering for the Future - Geospatial Excellence for a Better Living (Paper 11459, pp. 1-10). International Federation of Surveyors (FIG), Warsaw, Poland. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2022/papers/ts04b/TS04B_lehoczky_toth_11459.pdf
- Hrutka, B. P. – Siki, Z. – Takács, B. 2021. Automated Processing Point Clouds to Update Land Registry Maps. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVI-4/W2-2021, 77–82, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W2-2021-77-2021>
- Pullar, D. – Donaldson, S. 2022. Accuracy Issues for Spatial Update of Digital Cadastral Maps. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 221. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040221>
- Roić, M. – Križanović, J. – Pivac, D. 2021. An Approach to Resolve Inconsistencies of Data in the Cadastre. Land 2021, 10, 70. <https://doi.org/10.3390/land10010070>
- Vantas, K.– Mirkopoulou, V. 2025. Towards Automated Cadastral Map Improvement: A Clustering Approach for Error Pattern Recognition. Geomatics 2025, 5, 16. <https://doi.org/10.3390/geomatics5020016>

**A JÖVŐ HELYMEGHATÁROZÁSI
TECHNOLÓGIÁJA**

GPS • GLONASS • GALILEO • BEIDOU

Ügyfélszolgálat:
6500 Baja, Szegedi út 121. fsz. 2.
Telefon: +36 79 523 168
E-mail: info@corrigo.hu
www.corrigo.hu



corrigo

Transzformációs vizsgálatok Budapest területén a geodéziai hálózatok (centrális, EOVA, OGPSH) közös pontjai között

BUSICS György¹, TÓTH Zoltán¹

¹Óbudai Egyetem, Alba Regia Kar, Geoinformatikai Intézet

E-mail: busics.gyorgy@amk.uni-obuda.hu, toth.zoltan@amk.uni-obuda.hu

DOI: [10.30921/GK.78.2026.3.3](https://doi.org/10.30921/GK.78.2026.3.3)

Absztrakt

A budapesti Citadella területén elpusztult OGPSH pont pótlása során több, a korábbi vonatkoztatási rendszerekben ismert alappont ETRS89 rendszerű koordinátáit határoztuk meg Budapesten. Felhasználva más adatforrásokat is, lehetőségünk nyílt arra, hogy megvizsgáljuk a fővárosban hosszú ideig alkalmazott 1935. évi centrális hálózat (CENTR), az 1970-es években kiépített EOVA és az országos GPS hálózat azonos alappontjainak illeszkedését. Transzformációs paramétereket határoztunk meg a centrális rendszer és az ETRS89 rendszer között, amire eddig nem volt lehetőség.

Abstract

During the replacement of the destroyed GPS point in the Citadella area of Budapest, we determined the ETRS89 coordinates of several control points known from previous reference systems in Budapest. Using other data sources as well, we were able to examine the connection/alignment of the common control points of the 1935 local central city network (CENTR), which had been used in the capital for a long time, the unified national horizontal network (EOVA) established in the 1970s, and the national GPS network (OGPSH). We determined the transformation parameters between the local city system and the ETRS89 system, which had not been possible until now.

A Gellért-hegyen, a Citadella területén elpusztult 65-4011/2 OGPSH pont pótlása során több, a korábbi vonatkoztatási rendszerekben ismert alappont ETRS89/ETRF2000 koordinátáit határoztuk meg (Busics és társai 2025). Felhasználva más adatforrásokat is, lehetőségünk nyílt arra, hogy megvizsgáljuk a Budapesten hosszú ideig alkalmazott geodéziai hálózatok azonos pontjainak illeszkedését és lokális transzformációs paramétereket határozzunk meg közöttük.

A korábbi háromszögelési hálózatban vetületi kezdőpont szerepet játszó Gellérthegy alappont 1933-ban fizikailag nem létezett, ezért azt kitűzték és ez a ma is létező kő lett az önálló hálózathoz kapcsolt sztereografikus vetület kezdőpontja és a koordináta-rendszer origója. Mivel itt egy új hálózat létesült (új méréssel és kiegyenlítéssel), a korábbi budapesti sztereografikus rendszerben (rövidítése: ST) és a centrális rendszerben (rövidítése: CENTR) meghatározott azonos pontok koordinátái nem egyeznek. A centrális hálózatot használták fel az 1950-es évektől épült mindhárom metróvonal (M2, M3, M4) építésénél is.

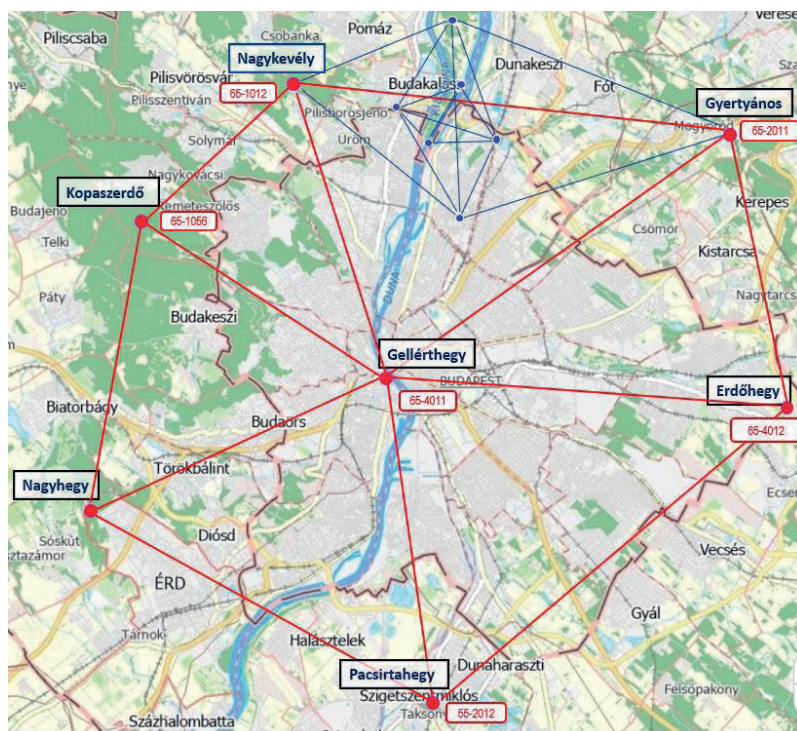
1. A vizsgálati hálózatok rövid jellemzése

1.1. A városi centrális hálózatról

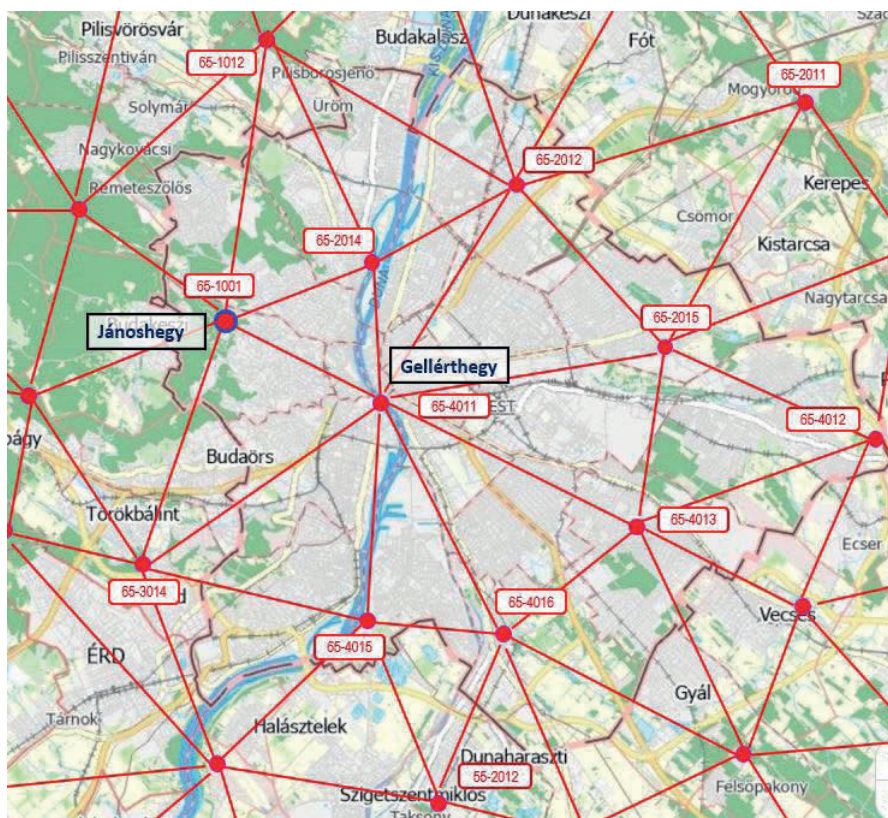
Az 1933 és 1935 között Budapesten létrehozott városi háromszögelési hálózat célja az volt, hogy alapul szolgáljon a fővárosról készítendő új nagyméretarányú alaptérképhez. Az önálló centrális városi hálózat felsőrendű (első-, másod- és harmadrendű) valamint alsórendű (negyed-, ötödrendű) pontokból áll (Papp 1949). Az elsőrendű centrális hálózat középpontja a Gellérthegy nevű pont és további 6, mintegy 17 km-re lévő külső pontját úgy jelölték ki, hogy a hálózat (az akkor még csak tervezett) Nagy-Budapest teljes területét lefedje (1. ábra). A hálózat méretarányát a szentendrei alapvonal adja meg.

1.2. Az EOVA budapesti pontjairól

A második világháborút követően kiépítésre került új háromszögelési hálózatba (utóbb kapott rövidítése: EOVA, Egységes Országos Vízsintes Alapponthálózat) a budapesti centrális hálózat számos pontját is bevonták (2. ábra). Az EOVA Budapesten alapvetően harmadrendű pontokból áll, és az azonos időben mért negyedrendű főpontokból (kivétel az elsőrendű János-hegy és néhány külső kerületi negyedrendű pont), nincsenek kilométeres sűrűségű negyedrendű alappontjai, hiszen a térképszélesztéshez rendelkezésre állt korábbról a városi centrális hálózat. A „Gellérthegy” is harmadrendű pont lett, 65-4011 pontszámmal.



1. ábra A budapesti elsőrendű városi centrális hálózat és az alapvonalfejlesztő hálózat (pirossal az EOVA pontszámok)



2. ábra Az EOVA budapesti felsőrendű hálózata

Ismeretes, hogy az ország belső területén először a harmadrendű hálózatot hozták létre és ebből vezették le az elsőrendű hálózat szögmérési adatait (domináns pontok módszere), így az első- és harmadrendű hálózat egyenrangú (felsőrendű). Budapest egyetlen elsőrendű alappontján, a János-hegyen (65-1001), közvetlenül is mértek elsőrendű irányokat, de a domináns pontok

módszerével közvetetten levezett irányai is vannak. A hálózathoz olyan új redukált hengervetületet vettek fel (EOV), amelynek x tengelye a „Gellérthegy” ponton átmenő meridián képe (ehhez nyilván rendelkezésre álltak a pont alapfelületi koordinátái).

A továbbiakban a vizsgálati pontok pontszámaira az EOVA pontszámokkal hivatkozunk, mert ezek a mai azonosítók és egyben mutatják a pont rendűségét is.

1.3. Az OGPSH budapesti pontjairól

Az Országos GPS Hálózat mérési kampányai 1995 és 1997 között történtek, a hálózat kiegészítésére 1998-ban került sor (Borza 1998). Az OGPSH pontjait az EOVA meglévő országos (első-, harmad-, negyedrendű) alappontjai közül választották ki (de vannak más, például gravimetriai pontjai is), így ezek eleve transzformációs közös pontok az OGPSH és az EOVA között. Kivételt képez a 24 pontos ún. kerethálózat keretpontjainak többsége, mert ezek különleges állandósítású, mozgásvizsgálati célokat szolgáló alappontok is (Gázsó és társai 1992). Az alappontok koordinátái a közös európai térbeli vonatkoztatási rendszerben (ETRS89/ETRF2000) ismertek. A kezdetben közzétett koordinátákat 2007-ben pontosították, azóta ezek (a korábbiaktól néhány cm-re különböző) koordináták a hivatalosak (Borza, Kenyeres, Virág 2007). A Budapest környéki OGPSH alappontokat a 8. ábra mutatja be. Ezen piros színnel jelöltük az elpusztult 65-40112 pont meghatározásához felhasznált öt Gellért-hegy környéki OGPSH pontot. A három vizsgálati hálózat jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

1.4. A vizsgálati pontokról

Vizsgálati pontjaink olyan budapesti vízszintes alappontok, amelyek koordinátái legalább két – ideális esetben három – hálózatban (vonatkoztatási rendszerben) ismertek. Az OGPSH pontleírásai tartalmazzák az EOVA koordinátákat, az EOVA pontleírásain pedig többnyire szerepelnek a korábbi (esetünkben centrális) rendszerű koordináták is, amennyiben az alappont a korábbi hálózatnak is része volt. A transzformációkhoz szükséges közös pontok koordinátái elsősorban a hivatalos pontleírásokból nyertük. (Utóbb derült ki, hogy az új típusú EOVA pontleírásokon a régi vetületekben – ST és centrális – adott koordináták keverve szerepelnek.)

További három adatforrásunk:

1) A Fővárosi Földhivatal az 1990-es évek elején (egy svájci segélyprogram részeként) három darab Leica SR399 típusú GPS

vevőt kapott, ezeket terepgyakorlatokon kölcsönvevőként használtuk (Busics 2000). Ezekkel a vevőkkel 1995 és 1998 között 31 fővárosi EOVA alapponton végeztek statikus GPS mérést, köztük volt három későbbi OGPSH pont és négy elsőrendű centrális pont. Ennek a mérésnek a feldolgozásával egy korábbi cikkben foglalkoztunk (Busics 2005), pontjait most is bevontuk a vizsgálati pontok közé.



3. ábra Topcon vevő a János-hegyen (65-1001)

2) A budapesti metróépítés geodéziai munkáit végző kollégáktól is kaptunk transzformációs közös pontokat. A felszíni (városi centrális rendszerű) metróhálózat sajátossága, hogy azt rendszeres időközönként újramérték, új alappontokat létrehozva, az adott pontok koordinátáit pedig pontosítva. Ilyen pont például a budapesti bazilika körteraszán kiépített négy pillérpont (BAZD, BAZK, BAZE, BAZNy) és maga a torony is (BAZ). Az M4-es metróhálózat része volt a gellért-hegyi pillér, a sas-hegyi vasasztal (SASH) és a Dobogó dombon lévő egyik őrpont (DOBO).

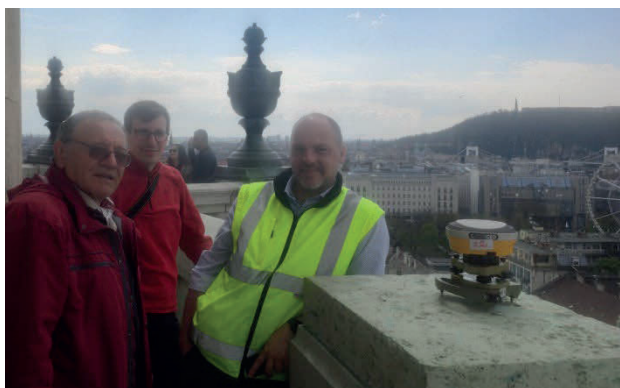
Táblázat 1. A vizsgálatban felhasznált geodéziai hálózatok jellemző adatai

rövid név	hálózat	mérés időszaka	számítás éve	alapfelület (ellipszoid)	vetület	koordináta-rendszer	rendűség Budapesten
CENTR	városi háromszögelési	1933-1935	1935	Bessel	budapesti sztereo-grafikus (ST)	2D, DNy-i tájolású	felsőrendű, alsórendű
EOVA	országos háromszögelési	1949-1970	1972	GRS67	EOV	2D, ÉK-i tájolású	(első-), harmadrendű
OGPSH	országos GPS	1995-1997	1998	GRS80	---	3D (ETRS89)	keretpontok, alappontok

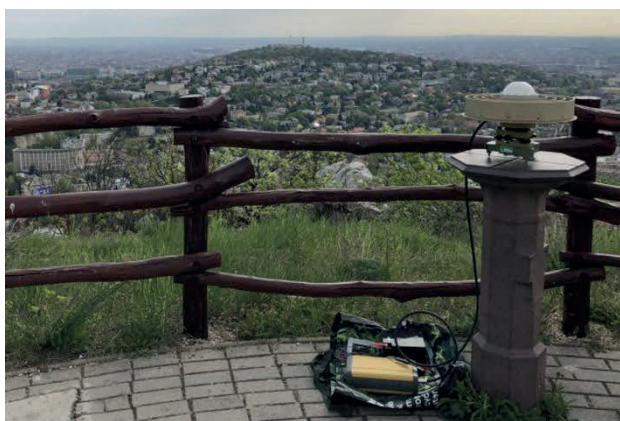


4. ábra Sirius vevő a Bazilika Déli (BAZD) ponton

3) Saját mérésből is növeltük a vizsgálati pontok darabszámát. Ennek apropója az a 2023. áprilisi GNSS kampány volt, amelyet a Citadella felújítása kapcsán a Gellért-hegyen elpusztult alappont pótlása érdekében szerveztünk (Busics és társai 2025). Az elpusztult pont helyett a 65-4011 ún. főpont lett az OGPSH új pontja, ennek ETRS89 koordinátáit határoztuk meg a környező öt OGPSH pontra támaszkodva mintegy háromórás statikus méréssel. Ezen kampány során került sor a János-hegy (65-1001, 3. ábra) és további centrális pontok (mint a bazilika körteraszának pontjai (4., 5. ábra), valamint a „Sashegy” (6. ábra) és a „Kissvábhegy” (7. ábra) ETRS89 koordinátáinak meghatározására. A Dobogó pont ETRS koordinátáit 2025 őszén határoztuk meg.



5. ábra A Bazilika körteraszán



6. ábra Topcon vevő a Sas-hegyen (SASH)



7. ábra Sirius vevő a Sváb-hegyen (SVAB)

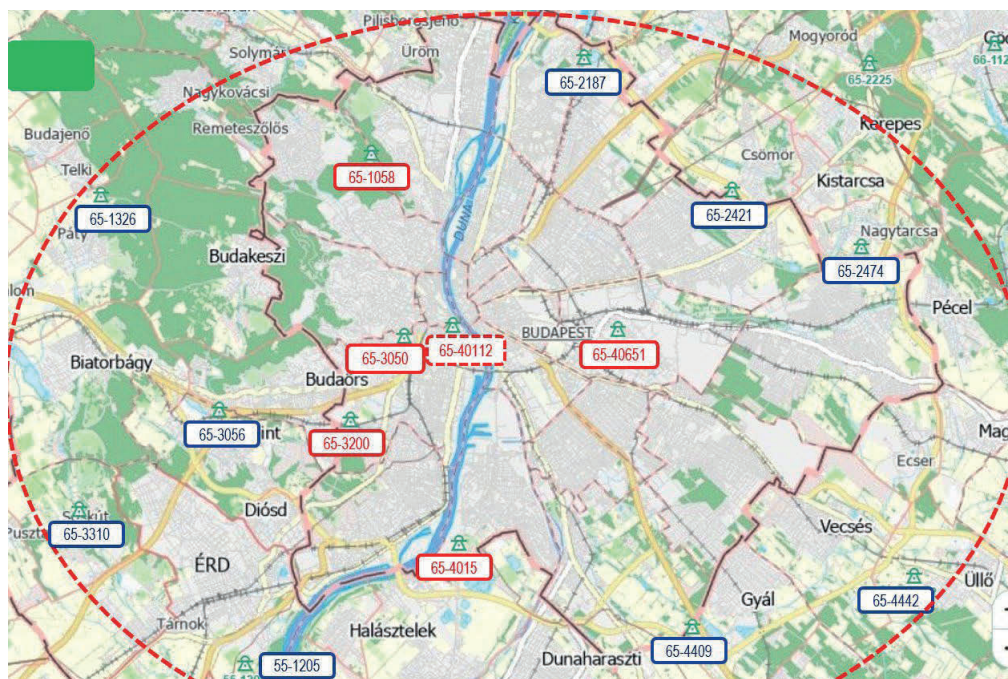
2. Az illeszkedés vizsgálata, hibás pontok szűrése

A következőkben alkalmazott matematikai modell a 7 paraméteres térbeli Helmert transzformáció, de ellipszoidi magasságok nélkül, mivel csak a vízszintes értelmű illeszkedés érdekes számunkra. Ez azt jelenti, hogy mindkét rendszerben ellipszoid-felszíni, alapfelületi koordinátákból indulunk ki (a hagyományos rendszer esetén a vetületi síkkkoordinátákból számítunk ellipszoidi földrajzi koordinátákat, az ETRS rendszerben pedig a térbeli derékszögű koordinátákból képezzük földrajzi koordinátákat). Az így kapott ellipszoidi földrajzi koordinátákat (zérus magassággal) alakítjuk át térbeli derékszögű koordinátákká, mint a 3D transzformáció bemenő adataivá (Ádám és társai 2004; Gyenes, Kulcsár 2007). A valódi 3D megoldás lenne a szabatos, de magasságok híján most ezzel a közelítő eljárással kell élnünk.

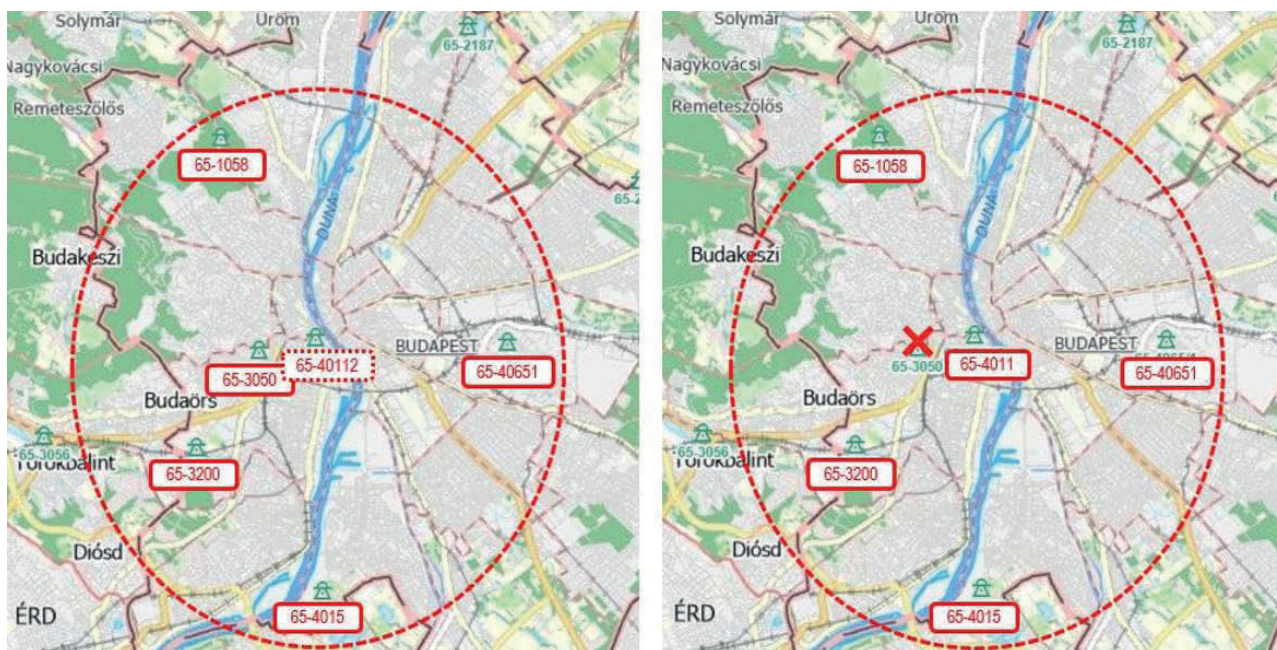
Először a Budapest teljes területét és közvetlen környékét lefedő 15 darab OGPSH-EOVA közös pont illeszkedését tekintjük át (8. ábra). A transzformációt elvégezve a 4 cm-nél nagyobb maradék ellentmondást mutató pontok a következők: y irányban a 65-1058 (67 mm), a 65-3056 (58 mm) és a 65-40651 (57 mm) alappont, x irányban az 55-1205 (45 mm) pont. A tengelyirányú maradék ellentmondásokból lineáris eltérést képezve azok így alakulnak az említett pontoknál: 73 mm (65-1058), 67 mm (65-3056), 60 mm (55-1205), 58 mm (65-40651). A lineáris eltérések átlaga a 15 pontnál 33 mm. A lineáris eltérésekből számítható középhibát a vízszintes illeszkedés középhibájának nevezzük, amely esetünkben 18 mm. A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga is jól jellemzi a két pontmező illeszkedését. Ez a 15 pontos transzformációnál így alakul: y irányban 26 mm, x irányban 18 mm.

Másik lehetőségünk arra, hogy képet kapjunk az OGPSH és EOVA illeszkedéséről Budapest területén az, ha a 15 pont ETRS89/ETRF2000 koordinátáit a gyakorlatban szinte kizárólagosan alkalmazott javító rácshálós modellel átszámítjuk EOVB-be és a transzformált eredményt hasonlítjuk össze a hivatalos EOVB koordinátákkal. Két, a rácshálós modellen alapuló programot is használhatunk: a penci KGO-ban kidolgozott VITEL2014-et (Virág, Borza 2007), vagy a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékén kifejlesztett, a PROJ

adatkönyvtár CC-BY licenzű szabad szoftverét (Takács, Siki 2025). A 15 pont ETRS89 koordinátáit VITEL2014 (EHT 2.0.8 verzió) EOVBa átszámítva és kivonva a hivatalos EOVB koordinátákat, most 5 olyan pontot találunk, ahol a koordináta-eltérésekből képzett lineáris eltérés meghaladja a 4 cm-t. Ezen pontok: 65-3056 (61 mm), 65-3050 (50 mm), 65-1058 (49 mm), 65-40651 (47 mm), 55-1205 (43 mm). Lényegében ugyanazon pontokat találtuk, mint előbb. A lineáris eltérések átlaga most 35 mm.



8. ábra Budapest környéki OGPSH pontok. (Pirossal írva a Gellért-hegy környéki pontok pontszámát)

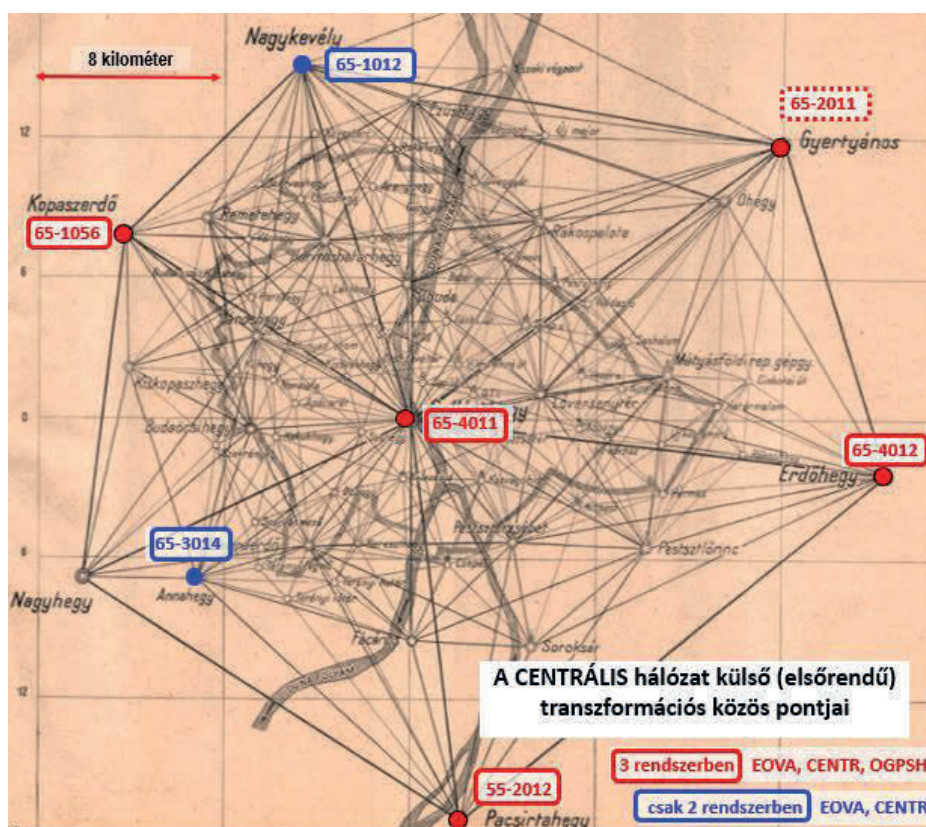


9. ábra A Gellért-hegy környéki OGPSH-EOVA pontok a létesítéskor (balra), és a vizsgálatnál (jobbra)

Nézzük meg ezután, hogyan illeszkedik egymáshoz a Gellért-hegy környéki munkaterületünkön található 6 OGPSH-EOVA közös pont (9. ábra, bal oldal). Bár a 65-4011 pont elpusztult, de a transzformációhoz felhasználható. A 6 közös pont vízszintes értelmű maradék ellentmondását vizsgálva azt találjuk, hogy azok kisebbek, mint 30 mm, kivéve a 65-3050-es pontot, ahol ez keleti irányban -42 mm, ami kiugró érték (a lineáris eltérés 48 mm). A 65-3050 a Sas-hegyen lévő OGPSH keretpont (korábbi neve: BUDA), amely nem rendelkezik eredeti (1970-es) mérésből EOVS koordinátákkal, hanem azokat utólag határozták meg (valószínűleg GPS-méréssel). A mérést az MH TÁTI végezte, de ennek dokumentációját nem sikerült fellelni, így az EOVS koordinátákat terhelő hiba okát nem tudjuk vizsgálni. A továbbiakban ezért a 65-3050 pontot nem vonjuk be a GPS-EOVS transzformációba (ez volt a javaslatunk az adatgazda felé is), viszont bevonjuk az újonnan meghatározott 65-4011 ún. főpontot, amelynek eredeti koordinátái (mind a centrális, mint az EOVA rendszerben) „jól ismertek”. (A centrális rendszerben mindkét koordináta zérus; a főpont EOVS koordinátája kerek

650000 méter, ami az EOVS koordináta-rendszer keleti irányú eltolását jelzi.) Ugyanezen okból nem vonjuk be a továbbiakban a 65-4012 pontot sem. Ha így végezzük el most az átszámítást (az említett két pont kihagyásával; 9. ábra, jobb oldal), akkor a maradék ellentmondások 25 mm alatt lesznek, a vízszintes illeszkedés középpontja pedig a korábbi 15 mm-ről 11 mm-re csökken.

Amennyiben még jobb illeszkedést kívánunk helyileg elérni, akkor a maradék ellentmondások alapján valamilyen interpolációs eljárással egy pótlólagos javítással láthatjuk el a transzformált koordinátákat. Ezt az eljárást esetünkben a 65-4011/1 pillér esetében tesztelni tudjuk, mivel a mérési kampány idején a pillér ETRS koordinátáit is meghatároztuk. Amennyiben csak a szokásos módon, 7 paraméter alapján transzformálunk, akkor a pillér ismert koordinátáit $dy = -17$ mm és $dx = +4$ mm eltéréssel kapjuk meg. Ha interpolációt is végzünk, akkor a (főpont közvetlen közelében lévő) pillér koordinátáit $dy = +2$ mm és $dx = -5$ mm eltéréssel kapjuk.



10. ábra A centrális hálózat elsőrendű transzformációs közös pontjai

A következőkben azt vizsgáljuk meg, miként illeszkednek a centrális hálózat elsőrendű pontjai a különböző hálózatokban. Hét ilyen pontról lenne szó (10. ábra), de a Sósút közelében lévő Nagyhegy nevű pont katonai területen volt/van, feltehetően ezért nem vonták be az EOVA-ba, így az nem használható a transzformációkhoz. Helyette a közeli Annahegy pontot szerepeltetjük (EOVA pontszáma 65-3014), ez a pont azonban GPS-szel nem mérhető. Ugyanez a helyzet a Nagykevelő nevű centrális alapponttal, amely része az EOVA-nak (65-1012), de ETRS koordinátái nincsenek.

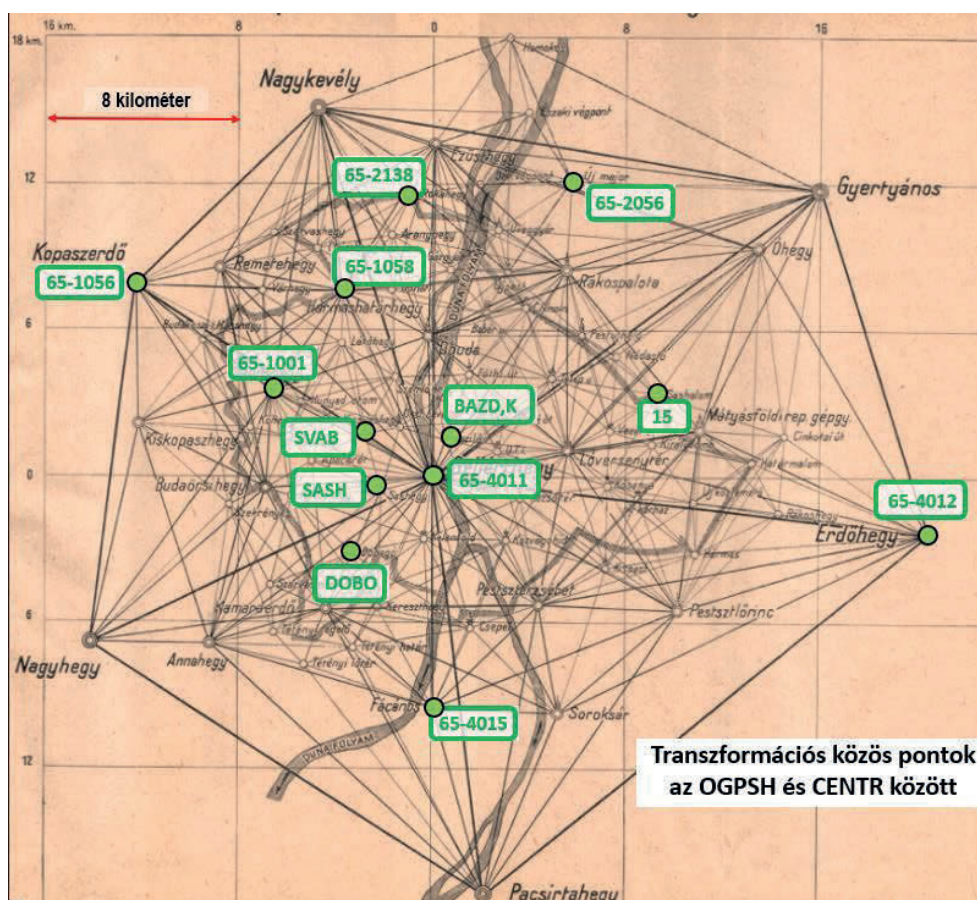
Vegyük először az OGPSH-EOVA transzformációt, amelynek 5 közös pontja van (a 10. ábrán piros színnel jelölve). Az illeszkedés vízszintes középpontja 16 mm (ami jó eredmény ilyen nagy lefedettségű területen), a legnagyobb javítás a 65-4011-es pontnál van keleti irányban 44 mm (vegyük figyelembe, hogy nem azonos időpontúak az ETRS koordináták). A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga y irányban 18 mm, x irányban 16 mm.

Térjünk most át az EOVA-CENTR transzformációra, amelybe mind a 7 pont bevonható. A maradék ellentmondások abszolút

értékének átlaga y irányban 20 mm, x irányban viszont jelentősen nőtt: 55 mm. A legnagyobb maradék ellentmondást x irányban a Gyertyános (65-2011) pontnál tapasztaljuk, ez a pont „kilóg”, bárhogyan is választjuk meg a közös pontokat. Ez azért meglepő, mert az előző transzformációnál ez a pont megfelelően illeszkedett. Mi történhetett a két hálózat (centrális, EOVA) mérése között? A pontleírás szerint 1956-ban a pontot újraállandósították (sajnos, ez történt az EOVA mérésekor minden korábbi hálózati ponttal). Nem zárható ki, hogy az újbóli állandósítás „pontatlan” volt, ezért nem tekinthető azonosnak a pont. Nem tudjuk az okot ma már egyértelműen kideríteni, viszont ezen pont centrális koordinátáit semmilyen további átszámításhoz nem tudjuk felhasználni. Az említett pont nélkül

(6 közös ponttal) folytatva a transzformációs paraméterek számítását, most az 55-2012 lesz a „kilógó” pont, 79 mm-es északi irányú javítással.

Ha elvégezzük az OGPSH-CENTR transzformációt (amelynek 5 közös pontja van), ugyanezt tapasztaljuk: a 65-2011 (északi) maradék ellentmondása itt 81 mm, ami a már levont következtetést erősíti: a pont centrális koordinátái nem használhatók a jövőben. Ha tehát kihagyjuk az OGPSH-CENTR átszámításból ezt a pontot, akkor 4 pontunk marad; itt ismét az 55-2012-nél keletkezik a legnagyobb maradék hiba: 62 mm, aminek nagysága hasonló okot sejtet, mint a kihagyott pont esetében.



11. ábra Az OGPSH és a centrális hálózat közös transzformációs pontjai

3. Az OGPSH-CENTR transzformáció eredményei

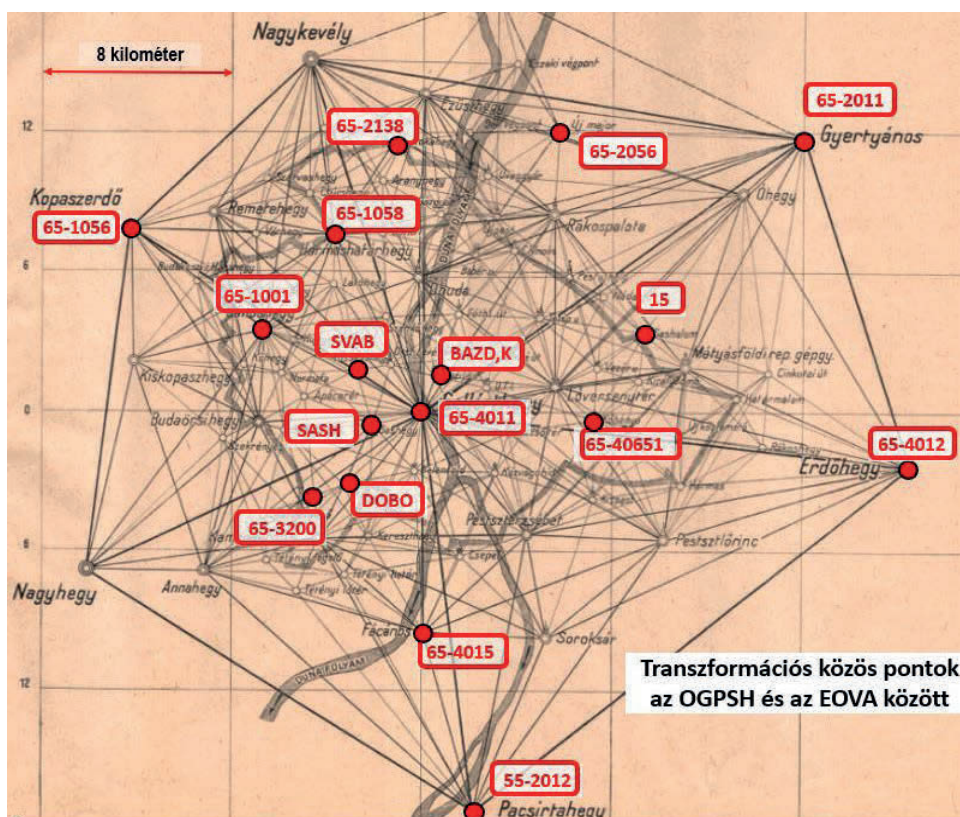
Az előző fejezetben kifejtett indokok alapján hibásnak minősített két pont (65-2011, 55-2012) kiejtése után 14 közös pontunk maradt az OGPSH és a centrális rendszer közötti átszámításhoz (11. ábra). Ezek közül 6 pont a Fővárosi Földhivatal által még 1998-ban mért GPS-pont, 7 pont ETRS89/ETRF2000 koordinátái pedig a 2023. évi saját GNSS kampányból erednek, egy pontot pedig utólag mértünk meg GNSS-szel (DOBO). Itt jegyezzük meg, hogy 1998-ban nem az ETRF2000 rendszerben határoztak meg ETRS89 koordinátákat (hanem egy korábbiiban),

így ezeket át kellett számítani az újabb rendszerbe. Másik kiegészítő információ, hogy a Bazilika és a Sashegy esetében nem az 1936. évi centrális koordinátákat használtuk fel, hanem azoknak az M4 metró építése idején pontosított értékét.

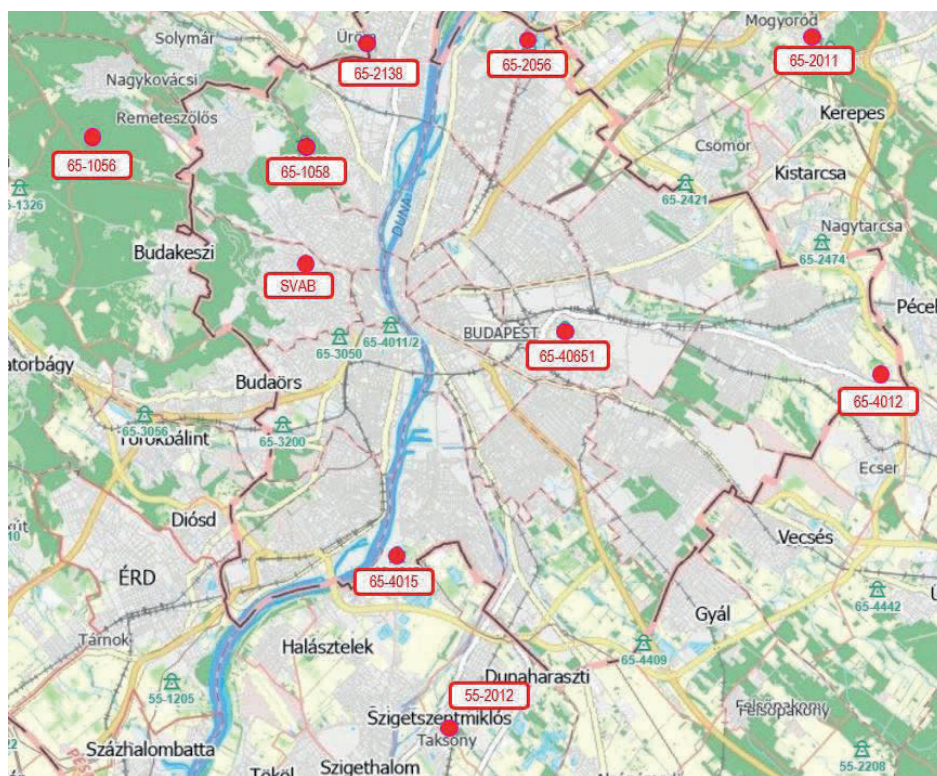
Annak ellenére, hogy nagy (mintegy 30 km-es átmérőjű) területet fednek le a pontok és nemcsak a két hálózat alpmérése között teltek el évtizedek, de az azonos típusú mérés is különböző időpontokban zajlott, meglepően jó a 14 pont illeszkedésének vízszintes középpontja: 14 mm. A legnagyobb maradék ellentmondások (48 mm, ill. 40 mm) a 65-2138, illetve a 65-1056 pontoknál jelentkeznek. A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga y irányban 16 mm, x irányban 20 mm.

Tudomásunk szerint most első ízben került sor a főváros területén az ETRS89 és a centrális rendszer közötti transzformációs paraméterek meghatározására. Ennek az a jelentősége, hogy ha a régi budapesti kataszteri térképen szereplő, illetve eredeti centrális koordinátákkal rendelkező

objektumot kell kitűzni, azt nem kell két lépésben (CENTR-EOV, EOV-ETRS) megoldani, hanem közvetlenül is megoldható. Fordítva is: a GNSS technikával mért koordináták közvetlenül átvihetők a centrális rendszerbe.



12. ábra Az OGPSH és az EOVA közös transzformációs pontjai



13. ábra Szintezett magassággal rendelkező GPS-EOV közös vizsgálati pontok

4. Az OGPSH-EOVA transzformáció eredményei

Az OGPSH és az EOVA között 18 viszonylag jól illeszkedő közös pontot találtunk (12. ábra). Ezen pontok is lefedik a főváros teljes területét. Az illeszkedés vízszintes középpontja 14 mm. A két legnagyobb maradék hibával bíró pont a 65-1056 (42 mm) és a 65-1058 (39 mm). A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga y irányban 22 mm, x irányban 17 mm. Ezen értékek az országos átlagnál lényegesen kisebbek és jól egyeznek Virág Gábor kutatási eredményeivel (Virág 1999).

A 18 pont között 10 olyan van, amelyek magasságát szintezéssel újramérték (13. ábra). Végezzünk most valódi 3D-s Helmert transzformációt, amikor a magasságokat is figyelembe vesszük. A szokásos megoldásnál a szintezett magasságot azonosnak vesszük a helyi ellipszoid feletti magassággal. Ekkor a 2. táblázat második és harmadik oszlopában szereplő maradék ellentmondásokat kapjuk. A vízszintes értelmű maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga 24 mm, illetve 23 mm,

Táblázat 2. Maradék ellentmondások 10 fővárosi OGPSH-EOVA közös pontnál 3D-s lokális Helmert transzformáció után, geoid nélkül és három különböző geoid-moddellel

	Geoidmodell nélkül			BME2007	EGM2008	BME2015
Pontszám	V _y	V _x	V _H	V _H	V _H	V _H
65-4012	-0,019	-0,025	-0,075	0,004	-0,030	-0,040
65-4015	-0,010	0,036	0,017	-0,022	-0,008	-0,003
65-2011	-0,023	0,020	-0,019	0,005	-0,016	-0,039
65-1058	0,045	0,033	-0,040	-0,006	-0,004	-0,004
65-1056	-0,034	-0,037	-0,035	0,033	-0,016	-0,045
65-40651	0,033	0,001	0,061	0,033	0,058	0,064
55-2012	-0,010	-0,020	0,031	-0,004	0,002	0,007
65-2138	0,037	0,006	0,015	-0,040	-0,015	0,009
65-2056	-0,023	0,017	0,105	-0,008	0,034	0,064
SVAB	0,004	-0,030	-0,060	0,004	-0,005	-0,013
Absz. átlag	0,024	0,023	0,046	0,016	0,019	0,029
Terjedelem	0,079	0,073	0,180	0,073	0,088	0,109

20 km-es átmérőnél nagyobb területen alkalmazott lokális transzformációnál (esetünkben 34 km a legtávolabbi pontok távolsága) tehát figyelembe veendő a geoidmodell is. Minden geodéziai transzformációra igaz, hogy a forrás- és célrendszer alappontjait közel azonos epochájú mérés technikával és modellel kellene meghatározni, ami esetünkben nem teljesül.

5. A CENTR-EOVA transzformáció eredményei

A városi centrális rendszer és az EOVA között 25 közös pontunk van, azonban négy pontunknál a maradék ellentmondások

míg a magasságiaké 46 mm. A terjedelem (a legnagyobb és legkisebb érték különbségének) összehasonlításánál is azt tapasztaljuk, hogy az magassági értelemben kétszerese a vízszintesnek. Ennek oka az, hogy nem vettük figyelembe a geoid modellt, ami ilyen nagy területen végzett lokális transzformációnál elengedhetetlen. Dr. Tóth Gyula BME-s kollégánk szíves közlésével három geoid-modellből képzett magasságokat kaptunk a pontokra (Tóth 2022), így a helyi ellipszoid feletti magasságot a szintezett érték és a geoidunduláció összegeként képezhettük. Az így keletkezett magassági értelmű maradék ellentmondások két esetben (2. táblázat 5. és 6. oszlopa) nagyságrendileg hasonlóak a vízszintesekhez. A legújabb geoidmodell alkalmazásával azonban nőnek ezek az értékek (7. oszlopban), mert a geoidmodell finomodott és figyelembe vette az időközi magassági változásokat, a szintezést és a GPS-mérést azonban nem ismételtük meg, így annak eredménye egy időben korábbi állapotot rögzít.

meghaladják a 6 centimétert (65-2064, 65-2014, 55-2012, 65-2056). Ha ezeket töröljük, 21 közös pontunk marad (14. ábra). Az illeszkedés vízszintes középpontja 16 mm. A maximális maradék ellentmondások: 59 mm (65-2138) és 52 mm (65-2012). A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga y irányban 20 mm, x irányban is 20 mm.

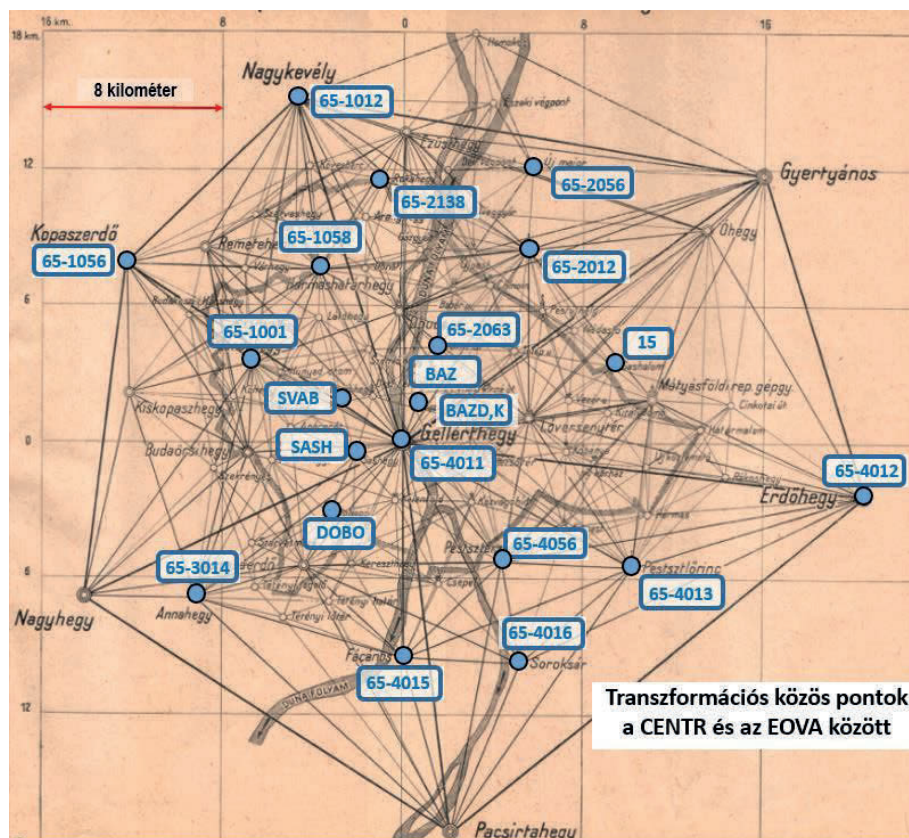
6. Kétféle mérés technika összehasonlítása transzformációval

A Citadella tetején egy öt pontból álló mikrohalózatot GNSS technológiával és mérőállomások technológiával mértünk meg,

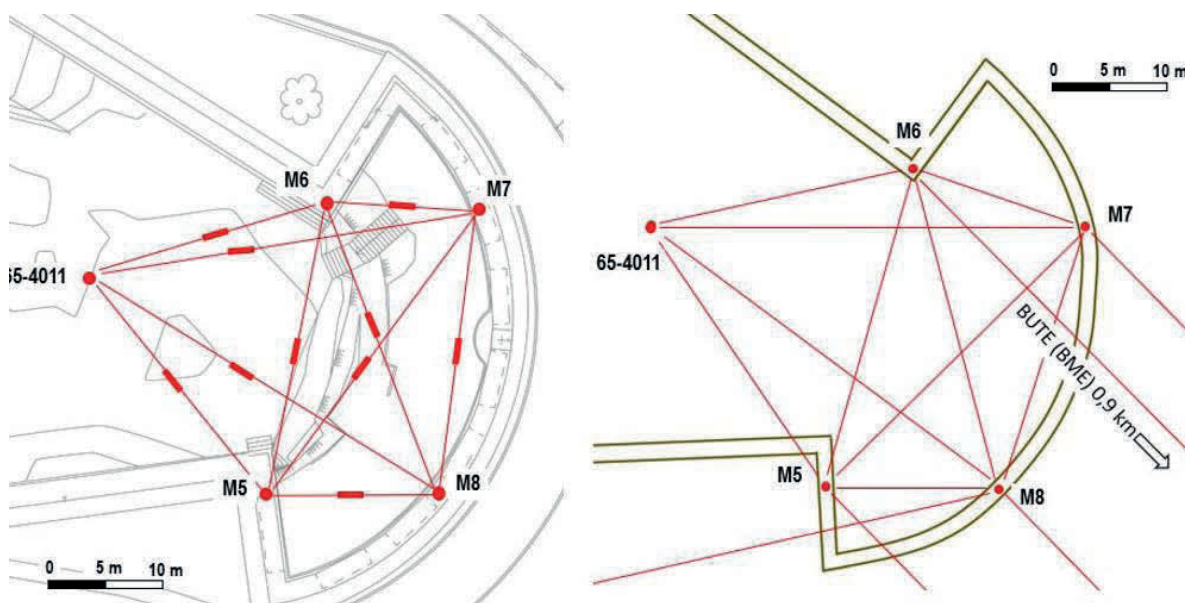
két különböző mérőnapon (15. ábra). Mindkét esetben szélső pontosságra törekedtünk. A GNSS mérésnél körgyűrű antennás GPS-Glonass vevőt használtunk a 6 órás időtartamú statikus méréshez.

A mérőállomás iránymérési középhibája 1", távmérési középhibája 1 mm +1,5 ppm, álláspontként négyfordulós mérés történt, a hálózatot vízszintesen irány- és távméréses hálózatként, magasságilag trigonometriai hálózatként

egyenlítettük ki. Négy mellvédpontra pillérállvánnyal, egy ponton optikai vetítő műszerállvánnyal álltunk pontra. Minden ponton szabatos szintezéssel határoztuk meg utólag a műszermagasságot. Az illeszkedés vízszintes középhibája 0,6 mm, a magassági középhiba 0,2 mm. A maximális maradék ellentmondások vízszintesen 1,2 mm, magasságilag 0,5 mm. A maradék ellentmondások abszolút értékének átlaga y irányban 0,7 mm, x irányban 0,5 mm, magasságilag 0,25 mm.



14. ábra A centrális hálózat és az EOVA közös transzformációs pontjai



15. ábra Kétféle (mérőállomásos és GNSS) technológiával mért mikrohálózat meghatározási tervei

7. Összefoglalás

A GNSS előtti időszakban Budapest területén két vízszintes alapponthálózat is használatban volt: az 1930-as években létrehozott városi centrális rendszer (CENTR) és az 1972-ben véglegesített EOVA felsőrendű hálózata. E két régebbi hálózat több pontjának ETRS89 rendszerű koordinátáit GNSS technológiával is sikerült megmérni, ami pontossági összehasonlításra ad lehetőséget. Bár nem ideális állapotból indultunk (nem azonos időpontú mérésekből származó koordinátákat hasonlítottunk össze), azt a tapasztalati véleményt igazoltuk, hogy a budapesti centrális hálózat ugyanolyan jó, mint az EOVA. Az OGPSH-CENTR transzformációs paraméterek speciális esetekben segíthetik a korábbi rendszerű fővárosi térképi adatok és a GNSS technológia együttes használatát.

Köszönetnyilvánítás

A fővárosi alappontok eredeti (centrális és EOVA) pontleírásainak és koordináta-jegyzékeinek szolgáltatását köszönjük a Budapest Főváros Kormányhivatala Földhivatali Főosztály Földmérési Osztály munkatársainak: Kiss István osztályvezetőnek, Körblné Németh Éva korábbi szakfelügyelőnek és Kocsis Balázs ügyintézőnek.

A metróépítésnél használt koordináták és munkarészek átadását köszönjük Bényi László kollégának.

A saját GNSS mérésben való közreműködést köszönjük Fehér Balázs, Szentgyörgyvölgyi Pál, Hrutka Bence, Égető Csaba, Rózsa Szabolcs, Molnár Gábor Péter és Tóth Sándor kollégáinknak.

A multi-GNSS vevők baráti kölcsönzését köszönjük Forgó Zoltán és Strung Csaba kollégáknak.

A geoidundulációk számítását köszönjük Tóth Gyula kollégáinknak.

Irodalomjegyzék

Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Kenyeres A., Krauter A., Takács B. (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó, Budapest*, 2004. 458 old.

Borza Tibor (1998): Elkészült az országos GPS hálózat. *Geodézia és Kartográfia*, 1998/1, 8-13.

Borza Tibor, Kenyeres Ambrus, Virág Gábor (2007): Műholdas geodéziai vonatkoztatási rendszerünk (ETRS89) felújítása. *Geodézia és Kartográfia*, 2007/10. 40-48.

Busics György (2000): Terepgyakorlat külső segítséggel. *Geodézia és Kartográfia*, 2000/1. 36-40.

Busics György (2005): Az ETRS89 és a HD72 rendszerek közötti térbeli hasonlósági transzformáció néhány gyakorlati kérdése. *Geodézia és Kartográfia*, 2005/1. 14-19.

Busics György, Égető Csaba, Rózsa Szabolcs, Tóth Zoltán (2025): OGPSH pont pótlása a Gellért-hegyen. *Geodézia és Kartográfia*, 2025/3. 4-10.

Busics György, Égető Csaba, Rózsa Szabolcs, Tóth Zoltán (2026): Új pillér és új irányzóhenger a Gellért-hegyen. *Geodézia és Kartográfia*, 2026/1. 17-23.

Gaszó Miklós, Borza Tibor, Busics Imre, Fejes István (1992): A GPS mozgásvizsgálati program és földtani alapjai Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia*, 1992/2, 73-85.

Gyenes Róbert, Kulcsár Attila (2007): Koordináta transzformációk: elmélet és gyakorlat. *GIS Open 2007 konferencia kiadványa, Székesfehérvár*, 2007. www.gisopen.hu

Papp Gyula (1949): Budapest háromszögelése. *Geodézia és Kartográfia*, 1949/1-2. 1-14.

Takács Bence, Siki Zoltán (2025): Centiméter pontos EOVA átszámítás szabadon. *Geodézia és Kartográfia*, 2025/2. 4-9.

Tóth Gyula (2022): A nehézségi erőter gradienseinek jelentősége és felhasználása a felsőgeodézia és a fizika egyes területein. MTA doktori értekezés. https://real-d.mtak.hu/1509/7/toth.gyula.2_46_22_doktori_mu.pdf

Virág Gábor (1999): Az Egységes Országos Vízszintes Alaphálózat vizsgálata az OGPSH tükrében. *Geodézia és Kartográfia*, 1999/5. 22-29.

Virág Gábor, Borza Tibor (2007): Speciális transzformációs eljárások a valós idejű GNSS helymeghatározásnál. *Geomatikai közlemények X*, 59-65.

A **GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA** SZERKESZTŐSÉGE VÁRJA
TUDOMÁNYOS ÉS SZAKMAI CIKKEK, VALAMINT ISMERETTERJESZTŐ ÉS
SZAKMAI ÉRDEKESSÉGEKET BEMUTATÓ SZEMLECIKKEK KÉZIRATÁT.

ELÉRHETŐSÉGEINK:

E-MAIL: MFTTT.TITKARSAG@GMAIL.COM

WEB: [HTTPS://OJS.ELTE.HU/GEODEZIAESKARTOGRAFIA](https://ojs.elte.hu/geodeziaeskartografia)

KÉZIRATOKAT AZ INFORMÁCIÓ>BEKÜLDÉSEK MENÜPONT ALATT

LEHET FELTÖLTENI.



MFTTT vezetősége

Hosszútávú GNSS-alapú szerkezetmonitoring megvalósítása a Nemzeti összetartozás hídján

TURÁK Bence¹, ÉGETŐ Csaba¹, RÓZSA Szabolcs¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

E-mail: turak.bence@emk.bme.hu

DOI: [10.30921/GK.78.2026.3.4](https://doi.org/10.30921/GK.78.2026.3.4)

Absztrakt

Jelen tanulmány a sátoraljaújhelyi Zemplén 723 – a Nemzeti Összetartozás hídján megvalósított, alacsony költségű GNSS-alapú szerkezetmonitoring rendszer kialakítását és alkalmazását ismerteti. A több mint 700 m hosszú, rugalmas gyalogoshíd vizsgálata során többfrekvenciás, többkonstellációs vevőkből álló szenzorhálózatot telepítettünk, amely valós időben, centiméter alatti pontossággal szolgáltatott adatokat. A statikus próbaterhelés során a GNSS és mérőállomásos mérések jó egyezést mutattak, a lehajlások különbsége jellemzően néhány milliméter volt. A három hónapos monitoring időszak kimutatta a hőmérséklet és szél hatására kialakuló jellegzetes alakváltozásokat. Idősorelemzéssel és wavelet-transzformációval a szerkezet domináns sajátfrekvenciái is azonosíthatók voltak. Az eredmények igazolták, hogy a GNSS-alapú monitoring hatékony eszköz a hidak hosszú távú megfigyelésében, különösen alacsony frekvenciájú mozgások detektálására.

Abstract

This paper presents the development and application of a low-cost GNSS-based structural monitoring system implemented on the National Unity Bridge (Zemplén 723) in Sátoraljaújhely, Hungary. The more than 700 m long, flexible pedestrian bridge was instrumented with a network of multi-frequency, multi-constellation GNSS receivers capable of providing real-time positioning with centimeter-level accuracy. During static load testing, GNSS-derived deflections showed strong agreement with total station measurements, with differences typically under a few millimeters. A three-month continuous monitoring period revealed characteristic structural responses driven primarily by temperature variations and wind effects. Time series analysis and wavelet transform techniques enabled the identification of dominant natural frequencies. The results demonstrate that GNSS-based monitoring is an effective tool for long-term bridge observation, particularly for detecting low-frequency structural vibrations.

1. Bevezetés

Sátoraljaújhely városának kiemelt turisztikai fejlesztései között, a Zemplén Kalandpark bővítésének keretében valósult meg a Szár-hegy és a Vár-hegy közötti több, mint 700 méter teljes hosszúságú gyalogos kötélhíd, Zemplén 723 – a Nemzeti Összetartozás hídjá (1. ábra). A híd a méreténél és kialakításánál fogva nemzetközi viszonylatban is különleges mérnöki létesítménynek tekinthető (Kövesdi és társai, 2025). A kivitelezési munkálatok 2023-ban kezdődtek meg, az elkészült szerkezet ünnepélyes átadására 2024. június 4-én került sor.

Az üzembe helyezést megelőzően a hídszerkezeten a vonatkozó előírásoknak megfelelő próbaterhelési vizsgálatokat végeztek,

amelyek kiterjedtek mind statikus, mind pedig a gyalogos forgalom által keltett dinamikus igénybevételekre. A próbaterhelés célja a szerkezet globális és lokális válaszainak meghatározása volt különböző terhelési esetek mellett.

A híd jelentős fesztávolsága, kis önsúlyú, rugalmas szerkezeti rendszere, valamint fokozott szélterhelésnek való kitettsége indokolta a tette egy ideiglenes monitoring rendszer kialakítását is. E rendszer elsődleges célja az volt, hogy valós üzemi körülmények között, in situ módon szolgáltatson adatokat a szerkezet viselkedéséről, különös tekintettel a környezeti és forgalmi hatásokra, így a hőmérsékletváltozásra, a szélhatásokra, illetve a gyalogosok gerjesztette dinamikus mozgások kimutatására.



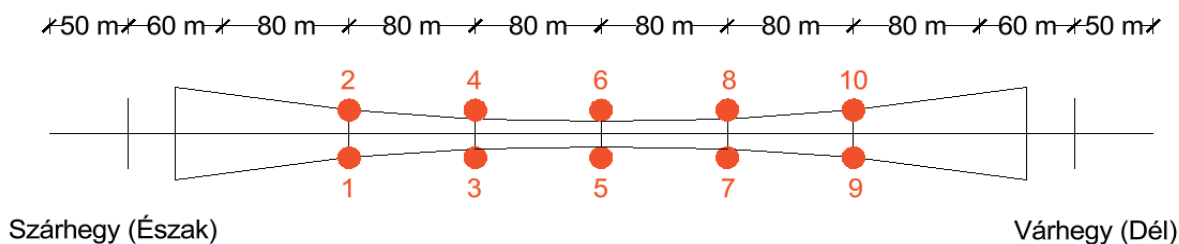
1. ábra A Nemzeti Összetartozás hídja

1. Geodéziai monitoring mérések

A híd méretéből és szerkezetéből adódóan a terheléspróba során is komoly kihívást jelentett a különböző teherállásokban kialakuló lehajlások meghatározása. A 700 métert meghaladó hossz és a stabil pályaszerkezet hiánya a hagyományos, optikai szintezésen alapuló geodéziai méréseket nem tették lehetővé. Így kétféle eljárással határoztuk meg a lehajlások mértékét. A híd közepéhez képest szimmetrikusan elhelyezett 5 kereszt-szelvényben műholdas helymeghatározó rendszerrel (GNSS) végzett mérésekkel végeztünk helymeghatározást. Ezen kívül a hídfőkhöz közelebbi szelvényekben hagyományos, mérőállomással is végeztünk méréseket a próbaterhelés idején, így az 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 és 10 pontokban mindkét rendszerrel történtek mérések (2. ábra).

Bár az irodalomban már számos szerző végzett GNSS-alapú deformációméréseket (Xue–Psimoulis, 2023; Yu és társai, 2020), az általunk végzett mérések a maguk nemében különlegeseek, hiszen nemzetközi szinten is az elsők között végeztünk ilyen méréseket alacsony költségigényű GNSS vevőkkel. Az elmúlt években – főként az autonóm járművek és eszközök helymeghatározási igényeinek kielégítésére – számos GNSS chip gyártó dobott piacra olyan többfrekvenciás vevőket, amelyek valós időben 1-2 cm pontos helymeghatározásra képesek és az áruk jelentősen alacsonyabb a hagyományos geodéziai vevőkénél. Ilyen eszközöket találunk például a GNSS-

szel támogatott robotfűnyírókban is. A BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszéken már több éve használjuk ezeket a vevőket a kutatásainkhoz (Takács, 2025; Farkas és társai, 2024). Mozgó platformok hely-, és helyzetmeghatározásához fejlesztünk szenzorfüziós eljárásokat, amellyel az önvezető járművek vagy a mobil térképező rendszerek méréseit tesszük hatékonyabbá és robusztusabbá (Vanek és társai, 2023), építőipari munkagépek mozgásának nagy pontosságú megfigyelését vizsgáljuk (Felföldi, 2023), de sikerrel alkalmaztuk ezeket az eszközöket a Déli Összekötő Vasúti Híd (DÖVH) szerelési munkálatait támogató geodéziai monitoring mérések során is (Égető és társai, 2021). Az alacsony költségigényű vevők közös jellemzője, hogy általában egy nyomtatott áramkörű panelre integrálva vásárolhatók meg, így a felhasználók feladata a szenzor integrálása a mérőrendszerbe. Ennek megvalósításához gondoskodnunk kell a megfelelő tápellátásról, a GNSS korrekciók és a mérési adatok gyűjtéséről/továbbításáról, így a vevőket egy-egy Raspberry Pi 4 kártyaszámítógépre integráltuk. Az eszköz előnye, hogy egy teljes Linux operációs rendszert biztosít számunkra, így rendelkezésünkre állnak a PC-ken megszokott szolgáltatások (pl. TCP/IP alapú adatátvitel) és az eszköz programozása magas szintű programnyelvekkel is megvalósítható. A Nemzeti Összetartozás Hídján 10 u-blox F9P kétfrekvenciás, multi konstellációs GNSS vevőből álló szenzorrendszert telepítettünk oly módon, hogy a kiválasztott 5 kereszt-szelvény mindkét oldalán egy-egy antennát és vevőt helyeztünk el. A vevőket páronként egy-egy dobozba helyeztük el (3. ábra).

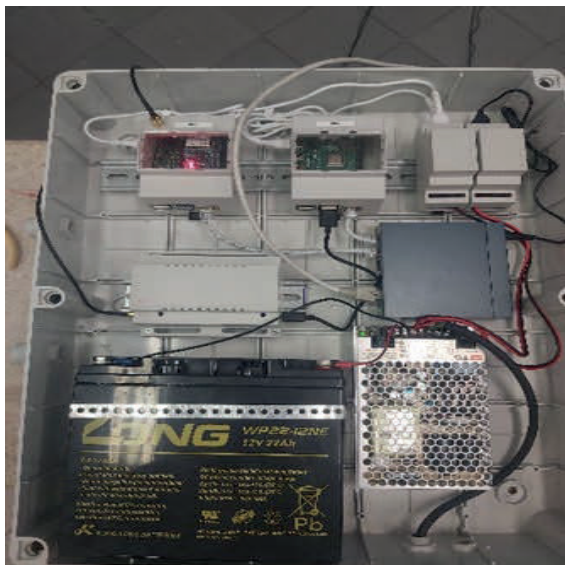


2. ábra A lehajlásmérési pontok helyei

A vevők mind a négy globális helymeghatározó rendszer – az amerikai GPS, az orosz GLONASS, az európai Galileo és a kínai

Beidou – jeleit felhasználták a helymeghatározáshoz. A cm pontos valós idejű eredmények eléréséhez azonban nem

elegendő a mozgásvizsgálati pontokra telepíteni GNSS vevőket, hanem egy fixen telepített referencia vevőre is szükségünk van. Mivel a híd alakváltozásai jellemzően vertikális értelműek és a műholdas helymeghatározó eljárások éppen a magasságok meghatározásában teljesítenek gyengébben, emiatt különösen



3. ábra GNSS szenzor és sematikus ábrája

A valós idejű kinematikus GNSS mérések (RTK) pontossága a gyártói specifikációk szerint 1 cm + 1 ppm a bázisvonal hosszától függően mind vízszintes, mind pedig magassági értelemben. A BME-n végzett statikus tesztek e pontossági mérőszámokat megerősítették. 2021. október 6-26. között mintegy 1.5 millió mérés alapján rövid bázisvonalal a szenzorokkal az északi, keleti koordináta-komponensekben és a magasságokban egy mérés középpontjában ± 3 , ± 4 és ± 7 mm-es értéket kaptunk (1. táblázat, Égető és társai, 2021). A mérési bizonytalanságok valamelyest tovább javíthatók, ha több mérés eredményét átlagoljuk.

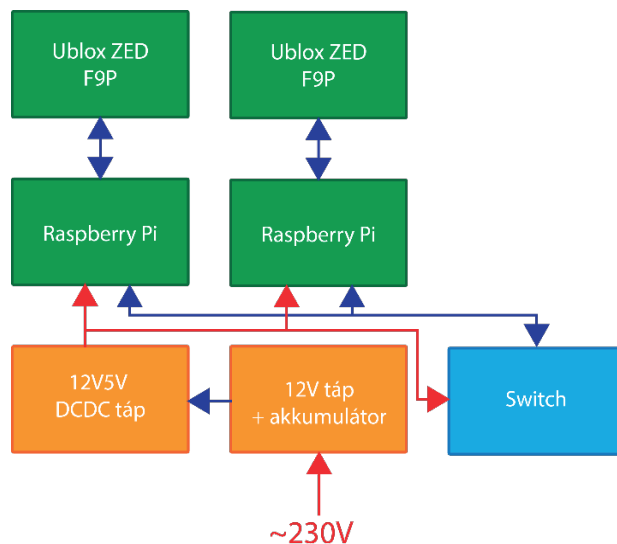
Táblázat 1. Valós idejű GNSS mérések statikus tesztjének eredményei (a koordináták EOVS vetületen értendő)

	Min	Max
Y	650769.372	650769.395
X	237227.811	237227.848
M	138.419	138.477

Annak érdekében, hogy a statikus terheléspróba során megbizonyosodhassunk arról, hogy a fenti pontossági várakozásaink helyesek, a GNSS technikával vizsgált öt keresztoszleányból négyhez két-két prizmat is elhelyeztünk, hogy a lehajlásokat hagyományos irány- és távmérésekkel is meg tudjuk határozni (4. ábra).

Feladatunk azonban nem csupán a híd statikus próbaterhelés során szenvedett alakváltozásainak kimutatása volt. További célként szerepelt a próbaterhelést követő három hónapon keresztül folyamatosan működő monitoringrendszer üzemeltetése. Ennek érdekében egy olyan rendszert hoztunk

létre, hogy a rögzített referencia vevő a többi szenzorhoz a lehető legközelebb helyezkedjen el. Emiatt az északi hídfőre egy Leica GR30-as geodéziai GNSS referencia állomást helyeztünk el. Ily módon a legnagyobb bázisvonalhossz a szenzorok és a referencia vevő között nem haladta meg az 500 métert.



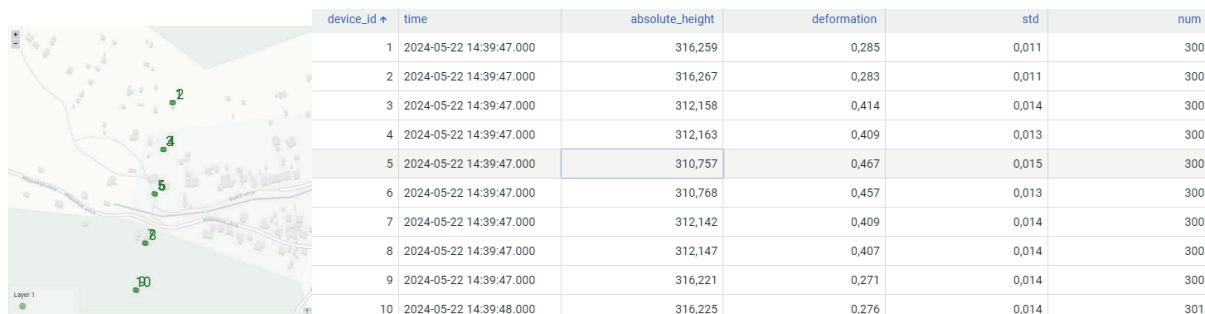
létre, amely távolról is üzemeltethető, valós időben továbbítja a méréseket az egyetemi szerverre, mely megoldja azok tárolását és megjelenítését. E feladatra nyílt forrású szoftverkörnyezetben kialakított saját fejlesztésű rendszert hoztunk létre, amely valós időben webböngésző segítségével jelenítette meg a szenzorok állapotát, a lehajlások mértékét és a háttérben futó adatbázisnak köszönhetően minden szenzor mozgástörténetét is tetszőleges időtartamra meg tudta jeleníteni (5. ábra).



4. ábra A GNSS antenna elhelyezése

A kifejlesztett rendszert sikeresen alkalmaztuk mind a statikus terheléspróba, mind pedig az azt követő több hónapos

monitoring időszaka alatt. A következőkben néhány esetpéldán mutatjuk be a rendszer képességeit.

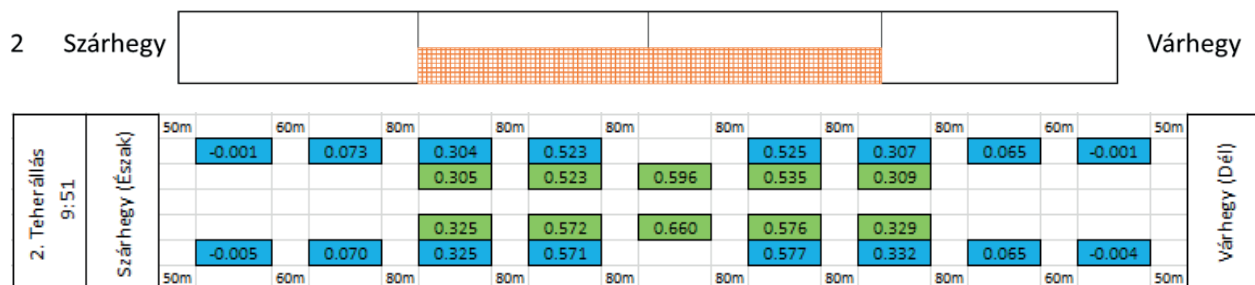


5. ábra A működő szenzorok térképi megjelenítése (balra) és a lehajlásértékek a megelőző 5 perc mérésének középértékeként (jobbra).

2. Statikus próbaterhelés

A statikus próbaterhelés során több teherállásban határoztuk meg a hídszerkezet lehajlásait a bemutatott keresztmetszetekben. Egy teherállás eredményét a 6. ábrán mutatjuk be. Az ábrán kék háttérrel láthatók a mérőállomással, irány-, és távméréssel meghatározott lehajlásértékek. Minden prizmat két távcsőállásban végzett iránySORozatméréssel határoztunk meg a pontokhoz közelebb lévő hídfőre helyezett mérőállomással. Az iránySORozat mérését az Ulyxes szoftverrel (Siki és társai, 2018)

végeztük automatizált módon. A mérési forduló időszükséglete megközelítőleg 5 perc volt. A GNSS mérésekkel másodpercenként meghatározott lehajlásértékeket ugyanerre az 5 perces időintervallumra átlagoltuk. A GNSS technológiával mért értékeket zöld háttérrel jelenítettük meg az ábrán. Az eredményekből jól átható, hogy a mérőállomással és a GNSS technikával meghatározott lehajlásértékek csupán néhány mm-es eltérést mutatnak, ami nem tekinthető szignifikánsnak. Az aszimmetrikus teherből adódó csavaró hatást mindkét mérési eljárással ki tudtuk mutatni. A statikus terheléspróba alatt a GNSS alapú monitoringrendszer jól szerepelt és igazolta a korábbi várakozásainkat a mérési pontosság vonatkozásában.



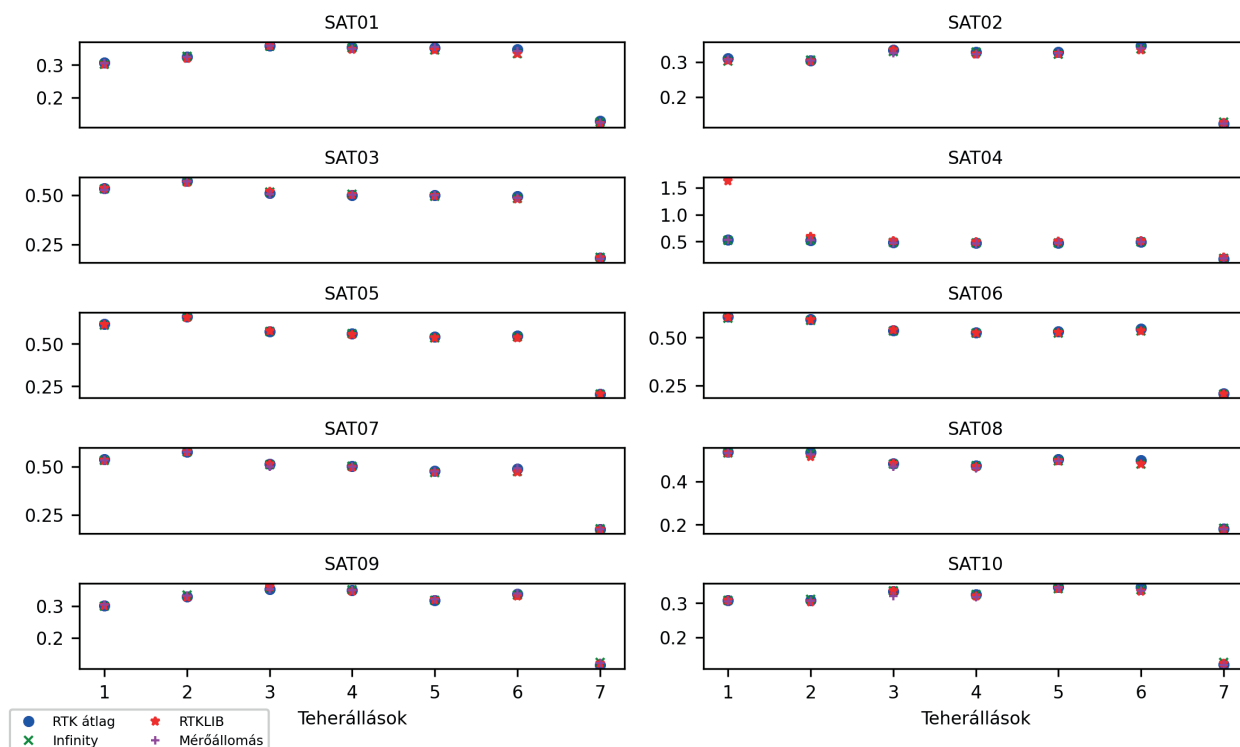
6. ábra Statikus terheléspróba során GNSS technikával és mérőállomással végzett lehajlásmérések eredményei (fent: teherállás konfigurációja, lent: lehajlásértékek hőmérsékletkompenzáció nélkül [m])

A jobb összehasonlíthatóság végett mindegyik GNSS-vevő által mért lehajlást és a hozzá tartozó mérőállomással mért lehajlás értékét valamennyi teherállásra vonatkozóan a 7. ábrán láthatók. A GNSS RTK-pozíciók integritásvizsgálatának elvégzése céljából a rögzített nyers méréseket utófeldolgozásnak vetettük alá, és egy ingyenes, nyíltforráskódú szoftverrel (RTKLIB) (Takasu és társai, 2009), valamint egy ipari szoftverrel (Leica Infinity) is meghatároztuk a GNSS-vevők pozícióját, ugyanazon 5 perces időablakot használva, amikor az 5 perces RTK pozíciók átlagolása történt.

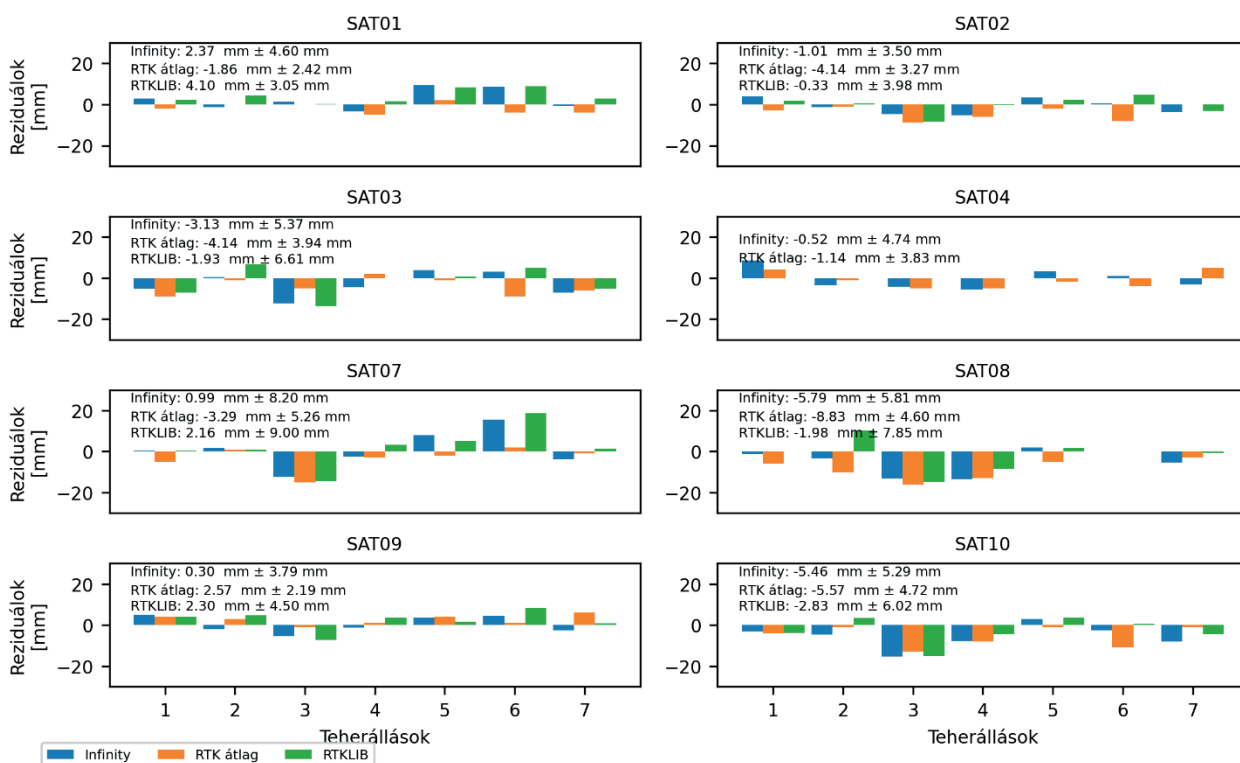
Látható, hogy az eredmények egyetlen eset kivételével konzisztensek. A SAT04 vevőnél a nullmérés és az első teherállás

esetén az RTKLIB szoftver nem képes a ciklustöbbsértelműségek egyértelmű megoldására, így azok megbízhatósága erősen korlátozott. Ennek következtében az RTKLIB szoftverrel való feldolgozás eredményeit a SAT04 állomásra a további elemzéseknel nem vesszük figyelembe.

A további elemzésekhez meghatároztuk a maradék ellentmondásokat azokon a pontokon, ahol mérőállomással is történt mérés, oly módon, hogy a mérőállomással mért elmozdulásokat hibátlannak vettük. Ezen maradék ellentmondások a 8. ábrán láthatók.



7. ábra Statikus próbaterhelés során GNSS technikával (RTK átlag, RTKLIB, Leica Infinity) és mérőállomással végzett lehajlásmérések eredményei, valamennyi terhelállás esetén.



8. ábra A GNSS-mérések maradék ellentmondásai a különböző feldolgozási módszerek esetén (RTK átlag, RTKLIB, Leica Infinity)

A számított maradék ellentmondások a legtöbb esetben konzisztensek, mértékük 10 mm-nél kisebb minden feldolgozási módszer esetén. Ennél jelentősen nagyobb értékek figyelhetők meg az RTKLIB szoftverrel való feldolgozáskor a SAT04 jelű vevőnél, minden teherállás esetén. Ennek oka a már említett fix megoldás hiánya a nullmérés idején, a SAT04 vevőnél. Ennek következtében minden lehajlásérték ezzel a hibával terhelt. Ezért ezen eredményeket nem vettük figyelembe (2. táblázat).

Táblázat 2. A statikus GNSS mérések megbízhatósági paraméterei [mm]

	Leica Infinity		RTK átlag		RTKLIB	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
SAT01	2.4	4.6	-1.9	2.4	4.1	3.1
SAT02	-1.0	3.5	-4.1	3.3	-0.3	4.0
SAT03	-3.1	5.4	-4.1	3.9	-1.9	6.6
SAT04	-0.5	4.7	-1.1	3.8	-	-
SAT07	1.0	8.2	-3.3	5.3	2.2	9.0
SAT08	-5.8	5.8	-8.8	4.6	-2.0	7.9
SAT09	0.3	3.8	2.6	2.2	2.3	4.5
SAT10	-5.5	5.3	-5.6	4.7	-2.8	6.0

4. Monitoring mérési eredmények

A GNSS alapú monitoringrendszerrel a statikus terheléspróbát követő 3 hónapban folyamatosan megfigyeltük a híd alakváltozásait. Bár a rendszer mind vízszintes, mind pedig

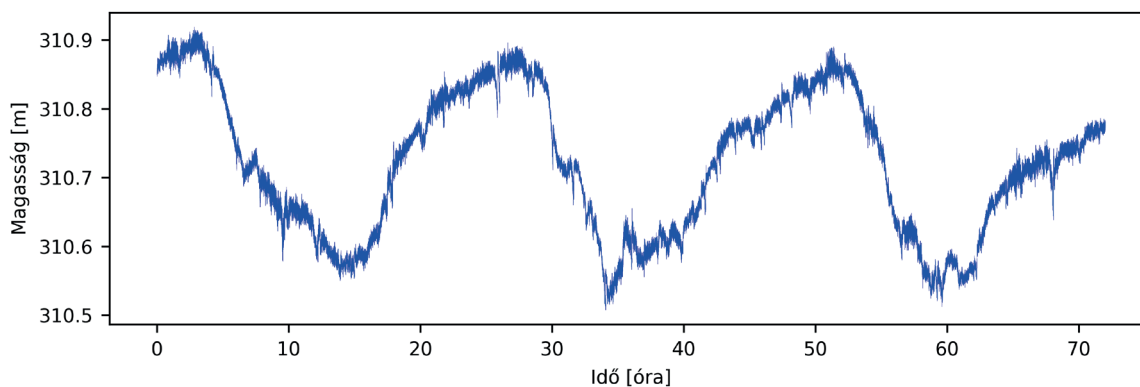
magassági értelemben rögzíti az elmozdulásokat, esetünkben a lehajlások dominálnak, így a következőkben ezekről mutatunk be néhány eredményt.

A lehajlások idősorait a híd hőmozgása dominálja. A híd közepén elhelyezkedő GNSS vevő által három egymást követő napon rögzített magasságértékeket mutatjuk be a 9. ábrán. Az ábrán jól látható, hogy a lehajlásértékek a napi hőingadozás hatását követik.

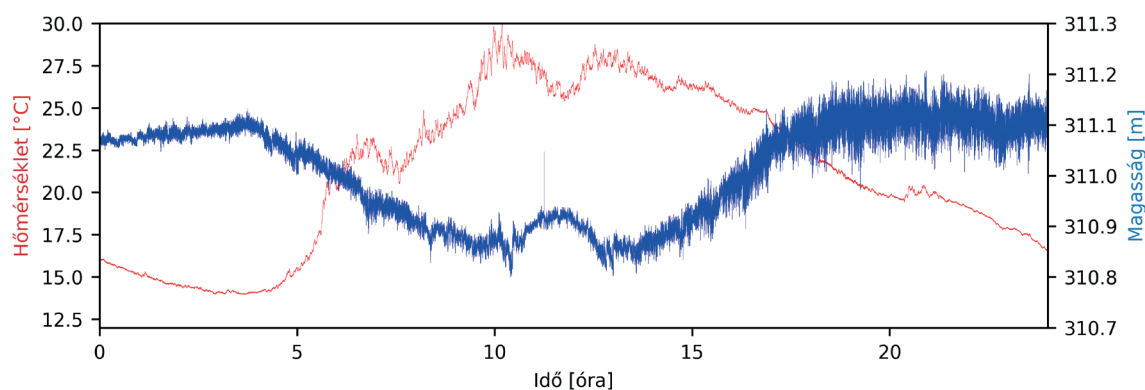
A 10. ábrán a megszokott napi magasságértékek változásának egy érdekes anomáliáját mutatjuk be: 2024. április 21-én 12:00-kor a magasságértékek szokatlanul emelkedést, majd ismét süllyedést mutatnak. Ha azonban összevetjük ezeket az értékeket a hídszerkezeten elhelyezett hőmérők által mért hőmérsékleti adatokkal, jól látható, hogy ebben a néhány órában az időjárás változásának következtében 3 °C-kal visszaesett a hőmérséklet és ez okozta a híd lehajlásának csökkenését és a GNSS szenzor emelkedését. A délutáni órákban a magasságértékek nagyobb tartományban ingadoznak, ami a 40 km/h-t meghaladó szélsébségnek köszönhető.

5. Sajátfrekvencia meghatározása

A lehajlás idősorokon megfigyelhető, hogy széles időben a hídszerkezet mozgása időnként szemmel is kivehető hullámzó mozgást követ. Ezt tapasztalva kísérletet tettünk a szerkezet sajátfrekvenciáinak kimutatására. E vizsgálatokhoz természetesen figyelembe kell vennünk, hogy jelen méréseket 1 Hz mintavételezési frekvenciával hajtottuk végre, mely esetben a Nyquist–Shannon határfrekvencia 0,5 Hz. Továbbá az alkalmazott vevők nem is képesek 20 Hz-nél nagyobb mintavételezési frekvenciára. Ez a tény mindenképpen behatárolja a vizsgálható frekvenciatartományt. Meg kell jegyeznünk, hogy bár egyes geodéziai GNSS vevők akár 100 Hz-es mintavételezési frekvenciával is tudnak koordinátákat meghatározni, ez még mindig jelentősen kisebb érték, mint a gyorsulásmérők mintavételezési frekvenciája.



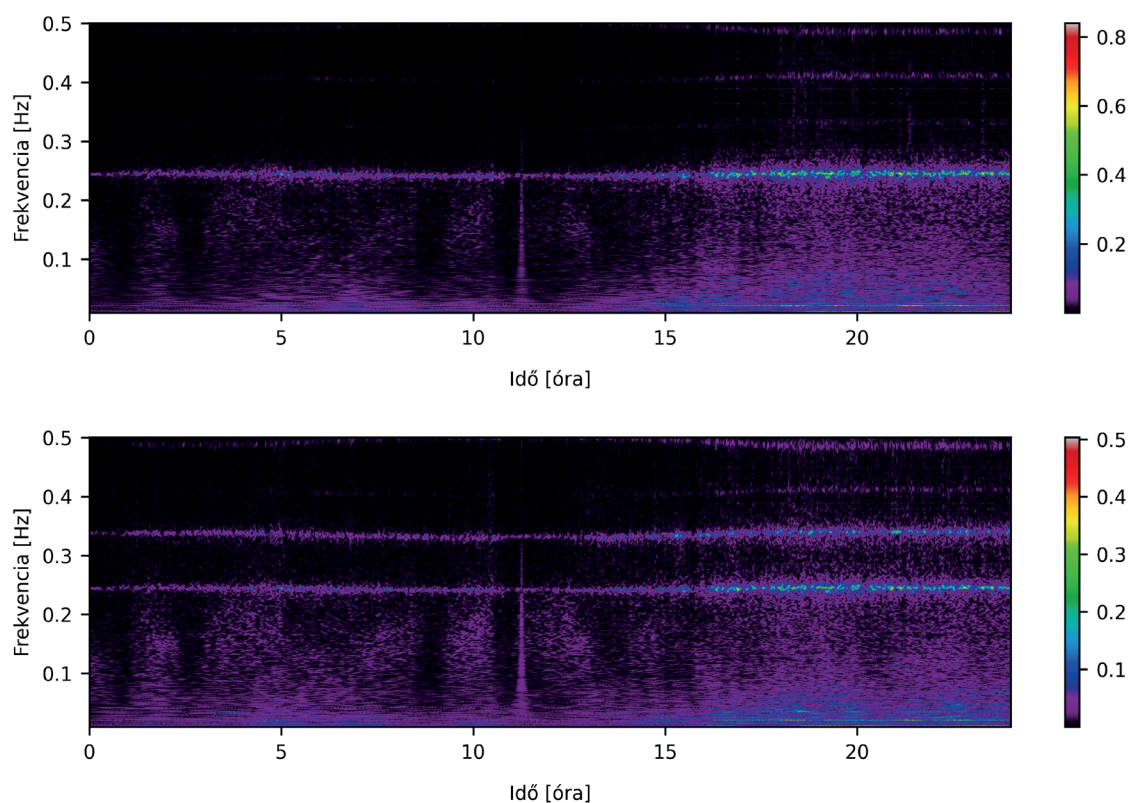
9. ábra Magasságértékek idősorai a híd középső keresztmetszetében (SAT05) 2024.05.01-05.03. között.



10. ábra Magasság és hőmérséklet az idő függvényében 2024 április 21-én a híd középpontjában (SAT05).

A sajátfrekvencia meghatározásához a koordináta-idősorokon wavelet-transzformációt hajtottunk végre a spektrogramok előállítására érdekében (Sifuzzaman és társai, 2009; Gaviria és társai, 2018). A wavelet transzformáció eredményeképpen láthatóvá válnak a koordináta-idősorokban jelentkező jellemző frekvenciák. Két ilyen spektrogramot mutatunk be a 11. ábrán.

Mindkét spektrogramon jól látható a 0,24 Hz-es domináns frekvencia, ugyanakkor a 0,34 Hz-es frekvencia a híd közepén nem figyelhető meg, míg az 1. szenzor méréseiben kimutatható. Ez a jelenség annak tudható be, hogy a 0,34 Hz-es frekvenciájú hullám páratlan hullámhosszakkal jellemezhető, így módon a híd közepén a jelenléte nem mutatható ki.



11. ábra Spektrogramok a híd középső szelvényében elhelyezett szenzorokon (fent: a híd közepén, az 5. szenzoron mért magassági koordináták spektrogramja; lent: a híd északi felén, az 1. szenzoron mért magassági koordináták spektrogramja) (2024 április 21.) [$\text{m s}^{-1/2}$]

A wavelet transzformáció segítségével azonban nem csak az egyes frekvenciák jelenlétét mutathatjuk ki, hanem a hullámok fázisszögét is meghatározhatjuk. Ily módon két szenzor adatainak összehasonlításával megállapíthatjuk, hogy az azokon adott frekvencián észlelhető hullámok azonos vagy eltérő fázisban vannak-e. Ebből a hullámalakra, illetve a híd alakváltozásának jellegére következtethetünk. A 12. ábrán a híd negyedelőpontjaiban elhelyezett két vevő (SAT01 és SAT09)

magasság-idősorainak felhasználásával végzett fázisszögekülönbség becslés eredményeit látjuk. Jól látható, hogy a 0,24 Hz-es frekvencia környezetében 2π fáziseltérés adódik, azaz ezen a frekvencián a híd középső keresztmetszetében csavaró hatás nem mutatkozik. A 0,34 Hz-es frekvencia esetén azonban a híd bal és jobb oldalán elhelyezett szenzorok között π fázisszög eltérés mutatkozik, azaz a híd ezen két pontja ellentétes fázisban van, tehát ellentétes irányban mozognak



12. ábra A híd negyedelőpontjaiban elhelyezett GNSS-vevők (SAT01 és SAT09) magassági idősorainak fáziskülönbsége radiánban (2024. április 21.)

6. Összegzés

A tanulmányban bemutatott GNSS-alapú szerkezetmonitoring-rendszer sikeresen igazolta, hogy alacsony költségű, többfrekvenciás és többkonstellációs vevőkből kialakított szenzorhálózat alkalmas nagyméretű, rugalmas hídszerkezetek nagy pontosságú vizsgálatára. A statikus próbaterhelés során kapott eredmények alapján a GNSS-technológiával és mérőállomással meghatározott lehajlások jó egyezést mutattak, a maradék ellentmondások szórása jellemzően centiméter alatt maradt mind valós idejű, mind utófeldolgozás esetén, ami megerősíti a rendszer megbízhatóságát.

A három hónapos folyamatos monitoring során eredményesen alkalmaztuk a szenzorhálózatot a híd dinamikus mozgásának elemzésére. Az idősorelemzések rámutattak a napi hőingadozás domináns szerepére, míg az extrém időjárási események (pl. hirtelen lehűlés vagy erős szél) jól azonosítható anomáliákat eredményeztek a lehajlás idősorokban.

A wavelet-transzformáció alkalmazásával eredményesen határoztuk meg a szerkezetre jellemző sajátfrekvenciákat. A domináns frekvenciák mellett sikeresen azonosítottuk a kialakult állóhullámok fázisát. Ezen fázisok különbségeként – a kialakult hullámok frekvenciája mellett – meghatározhatók a hídszerkezetre ható csavaró hatások is. Bár a Nyquist–Shannon mintavételezési frekvencia korlátozza a vizsgálható tartományt, az alacsony frekvenciájú rezgések detektálásában a GNSS-alapú módszer hatékonynak bizonyult.

Összességében elmondható, hogy a bemutatott rendszer költséghatékony alternatívát kínál a hagyományos monitoring megoldásokkal szemben, amennyiben a várható elmozdulások nagysága nem igényel szélső pontosságú módszereket. A fejlesztett infrastruktúra és adatfeldolgozási környezet lehetővé teszi a valós idejű kiértékelést és a szerkezet viselkedésének átfogó elemzését, csakúgy, mint a rendszer egyéb mozgásvizsgálati feladatok során történő alkalmazását.

Köszönetnyilvánítás

A 2022-2.1.1-NL-2022-00012 számú "Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratórium" projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási és Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Laboratóriumok pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Égető, Cs. – Siki, Z. – Turák, B. – Rózsa, Sz. 2021. Low-Cost GNSS sensor development for structural monitoring. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*, 35(2), 37-47. Link: https://www.researchgate.net/publication/368818220_LOW-COST_GNSS_SENSOR_DEVELOPMENT_FOR_STRUCTURAL_MONITORING
- Farkas, M. – Rózsa, Sz. – Vanek, B. 2024. Multi-sensor Attitude Estimation using Quaternion Constrained GNSS Ambiguity Resolution and Dynamics-Based Observation Synchronization, *Acta Geodetica et Geophysica*, 59, 51–71. <https://doi.org/10.1007/s40328-024-00441-2>

- Felföldi, Á. 2023. Munkagépek követése költséghatékony GNSS technikával, TDK Dolgozat, BME.
- Gaviria, C. A. – Montejó, L. A. 2018. Optimal Wavelet Parameters for System Identification of Civil Engineering Structures. *Earthquake Spectra*, 34(1), 197–216. <https://doi.org/10.1193/092016eqs154m>
- Kövesdi, B. – Hegyi, P. – Dunai, L. – Szigeti, Z. – Gondár, P. – Vad, J. – Havasi-Tóth, B. 2025. A sátorlajúhelyi Nemzeti összetartozás hídja – széldinamikai vizsgálatok, *Magyar Tudomány*, 186(4), 735-743. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.4.14>
- Sifuzzaman, M. – Islam, M. R. – Ali, M. Z. 2009. Application of Wavelet Transform and its Advantages Compared to Fourier Transform, *Journal of Physical Sciences*, 13(1), 121-134.
- Siki, Z. – Takács, B. – Égető, Cs. 2018. Ulyxes: an open source project for automation in engineering surveying. *PeerJ Preprints* 6:e27226v1. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27226v1>
- Takács, B. 2025. RTK-mérések pontossága és hatékonysága, *Geodézia és Kartográfia*, 77(1), 18-23. <https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.1.3>
- Takasu, T. – Yasuda, A. 2009. Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB. In: *International Symposium on GPS/GNSS*. Jeju, South Korea, 4–6 November 2009.
- Vanek, B. – Farkas, M. – Rózsa, Sz. 2023. Position and Attitude Determination in Urban Canyon with Tightly Coupled Sensor Fusion and a Prediction-Based GNSS Cycle Slip Detection Using Low-Cost Instruments. *Sensors*, 23(4), 2141. <https://doi.org/10.3390/s23042141>
- Xue, C., Psimoulis, P. A., 2023. Monitoring the dynamic response of a pedestrian bridge by using low-cost GNSS receivers. *Engineering Structures*, 284, 115993. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.115993>
- Yu J. – Meng X. – Yan B. – Xu B. – Fan Q. – Xie Y. 2020. Global Navigation Satellite System-based positioning technology for structural health monitoring: a review. *Structural Control and Health Monitoring*, 27(1), 1545-2255. <https://doi.org/10.1002/stc.2467>

MÉRNÖKIGAZOLVÁNY

kedvezmények tagjainknak 2026-ban is

Az idei évben is számos előnyt biztosítunk kamarai tagjaink számára a Mérnökigazolványhoz kapcsolódóan.

Az elérhető kedvezmények között többek között az alábbiak szerepelnek:

- Microsec digitális aláírás – 50% kedvezménnyel!
- ONE flottaszerződés – megújult csomagajánlatokkal
- Szállodai kedvezmények – Danubius és Hunguest szállodákban
- All You Can Move SportPass – sportolási lehetőség több mint 700 helyszínen
- MOL partnerkedvezmény
- Térítésmentes szabványhozzáférés

Használja ki kamarai tagságának előnyeit – a Mérnökigazolvány egész évben értéket jelent!

További partnerkedvezményekről a mernokvagyok.hu portálon tájékozódhat!



GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA az Interneten

Lapunk 2024-es lapszámait már
az Interneten is olvashatók!

Látogasson meg minket a

[https://ojs.elte.hu/
geodeziaeskartografia](https://ojs.elte.hu/geodeziaeskartografia)

Hirdessen a GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA oldalain!

egész oldalas: 75.000 Ft+ÁFA
1/2 oldalas: 50.000 Ft+ÁFA
1/4 oldalas: 30.000 Ft+ÁFA

Hirdetését leadhatja az az
alábbi e-mail címen:

mfttt.titkarsag@gmail.com

Szemle

QR-kódos szakmai ismertető a Citadellán

Lapunk korábbi számaiban írtunk a Citadella felújítása során szükségessé vált geodéziai alappontok pótlásáról (Geodézia és Kartográfia 2025/2, 2025/3, 2026/1), valamint a Bogdanich-emléktábláról (GK 2026/2). Az előkészítés folyamatában a tervezők számára felajánlottuk segítségünket a leendő információs táblákon szereplő, az alappontokkal kapcsolatos tájékoztató szövegek megírásában. Ez végül is megvalósult, mégpedig a kerttervezési és kertépítési feladatokkal egybekötve.



1. ábra Előnevelt fákat telepítenek 2025 tavaszán

A Citadella felújítása tájépítési, kerttervezési szempontból is kiemelt feladat volt. Biztosítani kellett a zöldfelületek növelését, a természetvédelmi terület megóvását és a nagyszámú turista fogadását, esztétikai élményét; az egész évben látványos kertet. Komoly előkészítő munkák után 2025 őszén 130 előnevelt fát (1. ábra), 750 tő szőlőt, 530 ezer hagymás növényt, 100 ezer virágot ültettek el a belső és külső parkban, így a megnyitáskor, 2026 áprilisában már virágszőnyeg fogadta a látogatókat (2. ábra).



2. ábra A Citadella belső parkja 2026 májusában

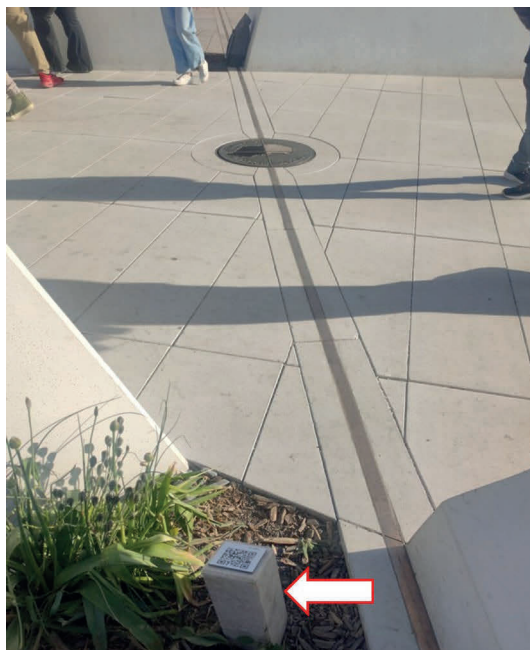
Nemcsak különleges, védett növényeket ültettek, hanem a meglévőket is igyekeztek megőrizni: ilyen például a belső parkban egy 60 éves gránátalmafa, amely az építkezés során védőszerkezetet, gyökérvédelmet és öntözést kapott, ma pedig skarlátvörös virágokat és szép termést hoz. A fák, cserjék, növények mellé egy-egy, néhány deciméter magasságú kis márvány-oszlopocska került, tetején QR-kóddal (3. ábra). A QR-

kódot mobiltelefonunk szkennelésével beolvassa egy honlaphoz jutunk, amely az adott növény eredetéről, elterjedtségéről, jellemzőiről, érdekességeiről, esetleges gyógyhatásáról ad információkat. 39 darab ilyen QR-kódos oszlopocska található a növények mellett, tartalmukat utólag is megnézhetjük, a <https://park.citadella.hu/PARK-01/hu> honlapon (a sorszámot 01-től 39-ig változtatva).



3. ábra QR-kódos oszlopocska a parkban

Amikor 2026 elején felkérést kaptunk a geodéziai pontok ismertető szövegének megírására, nem volt tudomásunk az előbb vázolt kertészeti információs rendszerről, így a „saját fejünk után” jártunk el. Úgy gondoltuk, két részben, két szinten kellene információt adnunk a geodéziai pontokról: az első részben (első szinten) a lehető legrövidebb, csak néhány mondatos tájékoztatást, s ha valakit jobban érdekel a téma, a szöveg *dőltbetűs, vastagított* szavára kattintva kapna a második részben bővebb tájékoztatást. Ezt az elképzelést sajnos nem fogadták be a kivitelezők, mert az első rész és a második rész szövegét is



4. ábra A főalappont ismertető QR-kódos oszlop

(ahogyan a kertészeti rendszerénél) egymás alatt, egyben mutatja a honlap.

A következőkben a három szakmai QR ismertető szöveg első részét mutatjuk be, vastag, dőlt betűkkel jelölve a következők szint (a második rész) címszavait.

Az első oszlopocskára a meridián vonalában, az északi pengefal átvágásában található (4. ábra). Ha a QR kódot beolvassuk, erre, a *Geodéziai főalappont* címet viselő honlapra navigálunk: <https://park.citadella.hu/PARK-40/hu>.

Rövid szövege: „A bronz fedlap alatti faragott terméskő középpontja az egykor itt működött híres **Gellérthegyi Csillagvizsgáló** keleti tornyának pillérét jelöli. Ehhez a Gellérthegy nevű **háromszögelési** ponthoz viszonyítva mérték a többi pont földrajzi hosszúságát, vagyis az ezen a ponton átmenő **meridiánt** választották kezdőmeridiánnak. A burkolatban önlemezsel jelölt meridián iránya a Magyarországon ma használt egységes országos **vetület (EOV)** és **koordináta-rendszer** É-D-i tengelyét rögzíti.

Ezen **alappont**nak a magyar **geodéziában** betöltött két szerepét emeljük még ki: 1863-tól ez a pont volt a budapesti sztereografikus **vetület** vetületi kezdőpontja, 1934-től ez a pont a **budapesti önálló városi rendszernek** és **annak koordináta-rendszerének** kezdőpontja.”



5. ábra Az irányzóhenger melletti QR-oszlop

A második oszlopocskára az irányzóhenger mellett került elhelyezésre (5. ábra). Címe: *Új irányzóhenger és pillér*, elérhetősége: <https://park.citadella.hu/PARK-41/hu>.

Rövid szövege: „Az itt látható »új henger« és vele szemben a sarokban lévő »új pillér« a Szabadság-szobor mögötti

lépcsőfeljáró miatt elpusztult »régi pillér és henger« pótlására készült. A régi- és az új pillér is szakszóval a *Gellérthegy* nevű geodéziai főalappontnak a **külpontja**. Ezen pilléreket azért építették, mert a főalapponttól a magas erődfal miatt nem látszódnak a környező alappontok. A régi pillérnek és hengernek fontos szerepe volt a **budapesti önálló városi rendszerben** és a budapesti metróépítésekénél.”



6. ábra A Bogdanich-emléktábla melletti QR-oszlop

A harmadik oszlopocskára a Bogdanich-emléktábla mellett található (6. ábra, lásd: <https://park.citadella.hu/PARK-42/hu>).

Rövid szövege: „A horvát és a magyar nemzet fiaként tisztelt **Bogdanich Imre Dániel** életét szentelte azért, hogy a 19. század elején elkészüljön Magyarország akkoriban legjobb térképe, a **Lipszky-térkép**. Az itt látható emléktáblát a fiatalon elhunyt tudós tiszteletére, valamint az egykor itt állott **Gellérthegyi Csillagvizsgáló** emlékére állították fel 1972-ben. Eredetileg egy **emlékoszlop** is állt itt, latin nyelvű felirattal, ennek **születési dátumát** pontosították.”

Utólag megállapíthatjuk, hogy lehetne tömörebb, informatívabb, érdekesebb szövegeket is írni... Szükség is lenne néhány helyen a szakmai szövegek pontosítására. Azért is fontos kérdés ez, mert az egyszerű érdeklődők, a turisták a Citadellán szembesülnek szakmánk emlékeivel, szakmánk szerepével is. Nem egyszerű feladat rövid szakmai ismertető szöveget írni a közvélemény számára – aki próbálta, talán megerősíti ezt. 2026 elején, az átadás megannyi feladata közepette, ennyit sikerült elérni... nem tudhattuk például akkor (ahogyan most sem), hogy felállítják-e a Bogdanich emlékoszlopot, hiszen a szöveget ehhez kellett igazítani...

A folytatás útja minden kolléga számára nyitva áll...

Dr. Busics György

75 év a magyar geodézia szolgálatában

Egy vállalat története, amely végigkísérte Magyarországot fejlődését

Kevés magyar műszaki vállalat mondhatja el magáról, hogy háromnegyed évszázadon keresztül folyamatosan jelen volt hazánk gazdasági, infrastrukturális és műszaki fejlődésének meghatározó projektjeiben. A BGTV – Geodézia Zrt. idén ünnepli fennállásának 75. évfordulóját. Ez a jubileum nem csupán egy vállalat életében jelentős mérföldkő, hanem egy olyan szakmai közösség ünnepe is, amely generációkon átívelően járult hozzá Magyarország épített környezetének alakításához.

A geodézia mindig is több volt, mint földmérés. Minden út, vasút, híd, közmű, ipari beruházás vagy városfejlesztés első lépése a pontos mérés, a megbízható térbeli adatok előállítás és azok szakszerű feldolgozása. A BGTV története ezért szorosan összefonódik az ország fejlődésével. Az elmúlt 75 év során munkatársaink részt vettek Magyarország szinte valamennyi jelentős infrastruktúra-fejlesztésében, városrendezési programjában és mérnöki beruházásában.

A vállalat története egyben jól példázza a magyar geodéziai szakma fejlődését is. A klasszikus analóg földmérési módszerektől eljutottunk a műholdas helymeghatározásig, a lézerszkennelésig, a digitális térinformatikáig és a háromdimenziós adatfeldolgozásig. A technológia folyamatosan változott, de egy dolog mindvégig állandó maradt: az a szakmai igényesség és pontosság, amely a BGTV működését kezdettől fogva meghatározta.

A 75 éves jubileum különleges jelentőséggel bír azért is, mert a vállalat fennállása során Magyarország történelmének számos meghatározó korszakát élte át. Állami vállalatként részt vett az ország újjáépítésében, később sikeresen alkalmazkodott a piacgazdaság kihívásaihoz, majd a digitális korszak technológiai átalakulásához. Mindezt úgy, hogy közben megőrizte szakmai hitelességét, stabilitását és a partnerek bizalmát.

A jubileum ugyanakkor nem csupán a múltról szól. A BGTV ma is aktív szereplője a hazai geodéziai és térinformatikai piacnak. Korszerű mérési technológiákkal, innovatív adatfeldolgozási módszerekkel és több évtizedes szakmai tapasztalattal támogatja partnereit a közlekedési, energetikai, ipari és városfejlesztési beruházások megvalósításában.

A 75 év tehát nem csupán egy szám. Háromnegyed évszázadnyi tudás, tapasztalat, alkalmazkodóképesség és közös munka áll mögötte. Olyan örökség, amelyet a vállalat munkatársai generációról generációra adtak tovább, és amely ma is biztos alapot jelent a jövő kihívásaihoz.

A BGTV története egy vállalat története, de egyben annak bizonyítéka is, hogy a szakmai elkötelezettség, a folyamatos

megújulás és az értékteremtő munka hosszú távon képes maradandó értéket létrehozni.

Egy vállalat története az ország fejlődésének tükrében

Az alapoktól a meghatározó szakmai szereplővé válásig

A BGTV története egy olyan időszakban kezdődött, amikor Magyarország újjáépítése és modernizációja új alapokra helyezte a műszaki és gazdasági fejlődést. Az ország vezetése felismerte, hogy a földmérés és a térképészet nem csupán önálló szakterület, hanem minden jelentős beruházás és infrastruktúra-fejlesztés nélkülözhetetlen alapja. Ennek jegyében jött létre 1951. szeptember 1-jén a Földmérési Iroda, majd a Városmérési Iroda, amelyet a BGTV jogelődjének tekintünk (1. ábra).



1. ábra A Bp. I. ker. Iskola utcai székház épülete

A következő évtizedekben a vállalat folyamatos fejlődésen ment keresztül. Az ország gazdasági növekedésével párhuzamosan egyre összetettebb feladatokat kapott: új települések felmérése, ipari beruházások geodéziai támogatása, közlekedési infrastruktúra előkészítése, valamint a mezőgazdasági és közműfejlesztési programok térképezési munkái egyaránt meghatározták a mindennapi működést (2. ábra).



2. ábra Az 1954-től székházként funkcionáló épület azaz Anker köz 1 szám alatt

Az 1960-70-s évekre a BGTV országos szervezetté fejlődött. A budapesti központ mellett fokozatosan vidéki osztályok és irodák jöttek létre, amelyek lehetővé tették, hogy a vállalat az ország teljes területén magas szakmai színvonalon lássa el feladatait. A szervezet növekedése jól tükrözte a korszak fejlesztési igényeit: a geodézia a nagyberuházások egyik meghatározó támogató szakterületévé vált (3. ábra).



3. ábra Az 1969-től használt Bosnyák téri székház épülete

A nyolcvanas évekre a BGTV már a magyar geodézia egyik legnagyobb és legismertebb vállalata volt. Létszáma meghaladta a 2600 főt, amely nemcsak a vállalat méretét, hanem a szakma akkori társadalmi és gazdasági jelentőségét is jól mutatta. Munkatársai az ország szinte minden régiójában jelen voltak, és részt vettek a legfontosabb állami fejlesztések előkészítésében és megvalósításában.

A rendszerváltozás kihívásai

Az 1990-es évek eleje fordulópontot jelentett nemcsak Magyarország, hanem a BGTV életében is. A gazdasági környezet gyökeresen átalakult: megszűntek a korábbi állami megrendelési struktúrák, a piaci verseny pedig teljesen új működési szemléletet követelt meg.

A vállalatnak rövid idő alatt kellett alkalmazkodnia az új gazdasági feltételekhez. A korábban stabil állami megrendelések helyét fokozatosan a piaci alapú működés, a versenyeztetés és a hatékonyság vette át. Ez, szervezeti átalakulással, létszámcsökkenéssel és működési racionalizálással járt együtt, ugyanakkor lehetőséget teremtett arra is, hogy a BGTV korszerűbb, rugalmasabb vállalattá váljon.

A privatizáció hosszabb előkészítő folyamat eredményeként valósult meg. 1994-ben létrejött a részvénytársasági forma, majd 1998-tól a vállalat Geodéziai és Térképészeti Zártkörűen Működő Részvénytársaságként folytatta működését. Ez a szervezeti átalakulás nem csupán jogi változást jelentett, hanem egy új vállalati kultúra kialakulását is, amelyben a szakmai minőség mellett a piaci alkalmazkodóképesség is meghatározó szerepet kapott.

Megújulás és alkalmazkodás

A kétezres évektől kezdődően a Geodézia Zrt. ismét új kihívásokkal találta szembe magát. Az európai uniós fejlesztések, a digitalizáció térnyerése és az egyre összetettebb mérnöki beruházások új kompetenciákat követeltek meg.

A vállalat ezekre a változásokra folyamatos technológiai fejlesztésekkel, a munkatársak szakmai képzésével és korszerű mérési módszerek bevezetésével válaszolt. A hagyományos földmérési feladatok mellett egyre nagyobb hangsúlyt kaptak a nagy pontosságú mérnökgeodéziai munkák, a digitális térinformatikai rendszerek, valamint a háromdimenziós adatfeldolgozáson alapuló szolgáltatások.

A szervezeti struktúra is alkalmazkodott a piaci igényekhez. A vállalatcsoport átalakulása, az egyes regionális egységek önállósodása és az erőforrások koncentrációja mind azt a célt szolgálta, hogy a Geodézia Zrt. hosszú távon is versenyképes maradjon a hazai geodéziai piacon.

Napjainkra a Geodézia Zrt. olyan vállalattá vált, amely egyszerre őrzi több mint hét évtized szakmai örökségét, miközben a legkorszerűbb geodéziai és térinformatikai technológiák alkalmazásával vesz részt a hazai infrastruktúra-fejlesztésekben. Ez a kettősség – a hagyományok tisztelete és a folyamatos megújulás – jelenti a vállalat egyik legfontosabb értékét.



4. ábra Jelenlegi munkahelyünk Budaörsön, az Ankor utca 2. szám alatt

A geodéziától a modern térinformatikáig

A pontosság hagyománya, az innováció jövője

A geodézia az elmúlt hetvenöt év során hatalmas technológiai fejlődésen ment keresztül. Az analóg műszerekkel végzett klasszikus földméréstől eljutottunk a műholdas helymeghatározásig, a mobil térképező rendszerekig, a lézerszkennelésig és a digitális ikermodellekig. A Geodézia Zrt. története ezt a fejlődést nem csupán végig kísérte, hanem aktív szereplőként alakította is.

A vállalat mindig arra törekedett, hogy a kor legkorszerűbb mérési és adatfeldolgozási technológiáit alkalmazza, miközben megőrizte a geodézia egyik legfontosabb alapelvét: a pontosságot. Ez a szemlélet tette lehetővé, hogy a Geodézia Zrt. több generáción keresztül meghatározó szereplője maradjon a magyar földmérési és térinformatikai szakmának.

A klasszikus földmérés alapjai

A vállalat első évtizedeiben a hagyományos geodéziai feladatok jelentették a szakmai tevékenység gerincét. Az országos alaphálózatok kiépítése, a háromszögelési hálózatok létesítése, a magassági alappontok meghatározása és a pontsűrítések olyan munkák voltak, amelyek hosszú időre meghatározták Magyarország térképezési rendszerének alapjait.

A Geodézia Zrt. szakemberei részt vettek az országos geodéziai alapponthálózat fejlesztésében, valamint az ezekhez kapcsolódó fizikai pontjelek, mérőpontok és egyéb geodéziai létesítmények kialakításában is. Ezek a munkák nem csupán földmérési feladatok voltak, hanem minden későbbi beruházás alapját jelentették.

Mérnökgeodézia – amikor milliméterekben mérhető a biztonság

Az ipari fejlődéssel párhuzamosan egyre nagyobb jelentőséget kapott a mérnökgeodézia. A hidak, ipari létesítmények, közlekedési infrastruktúrák és energetikai beruházások megvalósítása olyan pontosságot követelt meg, amely messze túlmutatott a hagyományos földmérési feladatokon.

A Geodézia Zrt. számos kiemelt ipari beruházás geodéziai támogatását végezte el. Ezek közül különösen jelentős volt a szálalombattai Dunai Kőolajfinomító (DKV) több mint egy évtizeden át tartó geodéziai irányítása, amely jól példázza a vállalat szakmai felkészültségét és megbízhatóságát.

Az ilyen volumenű projektek során a geodézia már nem egyszerű mérési feladatot jelentett, hanem a kivitelezés egyik meghatározó minőségbiztosítási elemévé vált.

Városok, közművek és térképek

A Geodézia Zrt. történetének meghatározó részét jelentették a települések teljes körű felmérési munkái. Városok és községek kül- és belterületeinek újfelmérése, térképfelújítása, valamint a különböző vetületi rendszerek bevezetése során végzett munkák hosszú időn keresztül meghatározták a hazai térképezési gyakorlatot.

Kiemelkedő jelentőségűek voltak a teljes közműhálózatok felmérésére és nyilvántartására irányuló projektek is. A víz-, villamosenergia-, gáz- és távközlési hálózatok pontos térképi adatbázisai ma már természetesnek számítanak, létrejöttük azonban több évtizedes, nagy szakmai felkészültséget igénylő geodéziai munka eredménye.

A térinformatika új korszaka

A 2000-es évekre a geodézia fogalma jelentősen kibővült. A pontos mérés önmagában már nem volt elegendő; egyre nagyobb jelentőséget kapott a térbeli adatok rendszerezése, elemzése és digitális feldolgozása.

A Geodézia Zrt időben felismerte ezt a változást. A klasszikus térképezési feladatok mellett fokozatosan egyre nagyobb hangsúlyt kaptak a térinformatikai adatbázisok, a digitális nyilvántartások és a komplex GIS-rendszerek kialakítását támogató szolgáltatások.

A vállalat szakemberei számára a térinformatika nem egyszerű szoftverhasználatot jelentett, hanem olyan komplex szemléletet, amelyben a geodéziai mérésekből származó adatok a döntéshozatali támogató információvá válnak.

Lézerszkennelés – a háromdimenziós valóság

A technológiai fejlődés egyik legjelentősebb mérföldkövét a lézerszkennelési technológia megjelenése jelentette. A Geodézia Zrt. már a 2010-es évek elején megkezdte ennek a korszerű mérési módszernek az alkalmazását, felismerve, hogy a nagy pontosságú háromdimenziós adatgyűjtés a geodézia következő fejlődési irányát jelenti.

A lézerszkennelés lehetővé teszi épületek, műtárgyak, ipari létesítmények és teljes infrastruktúrák rendkívül részletes digitális leképezését. Az így létrejövő pontfelhők nemcsak dokumentálják a valós állapotot, hanem alapul szolgálnak tervezési, üzemeltetési és rekonstrukciós feladatokhoz is.

A digitális jövő felé

Napjaink geodéziája már elválaszthatatlan a digitális technológiáktól. A műholdas helymeghatározás, a drónos felmérések, a mobil térképező rendszerek, a BIM-alapú tervezés és a mesterséges intelligenciát alkalmazó adatfeldolgozás alapjaiban alakítják át a szakmát.

A Geodézia Zrt. célja, hogy a következő évtizedekben is meghatározó szereplője legyen ennek a fejlődésnek. A több mint hét évtized alatt felhalmozott szakmai tudás és tapasztalat olyan biztos alapot jelent, amelyre a legmodernebb technológiák is biztonsággal építhetők.

A vállalat számára a digitális átállás nem a hagyományos feladást jelenti, hanem azok továbbfejlesztését. A korszerű eszközök és eljárások értékét végső soron ma is ugyanaz adja, mint hetvenöt évvel ezelőtt: a pontos mérés, a megbízható adatok és a magas szintű mérnöki gondolkodás.

Emberek, akik felépítették a Geodézia Zrt.-t

Egy vállalat legnagyobb értéke mindig az ember

Egy vállalat történetét gyakran az elért eredmények, a megvalósított projektek vagy a műszaki innovációk alapján értékeljük. A Geodézia Zrt. 75 éves története azonban arra is emlékeztet bennünket, hogy minden siker mögött emberek állnak. Mérnökök, földmérők, térképészek, technikusok, informatikusok, gazdasági szakemberek és vezetők generációi dolgoztak azon, hogy a vállalat szakmai hírneve fennmaradjon és tovább erősödjön.

A geodézia különleges hivatás. A pontos méréshez nemcsak korszerű műszerekre, hanem magas szintű szakmai tudásra, felelősségtudatra és kitartásra is szükség van. Ezek azok az értékek, amelyek a Geodézia Zrt. munkatársait hét és fél évtizeden keresztül összekötötték.

Több generáció közös munkája

A vállalat fejlődése mögött mindig emberek álltak. Az alapító generáció olyan szervezetet hozott létre, amely képes volt kiszolgálni az ország újjáépítésének és fejlődésének műszaki igényeit. Az ő munkájukra építettek azok a szakemberek, akik később az országos földmérési, térképezési és mérnökgeodéziai feladatok meghatározó szereplőivé váltak.

Az évtizedek során a Geodézia Zrt.-nél felhalmozott tudás folyamatosan öröklődött. A fiatal mérnökök a tapasztalt kollégáktól tanulták meg nemcsak a szakma technikai fogásait, hanem azt a szemléletet is, amely szerint a geodézia mindenekelőtt felelősség. Egyetlen mérés sem önmagáért készül; minden adat egy későbbi beruházás, döntés vagy fejlesztés alapját képezi.

Ez a tudásátadás tette lehetővé, hogy a vállalat a technológiai változások közepette is megőrizze szakmai színvonalát.

Vezetők, akik irányt mutattak

A Geodézia Zrt. története során több kiváló vezető formálta a vállalat fejlődését. Az első években **Siklós Ferenc**, **Homoródi Lajos**, **Szentiványi György**, **Krauth Sándor** és **Raum Frigyes** irányították a jogelőd szervezetet, megalapozva annak szakmai működését. 1959 és 1977 között **Tóth Lajos** vezetése alatt a vállalat országos jelentőségű szervezetté fejlődött, amely meghatározó szerepet vállalt Magyarország geodéziai feladatainak ellátásában.

Őt **Gebry János** követte, majd 1988 és 2014 között **Bíró Gyula** vezérigazgatóként már egy teljesen más gazdasági környezetben vezette a vállalatot. A rendszerváltozás, a privatizáció és a piacgazdaság kihívásai olyan időszakot jelentettek, amelyben a szakmai stabilitás megőrzése kiemelkedő vezetői feladat volt.

2014-ben **Brunnbauer Ottó** vette át a vállalat irányítását, aki a szervezeti megújulás és a technológiai korszerűsítés időszakában vezette a Geodézia Zrt.-t. 2018 óta **Farkas Bálint** vezérigazgató irányításával a vállalat tovább erősíti pozícióját a hazai geodéziai és térinformatikai piacon, miközben a digitális technológiák, a

3D adatgyűjtés és az innovatív mérési megoldások alkalmazására helyezi a hangsúlyt.

A szakmai műhely meghatározó alakjai

Egy geodéziai vállalat sikerét nem kizárólag az első számú vezetők, hanem a szakmai irányítók munkája is meghatározza. A BGTV történetében meghatározó szerepet töltöttek be a főmérnökök és műszaki vezetők, akik évtizedeken keresztül biztosították a vállalat magas szakmai színvonalát.

Közülük külön is kiemelkedik **Raum Frigyes**, aki nemcsak az alapítás időszakában vállalt meghatározó szerepet, hanem évtizedeken keresztül főmérnökként irányította a vállalat műszaki munkáját. Nyugdíjazását követően is aktív kapcsolatban maradt a BGTV-vel, szakmai tanácsaival segítette a fiatalabb generációkat, számos szakcikket publikált, valamint megírta a geodézia és a BGTV történetét feldolgozó kéziratait. Személye a szakmai alázat, a tudás átadásának és a közösség iránti elkötelezettségnek ma is példája.

A vállalat műszaki fejlődésében jelentős szerepet játszottak **Hegyí Gyula**, **Kovács Béla**, **Gross Miklós**, **Ponicsán Gábor**, **Farkas Imre**, valamint **Csörgöcs Péter** is, akik különböző korszakokban főmérnökként vagy műszaki vezetőként járultak hozzá a BGTV szakmai tekintélyének megerősítéséhez. Napjainkban ezt a feladatot **Horváth Dénes** stratégiai igazgató látja el, folytatva azt a szakmai hagyományt, amely a vállalat fennállása óta meghatározza működését.

A vállalat működésének stabilitásában meghatározó szerepet töltöttek be a gazdasági vezetők is, akik biztosították a cég kiegyensúlyozott gazdálkodását és folyamatos működését. Munkájuk eredményét jól jelzi, hogy a vállalat fennállásának 75 éve alatt a munkatársak minden hónapban, késedelem nélkül megkapták munkabérüket. A gazdasági terület meghatározó vezetői voltak **Németi Ferenc**, **Selmeci Ferenc**, 1977-től **Kiss Iván**, majd rövid ideig **Mitterer Gábor** és ifj. **Antal József**, végül 1992-től **Marjay Gyula**. 2010-től **Bíró Gyula** olyan vezetési rendszert alakított ki, amelyben a vezérigazgatók a gazdasági döntések meghozatalában is közvetlen szerepet vállaltak, ez a működési modell napjainkban is meghatározza a vállalat irányítását.

Táblázat 1. A BGTC felsővezetése

Időszak	Felsővezetők
1951–1959	Siklós Ferenc, Homoródi Lajos, Szentiványi György, Krauth Sándor, Raum Frigyes
1959–1977	Tóth Lajos
1977–1988	Gebry János
1988–2014	Bíró Gyula
2014–2018	Brunnbauer Ottó
2018-	Farkas Bálint

A jubileum alkalmával különös tisztelettel emlékezünk mindazokra, akik a vállalat megalapításában és kezdeti

felépítésében részt vettek (Táblázat 1). Megható tény, hogy az alapító tagok közül már senki sem él.

Egy közösség, amely összetartott

A Geodézia Zrt. mindig több volt egyszerű munkahelynél. A vállalat életében a szakmai feladatok mellett fontos szerepet játszott a közösségépítés is. A vállalati sportkör, a szakmai rendezvények, a közös programok és a belső kiadványok mind azt szolgálták, hogy a munkatársak ne csupán kollégák, hanem egy összetartó szakmai közösség tagjai legyenek.

Az egykori vállalati újságok (FÖLDMÉRŐ) ma már kordokumentumok. Nemcsak szakmai eredményekről számoltak be, hanem megörökítették a vállalat mindennapjait, sikereit és közösségi életét is. Ezek az emlékek jól mutatják, hogy a Geodézia Zrt. történetét nem kizárólag projektek és beruházások, hanem emberi kapcsolatok, közös élmények és generációkon átívelő szakmai együttműködések formálták.

Örökség és felelősség

A jubileum alkalmat ad arra, hogy tisztelettel emlékezzünk mindazokra, akik munkájukkal hozzájárultak a Geodézia Zrt. fejlődéséhez. Azokra is, akik már nincsenek közöttünk, és azokra is, akik ma is aktívan formálják a vállalat jelenét.

A 75 év során felhalmozott tudás, tapasztalat és szakmai kultúra olyan örökség, amely egyszerre jelent büszkeséget és felelősséget. Büszkeséget azért, mert kevés hazai műszaki vállalat rendelkezik ilyen múlttal; felelősséget pedig azért, mert ezt az örökséget tovább kell adni a következő generációknak.

A Geodézia Zrt. történetét végső soron nem az épületek, a műszerek vagy a dokumentumok írták meg, hanem azok az emberek, akik hittek a szakmájukban, és akik nap mint nap a pontosság, a megbízhatóság és a minőség iránti elkötelezettséggel végezték munkájukat. Ez a szemlélet jelenti a vállalat valódi értékét, immár hetvenöt éve.

A jubileumi év méltó lezárásaként a vállalat 2026-ban ünnepi megemlékezést szervez, amelyre szeretettel várja a Geodézia Zrt. nyugdíjas és aktív munkatársait, valamint a vállalat történetéhez kötődő meghívott vendégeket. Az esemény célja, hogy közösen idézzük fel a múlt meghatározó pillanatait, tisztelegjünk elődjeink munkássága előtt, és együtt ünnepeljük a vállalat 75 éves történetét.

Csabányi Lajos és Farkas Bálint

Geodézia Zrt.

Hírek

Koszorúzás Hazay István szobránál

2026. március 23-án a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oltay termében rendezte meg a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság a „Földmérők Világnapja” című konferenciáját (lásd az összefoglalót a Rendezvények rovatunkban).

A konferencia részeként „Az Év Magyar Földmérőjéről” is megemlékeztek: ebben az évben Dr. Hazay István Kossuth-díjas geodétáról, egyetemi tanárról, az ÉKME rektoráról, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagjáról.

Hazay István 1901. április 15-én született Budapesten. Neve egybeforrt a XX. századi magyar földméréssel, annak gyakorlatával, elméleti kérdéseivel, felsőoktatásával. Egész évszázadot átívelő munkássága felöleli e tudományág szinte minden területét, kezdve az alapokat jelentő csillagászati helymeghatározástól, a vetülettanon, a kiegyenlítő-számításon át egészen a kataszteri térképezésig. Tevékenysége a kataszterre, a földmérés oktatására a mai napig is nagy hatással van. Életútjáról, munkásságáról a konferencián Dr. Busics György az Óbudai Egyetem Alba Regia Kar címzetes egyetemi tanára tartott előadást „Hazay István a szakember, a tanár, a tudós” címmel. Prezentációjának utolsó diáján idézte Hazay István sorait, amit főnöke, Dr. Tátray István, az Állami Földmérés vezetője elhunytakor írt 1939-ben megjelent nekrológijában:



„...nemcsak a főnöknek kijáró köteles tiszteletből fakadó kegyelettel emlékezünk meg róla, hanem emlékezünk azzal a szeretetteljes tisztelettel, amely önkéntelenül is megfogamzik a szívben az emberi jótulajdonságok: szerénység, jóindulat, a szellemi fölény, a tudás, megértés és vezetésre termettség által társai közül kiemelkedő ember iránt...”



„...mint az Állami Földmérés vezetője, minden feljebbvalójának megnyerte elismerését, bizalmát, megértő szívével igazságosságával pedig minden alárendeltjének hálás szeretetét érdemelte ki. Tudását, tapasztalatát igyekezett továbbadni kartársainak, és segítségére, támogatására sietett mindenkinek, aki hajlamot mutatott a tudományos munkálkodásra.”

Ezek a sorok pontosan illenek Hazay Istvánra is, aki Tátray István halála után lett az Állami Földmérés vezetője egészen 1949-ig, majd a fordulat éve után minden erejét a

földmérőmérnök-képzés és a geodézia tudomány előrevitelének szentelte.

A rövid tisztelegésen a konferencia résztvevői Dr. Toronyi Bence MFTTT alelnök vezetésével a BME kertjében megkoszorúzták Dr. Hazay István szobrát. A professzor úr szobrát születésének 100. évfordulója tiszteletére, 2001-ben avatták fel.

Pálosi Imre

Rendezvények

Beszámoló az MFTTT Topográfia és Térinformatika Szakosztályok üléséről

Budapest, 2026. május 5

A 2026. május 5-én került megrendezésre az MFTTT Topográfia és Térinformatika szakosztályai által szervezett „A topográfia korszerű megoldásai és fejlesztési irányai” előadás sorozatának újabb ülése, melynek a szokásoknak megfelelően a BME Fotogrammetria és Térinformatika tanszék adott otthont. Az ülésen a korábbi alkalmakhoz hasonlóan, ismét két előadást hallgathattak meg a jelenlévők, majd ezt követően a szokásos kötetlen szakmai beszélgetésre került sor. Az ülés előadói, **Bige Zoltán Gyula** és **Pálosi Imre** voltak, akik a Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft. Alaphálózati és Államhatárügyi osztályáról érkeztek. Habár az előadások témakörei alapvetően a geodéziához, felsőgeodéziához tartoznak, szakosztályunk szívesen látta és a jelenlévők is nagy figyelemmel hallgatták az előadókat.

Bige Zoltán alaphálózati szakfelügyelő előadásának címe „A Magyarországi kéregmozgási szintezési hálózat” volt. A prezentációban többek között bemutatásra került a hazai és nemzetközi környezet, amely annak idején biztosította a függőleges irányú kéregmozgások kutatásának megszervezését.

Az előadó ismertette a hazai kutatásokat, a kéregmozgások kimutatását az előző hálózatok mérései alapján az 1960-1972



időszakból, majd az új kéregmozgási hálózat kialakítása (1973-1979) került szóba. Ezt követte az egységes országos magassági hálózat létesítésének ismertetése (1979-2006), majd a kéregmozgási hálózat 3 poligonjának az újramérésének bemutatása (2007-2009). Végül néhány gondolatot hallhattunk az országos szintezési hálózatok jövőjével kapcsolatban is.

Pálosi Imre szakfelügyelő előadása „Az EOMA főalappontjai” címet kapta. Elsőként szóba került az EOMA rendszer és annak történelme: a Monarchia korabeli, a Gárdonyi- és Bende-féle hálózatok. Ezután a hálózat kialakításának egyes fázisait ismerhettük meg. A jelen állapotok bemutatása mellett a főalappontok típusait, azok karbantartásával kapcsolatos, a Lechner Tudásközpont által végrehajtott munkákat is bemutatta az előadó. Végül az EOMA 0000002-1 Budapest főalappontról tudhattunk meg több érdekességet.



Sajógalgóc



Baksipart



Az ülésen több, mint 20 fő vett részt, köztük a Lechner Nonprofit Kft., a HM Zrínyi Nonprofit Kft munkatársai, BME-s kollégák és a térinformatika oktatásban részt vevő egyetemi hallgatók is.

Az előadást követő kötetlen beszélgetés során az előadók válaszoltak a résztvevők kérdéseire, megjegyzéseire. Előkerültek értékes régi térképek, amik nagy érdeklődésre tartottak számot a hallgatóság részéről is. Köszönjük az előadóknak az értékes beszámolókat. Várjuk az érdeklődőket a soron következő őszi ülésünkre, melyről a későbbiekben küldünk tájékoztatást.

Juhász Attila

Földmérők Világnapja, 2026

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem K épületének Oltay termében a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság 2026. március 23-án ismét egy nagy érdeklődéssel kísért előadásorozatot szervezett. A „Földmérők Világnapja” című konferencia célja, hogy népszerűsítse és a szélesebb közönséggel is megismertesse a földmérő, térképész, térinformatikus és távérzékelési szakma fontosságát, bemutassa múltját és az új technológiákat.

A rendezvény kiemelt részeként a Társaság „Az Év Magyar Földmérőjeként” **Hazay István**ról emlékezett meg.



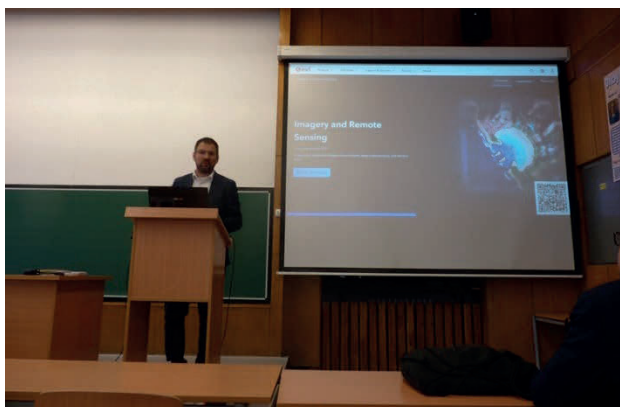
Az MFTTT alelnökének, **Toronyi Bencének** megnyitóját követően **Busics György** címzetes egyetemi tanár (ÓE Alba Regia Kar) előadását hallgathattuk meg, „Hazay István, a szakember, a tudós, a tanár” címmel. Arcanum-(ADT) dokumentumok alapján ismertette **Hazay István** életútját, segédmérnöki kinevezésétől kezdve oktatói munkáján, a Kossuth díjon átítelve a Magyar Tudományos Akadémiai tagságig, illetve a posztumusz díszpolgári cím adományozásáig. A bemutatást színesítette Hazay István professzor úrral kapcsolatos személyes találkozásai.



Második előadásként **Völgyesi Lajos** professzor úr (BME) előadását élvezhettük: „Négydimenziós tér-idő-geodézia” címmel. A már megszokott, humoros stílusban egy kis geofizikai tudásfrissítés után alapfokú relativitáselméleti oktatásban is részesülhettünk.



Az első szekció harmadik előadását **Pongrácz Dániel** doktorandusz tartotta, „A Kárpát-medencét lefedő szabadlevegő-anomália rács javítása szabadon elérhető adatok alapján” címmel.



Az előadás után a hallgatóság részt vett **Hazay István** szobrának koszorúzásán (külön írásunk a Hírek rovatban).



A következő szekcióban az adatok, téradatok kerültek előtérbe. Négy előadást élvezhettek a résztvevők:

Hülber Attila (LTK ügyvezető): Téradat stratégia; **Vízhányó József** (GDI Hungary Kft.): Fotogrammetria és képfeldolgozás az ArcGIS platformon; **Balogh Árpád** doktorandusz (BME): Téradat, mint közös nyelv: a földmérés és térinformatika jelentősége a digitális régészetben; **Enyedi Péter** (Envirosense Hungary Kft.): Adatból érték: intelligens téradat alapú megoldások az Envirosense műhelyéből.



Az ebédszünet utáni két előadást ismét érdeklődéssel hallgathattuk. **Kerkovits Krisztián** (ELTE) Magyarország Csebisev-vetületének közelítése című előadása után **Mikesy Gábor** (LTK) Helynevek a kataszterben címmel tartotta meg előadását.



Az utolsó szekcióban először a következő generáció szakembereinek képzése során felmerülő kérdésekről, problémákról, követelményekről kaptunk információt **Kutassy Emese** mestertanár (NKE VTK) „Geodézia a vízügyi ágazatban: oktatás és utánpótlás – mit kell tudnia a jövő geodétájának?” című előadásából. Ezután **Kovács Iván** (LTK) a méltán népszerű helyrajzszám-keresőt mutatta be. A következő előadást **Nagy Gábortól** (ÓE Alba Regia Kar) élvezhettük: Python és NumPy használata kiegyenlítő számítási feladatokra.



Végezetül **Mrsán Tamás** (LTK) Épületfelmérési feladatok a Lechner Nonprofit Kft.-ben című prezentációjából betekintést nyerhettünk az OPNI felmérési munkáinak részleteibe.

További információ, leírás található a Lechner Tudásközpont alábbi honlapján: <https://lechnerkozpont.hu/cikk/foldmerok-vilagnapja-2026>

A szervezőknek és előadóknak köszönhetően ezen a napon is sok érdekes és lebilincselő előadást élvezhettünk. Köszönet illeti őket.

Pálosi Imre



Rendezvények -beharangozó

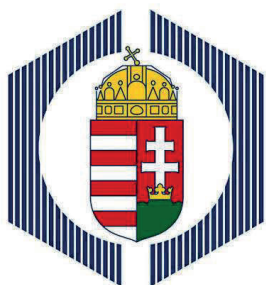
XII. Mérnökgeodézia Konferencia

Budapest, 2026. november 16

2026. november 16-án rendezi meg idén a Magyar Mérnöki Kamara Geodéziai és Geoinformatikai Tagozata, a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszéke, valamint a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara a XII. Mérnökgeodézia Konferenciát. A rendezvényre minden érdeklődőt szeretettel várunk! További részletek és regisztráció:

<https://ggt.hu/2142-mernokgeodezia-konferencia-2026>

Siki Zoltán



Nemzetközi Téradat-konferencia 2026

Budapest, 2026. november 8

A Lechner Tudásközpont szervezésében október 8-án a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem ad otthont a Nemzetközi Téradat-konferencia 2026 rendezvénynek, amely európai és hazai szakpolitikai, kormányzati, tudományos és piaci szereplők számára biztosít közös fórumot a Nemzeti Téradat-ökoszisztéma megalapozásához, a szemléletváltás, a tudásmegosztás és a partnerség erősítéséhez.

A téradatok a mindennapi életünk szerves részei, még ha nem is tudunk róla, hiszen számtalan digitális szolgáltatás,

közigazgatási folyamat és gazdasági döntés alapját jelentik. Ahhoz, hogy valóban kiaknázható legyen a bennük rejlő potenciál, nem elegendő a jó minőségű adatok rendelkezésre állása: összehangolt szakmai együttműködésre, közös irányelvekre, új szemléletre és megfelelő intézményi háttérre is szükség van.

Ezt az új szemléletet testesíti meg a Nemzeti Téradat-ökoszisztéma (NTÖ) kialakításának víziója, amely a nemzeti téradat-infrastruktúra feltételrendszerét célozza meg. Az NTÖ több mint egy közös adatplatform. Olyan országos együttműködési keretrendszer, amelyben a téradatokkal foglalkozó állami, piaci, oktatási és szakmai szereplők együtt gondolkodnak annak érdekében, hogy a téradatok, valamint a levezetett információk minél szélesebb körben váljanak elérhetővé, megoszthatóvá és hasznosíthatóvá.

A Lechner Tudásközpont Téradat-stratégiájában (TAS) szereplő partnerség és kezdeményezés a prioritások között szerepelnek. Ennek mentén a nemzeti szintű stratégiaalkotás kezdő lépése az első hazai NTÖ-célú konferencia megszervezése. A Lechner kezdeményező szerepet vállal a hazai téradat-ökoszisztéma kialakításában, ösztönzi az ágazatok közötti együttműködést, valamint elősegíti a nyílt adatpolitikai szemlélet és az innovatív téradatszolgáltatások elterjedését. A Lechner célja, hogy a téradatokból minél nagyobb társadalmi és gazdasági érték szülessen, közben javuljon az adatok minősége és hozzáférhetősége, csökkenjenek a párhuzamos adat-előállítások, és erősödjön a hazai téradat-közösség együttműködése.

A konferencia délelőtti, magyar nyelvű szekciója elsősorban a hazai stratégiai irányokra és együttműködési lehetőségekre fókuszál, míg a délutáni, angol nyelvű programban külföldi előadók mutatják be a téradat-ökoszisztémák fejlesztésének európai tapasztalatait és jó gyakorlatait.

A konferencia helyszíne a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem K épületének Dísztereme. A részvétel ingyenes, de előzetes regisztrációhoz kötött.

Lechner Tudásközpont

Nekrológ



Kolesár András László

(1974-2026)

Kolesár András 1974. április 22-én született Budapesten. Gyermekkorát Pasaréten, a II. kerületben töltötte, szülei első gyermekeként és nagyszülei első unokájaként. Általános iskolai tanulmányait a Filler utcai iskolában végezte, majd édesapja nyomdokain haladva a Budapesti Piarista Gimnáziumban folytatta, ahol már fiatalon megmutatkozott az informatika iránti kíváncsisága és tehetsége.

Érettségi után a Semmelweis Orvostudományi Egyetemre nyert felvételt, de érdeklődése fokozatosan a számítástechnika és a térinformatika irányába vezetett. Tanulmányait végül a Budapesti Műszaki Egyetem földmérő és térinformatikus szakán folytatta, ahol 1996 és 2002 között tanult.

A zugligeti templom közösségében talált otthonra, ahol a taizéi imaalkalmak és az ott megélt közösségi élmények meghatározó hatással voltak rá. András és Nóra külön-külön indulva, de közös autóbusszon jutottak el Taize-be imádkozni, dolgozni egy hétre. Itt indult el az az út is, amely végül feleségéhez vezetett. Egyetemi évei alatt, 1998-ban kötött házasságot Nórával. Közös életükben mindvégig meghatározó lelki támaszuk volt Kozma Imre atya. 2001-2009 között Pálferi atya beszédeinek, tanításainak szorgalmas felvevője, másolója, terjesztője és a palferi.hu honlap létrehozója.

Mindennapjait a család, a munka és a közösség iránti elkötelezettség egyége határozta meg.

Szakmai pályáját fejlesztőként kezdte, majd a térinformatika és a közösségi alapú digitális rendszerek területén vált meghatározó alkotóvá.

Dolgozott többek között a Budapesti Fesztiválközpontnál és a távközlési szektorban, később a kulturális örökségvédelem és az állami térinformatikai fejlesztések területén is. A Kulturális és Örökségvédelmi Hivatalban, majd a Földmérési és Távérzékelési Intézetben szerzett tapasztalatait a Lechner Tudásközpont vezető térinformatikai fejlesztőjeként teljesítette ki, ahol tudását és tapasztalatát nem kímélve, mindig a legmagasabb szakmai színvonal elérésére törekedve dolgozott.

Szenvedélyes híve volt a nyílt forráskódú fejlesztésnek és a közösségi térképezésnek, az OpenStreetMap hazai közösségének is meghatározó alakja volt.

A magyar geocaching egyik legfontosabb alapítója és építője volt. 2001-től közel egy évtizeden át rendkívüli szorgalommal, alázattal és kimagasló szakértelemmel dolgozott azon, hogy egy közösség megszülessen és megerősödjön. A geocaching.hu és a turistaautak.hu rendszereinek alapjait gyakorlatilag egyedül hozta létre. Az általa megalkotott szoftverek és struktúrák mind a mai napig szolgálják a felhasználókat csendben, megbízhatóan, ahogyan ő maga is dolgozott.

A műemlékem.hu létrejötte szintén elképzelhetetlen lett volna nélküle. Nemcsak programozóként, hanem rendszerező gondolkodóként is kulcsszerepet játszott abban, hogy egy ötlet működő, élő platformmá váljon. Az általa létrehozott adatbázis nem csupán információt gyűjtött, hanem új szemléletet is adott. A műemlékek nem statikus elemek, hanem felfedezhető, dokumentálható és közösség által megőrizhető értékek.

Munkássága jelentős hatással volt a hazai kulturális örökségvédelem digitális fejlődésére. Közreműködésével a sokszor hiányos vagy nehezen hozzáférhető műemléki nyilvántartások korszerű, térképi alapú rendszerbe kerültek, amelyek lehetővé tették a szélesebb közönség bevonását is.

Akik személyesen ismerték, nemcsak szakmai kiválóságára emlékeznek. Egyik társa szavaival élve: ritka volt az a könnyedség, amellyel olyan problémákat oldott meg, amelyekhez mások hozzá sem tudtak kezdeni. Magabiztossága nem hivalkodó volt, hanem természetes, mintha a legnehezebb feladatok is egyszerűek lennének számára.

Ugyanakkor emberileg is példát adott, családapaként, barátként, beszélgetőtársaként. András olyan ember volt, aki alkotott, rendszereket épített, gyakran a háttérben maradva. Hatása azonban mély és tartós, ott van minden lekért térképadatban, minden megtalált geoládában, minden feltöltött műemlékfotóban, és minden olyan kezdeményezésben, amely a közös értékeink megőrzését szolgálja.

Mindaz, amit létrehozott, tovább él és vele együtt ő maga is, azokban a rendszerekben, közösségekben és emlékekben, amelyeket ránk hagyott!

Nyugodjék békében!

A Család

Nekrológ



Már Miklós

(1949-2026)

Mély megrendüléssel búcsúztunk Már Miklóstól, aki 2026. január 3-án életének 77. évében távozott közülünk. Személyében nem csupán a hazai földmérő szakma egy sokoldalú, nagy tapasztalatú kollégánkat veszítettük el, hanem egy rendkívüli embert, mindenki által kedvelt egykori tankörtársat és igaz barátot. Az alábbi sorokkal előtte tisztelgünk – felidézve gazdag életútját, a Budapesti Műszaki Egyetemen gyökerező, életre szóló emberi kapcsolatokat és a családjával ápolt bensőséges viszonyt.

Miklós 1949. június 18-án született Szegeden, ahonnan pedagógus szüleivel, Ida nénivel és Feri bácsival, Budapestre, Kelenvölgybe költöztek. Itt járta ki az általános iskolát 1955 és 1963 között a Kelenvölgyi Általános Iskolában. Ez követően a József Attila Gimnáziumban tanult, és szerezte meg az érettségi oklevelet 1967-ben.

Életének egyik legmeghatározóbb fejezete 1969-ben kezdődött, amikor felvételt nyert a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Építőmérnöki Karának földmérnöki szakára. Az egyetemi évek alatt a közös szakmai kihívások, a terepgyakorlatok és a vizsgákra való felkészülés egy életre szóló közösséget kovácsoltak. Kapcsolatunk jóval túlmutatott a klasszikus tankörtársi viszonyon: igazi, mély barátsággá érett. Ebben az időszakban nemcsak Miklóssal, hanem szüleivel is szoros,

bensőséges kapcsolat alakult ki; e sorok írója gyakran vendégeskedett Kelenvölgyben és Balatonfüzfői nyaralójukban.

Tanulmányait sikeresen zárva, 1974-ben szerezte meg okleveles építőmérnöki és földmérő mérnöki diplomáját. Személyes élmény, hogy a hasonló témájú diplomatervünket is Kelenvölgyben, egymást segítve készítettük.

Diplomázása után Miklós gyorsan bizonyította szakmai rátermettségét. Pályája első felében a korszak jelentős tervező intézeteinél dolgozott, egészen a rendszerváltásig:

- Agrober (Mezőgazdasági Tervező és Beruházási Vállalat) — mérnökeként nagyszabású mező- és vízgazdálkodási beruházások földmérési feladatait végezte és irányította.
- ÉLTI (Élelmezéssipari Tervező Intézet) kötelékében a precíziós mérnökgeodézia és felmérések terén végzett felelősségteljes munkát. Rendkívüli munkabírási és szakmai intelligenciájának köszönhetően tevékenységét külföldön is magas szinten elismerték; embert próbáló, komoly szakmai kihívást jelentő nemzetközi projektekben vett részt, többek között Iránban és Líbiában, nem utolsósorban kamatoztatva felsőfokú angol nyelvtudását.

Magánélete és hivatása csodálatos módon fonódott össze a nemzetközi kultúrával. Suzuki Keikóval évekig tartó levelezés után 1975-ben házasodtak össze. Keiko a neves japán világvállalat, a Marubeni budapesti képviseleténél dolgozott. A család – két fiúgyermekkel, Andrással és Miklóssal bővülve – rendszeresen látogatott Japánba, ahol Miklós egy éven át egy teljesen más szakmai területen is sikeresen helytállt, bizonyítva adaptációs készségét.

A rendszerváltást követően, a hazai gazdasági struktúra átalakulásakor, Miklós megalapította saját betéti társaságát. Magánmérnökként a földmérő szakma legkülönbözőbb területein tevékenykedett. Legyen szó kataszteri mérésekről, mérnökgeodéziai tervezésről, társasház-alapítási felmérésekről vagy beruházások támogatásáról, precizitása és korrektsége által keresett mérnök volt a szakmában.

Már Miklós távozásával a geodéta társadalom egy sokoldalú, elhivatott mérnököt veszített el. Számunkra azonban a hiánya sokkal személyesebb: egykori tankörtárs, hűséges barát emlékét őrizzük szívünkben.

Nyugodjék békében!

Kispál Dezső

(a Család, a volt tankörtársak és barátok nevében)

Műszerismertetés

Stonex X200GO kézi mobil térképező rendszer

Sosem rejtettem véka alá, hogy féltem szakágunkat a kézi mobil térképező rendszerek túlságosan nagy léptékű piaci felfutásától. Több fórumon és publikációban is elmondtam, leírtam (lásd pl <https://gpstakarok2.wixsite.com/gpstakarok2023/post/a-kis-és-középkategóriás-slam-ekről>), hogy az – egyébként műszakilag lenyűgöző – árban és megbízhatóságban széles spektrumon mozgó technológia számos veszélyt rejtegethet a geodézia számára. Nem megfelelő használatával kiengedhetjük kezeink közül az egyetlen megmaradt adunkat, a tényleges, ellenőrizhető és megismételhető pontosságot és az általunk előállított eredménytermékek minőségtanúsított dokumentálhatóságát.



Ehhez persze az kell, hogy ismerjük és értsük is, mit mire szabad használni és ne hangozzon el „szakember” szájából olyan, hogy „van kisebb pontosságigényű tervezési alaptérkép is”. Vagy ne az legyen az elv, hogy mérőállomást már nem viszünk ki terepre, hiszen az RTK GNSS-szel úgyis minden megmérhető, tervezéshez, megvalósuláshoz egyaránt.

A fentiek alapján nagy várakozással tekintettem a Stonex X200GO kézi SLAM teszt elé, hiszen előzetes reményeim szerint ez az eszköz már ténylegesen geodéziai kategóriát képvisel, emellett számos olyan funkció szerepel műszaki specifikációjában, amit szerettem volna saját szememmel látni, első kézből kipróbálni.

A tesztalany a szokásos kisméretű, keményfalú hordládában érkezett, amibe a gyártó ügyesen zsúfolta be a szkennert

egységet, a két marok akkumulátort, talplemezt, kábeleket, töltőket, egyebeket.

Az alapsomag része egy könnyű multi-frekvenciás és -konstellációs GNSS antenna, amit – ha a feladat megkívánja – egy sinszerű konzolba csúsztatva rögzíthetünk a szkennert hátulján.

Szintén sínre csúsztatva rögzíthető a nyélakku a központi egységhez. Ehhez kapcsolódik fűles csavarral a háromágú talplemez, melynek első tagján lévő furat szolgál kontrolpontok bemérésére.

Az alapsomagban két, USB-C konnektoron keresztül tölthető, 3 000 mAh-s telepet kapunk, melyek egyenként kb. másfél órát képesek dolgozni. A töltöttséget gombnyomásra LED soron ellenőrizhetjük az oldalukon.

A szkennert központi egysége 512 GB-os belső SSD-vel rendelkezik, azaz nincs külső válltáskás - kábeles adatátviteli -telep.

A korpusz két oldalán két 12 Mpx-es kamera szolgál a pontfelhők RGB (valódi színes) színezésére. Hátoldalán két USB-C és egy LEMO kimenet található. Az előbbiből az egyik az adatkiolvasásra való.

Kifejezetten kényelmes és jó logisztikai megoldás, hogy az irodai adatátvitel nem igényli, hogy csatlakoztatva legyen a nyélakku. A számítógépünk kábeles kapcsolatkor egyszerű külső meghajtónak látja a központi egységet.

Mivel a gyártói adatok publikusak, kicsit utánanéztam a forgó szkennert szenzornak!

Gyártója a 2014-ben alakult kínai HESAI LiDAR. Maga az X200GO-nál alkalmazott érzékelő pedig a Hesai XT32M2X. Elnevezésében a 32-es szám a letapogató csatornák számára utal. A szkennelés sebessége a mérési mód kiválasztása szerint 640 000 pt/mp (egyszeres „visszaverődés”) és 1 920 000 pt/mp (háromszoros „visszaverődés”) között változtatható.





Tehát ez a SLAM képes a teljes hullámforma analízisre. A mérés megkezdése előtt ugyanis lehetőségünk van konfigurálni, hogy a műszer az utolsó, a legerősebb, az első, vagy mindhárom „visszhangját” rögzítse lézerpulzus teljes alakjából.

Az ilyen szkennerekre szokás mondani, hogy „belátnak a növényzet mögé”.

A szkennerek maximális hatótávolsága 300 méter. Ez, illetve a fent említett nagy sebessége, valamint a teljes hullámforma analízis képessége lehetővé teszi a szkenneregység gyorsabb hordozóra, pl. drónra való rögzítését is.

A dinamikus, mozgó szkennelés mellett az X200GO képes az X-Whizz észlelési módra is, azaz stabilan megállítva állószkennelést végez. Ezt többször próbáltam, de őszintén szólva mozgás közben is kiváló minőségű és sűrűségű pontfelhőt készített, nagy különbséget nem láttam a két módszer eredménytermékei között.

A mérőrendszert tudjuk vezérelni csupán a bekapcsoló gombbal, de természetesen, egy Android operációs rendszerű okos eszközzel egyszerűbb és hatékonyabb.

A GoApp telepítését követően telefonunkon be kell kapcsolni a Hot spot-ot, valamint Bluetooth-on keresztül kell csatlakozni az eszközhöz az alkalmazásban. Ha RTK GNSS-t is szeretnénk használni észlelés közben, a valós idejű korrekció szolgáltatást is itt kell konfigurálni. Én tesztekhez ezúttal is a CORRIGO szolgáltatót alkalmaztam.

Kritikaként kell megfogalmaznom, hogy noha a program felkínálja az automatikus csatlakozást a kiszolgálóhoz, ha manuálisan nem indítottam el a korrekció letöltést, a pozíció megoldása végig single (önálló) maradt.

Az észlelés itt is egy rövid, kb. fél perces szkennerek inicializálással indul, mely közben az eszközt mozdulatlanul kell tartani. Ha a szkennerek érzékeli, hogy van rajta GNSS, rákérdez, akarjuk-e használni. Ezt követően indulhat is a séta!

A teljes mérőrendszer össztömege eléri a 2 kg-ot, aminek hordozását 10-15 percen belül megéreztam a karomban. Mérés közben a telefon kijelzőjén megjelenik a pontfelhő akár RGB

valós színezéssel is és a benne bejárt útvonalunk. 2D, vagy 3D-ben is szemlélhetjük, forgathatjuk, barangolhatjuk.

A projekt leállítását követően történik egy gyors előfeldolgozás, mely alatt nem szabad kikapcsolni a szkennert. Ez egy 5-7 perces terepi mérés esetén kb. 28-32 másodpercet vesz igénybe.

Ezután indíthatunk újabb projektet, vagy kiléphetünk. Az előbbinél ugyanazon projektkönyvtár alá rendeződik több munkaterületünk.

Az elkészült pontfelhők valóban gyönyörűek.



Persze, ez manapság bármelyik SLAM-ből származó elmondható. Ügyes algoritmusok vékonyítják el az eredményterméket. Kérdés milyen szórásból hová számolni regressziót.

Éppen ezért a vizuális ellenőrzés mellett konkrét megerősítésre van szükség!

Néhány nap alatt négy egymással át- és egy át nem fedő teszterületet szkenneltem, mértem be rajtuk illesztőpontokat (aszfalt felfestések, aknafedlap középpontok, stb.) FORGEO PULI GNSS vevővel, hogy vizsgáljam a pontfelhők geometriai megfelelőségét.

A kiolvasott eredmények előfeldolgozása a GoPost irodai szoftverben valósult meg.

Ha történt RTK GNSS észlelés, itt módunk van beállítani Dátumot, vetítést és geoid modellel.

Sajnos, a tesztelés időpontjában a szoftverben csak elnagyolt (EPSG-kódos) WGS-EOV transzformációs megoldás létezett. Így egységesen 24-25 cm-es, magasságilag pedig több tíz

méteres eltolást tapasztaltam a pontfelhőben kijelölt és a GNSS-szel külön bemért és átzonosított illesztőpontok koordinátái között.

Így a tényleges eltérés kimutatásra más megoldást kellett kitalálnom.

Ez pedig az illesztőpontok távolságának vizsgálata lett. A PULI-val bemért pontokat átzonosítottam a pontfelhőben és távolságokat számoltam közöttük.

Kiemelném, hogy a legnagyobb távolságban, azaz több, mint 200 méteres hosszban az eltérés mindössze 17 mm volt!

Az eredményeket táblázatba rendeztem.

Stonex X200GO pontfelhőből származó pontok								FORGÓ PULI-ból származó pontok								Eltérés	
PSZ	Y _{kor}	X _{kor}	M _{kor}	ΔY	ΔX	Δmag	Táv	PSZ	Y _{kor}	X _{kor}	M _{kor}	ΔY	ΔX	Δmag	Táv	ΔY	ΔX
15	555597.519	254872.022	96.379					15	555597.749	254872.000	96.380	-20.850	-200.024	0.136	201.393	-0.017	
45	555579.769	255173.055	96.373	-20.850	-200.063	0.106	201.097	45	555579.807	255173.030	96.383	-20.850	-200.024	0.136	201.393	-0.017	
2	555505.595	255146.080	96.350					3	555185.420	255145.981	96.362						
1	555523.154	255146.144	96.190					8	555003.590	255146.030	96.379						
2/	555672.162	255094.958	96.270	-11.387	100.582	-0.015	104.234	2/	555601.981	255094.201	96.251	-11.225	103.713	-0.023	104.318	-0.025	
20	555080.980	255090.618	96.200					20	555080.796	255090.494	96.212						
15	555090.817	255072.305	96.321					15	555090.690	255072.250	96.312						
8	555053.154	255145.744	96.190					8	555052.910	255145.639	96.210						
8	555053.154	255146.144	96.190					8	555052.910	255145.639	96.210						
14	555062.680	255094.972	96.171	-11.026	198.726	-0.381	148.826	14	555062.677	255094.975	96.169	-11.026	198.730	-0.396	148.812	-0.013	
8	555053.115	255145.752	96.212					8	555052.910	255145.639	96.210						
3	555080.769	255146.274	96.373	-45.650	0.458	-0.002	45.652	3	555080.851	255146.207	96.352	-45.641	0.432	-0.070	45.643	-0.009	
5	555094.598	255146.274	96.373					5	555094.581	255146.207	96.358						
45	555078.510	255123.156	96.314					45	555078.507	255123.161	96.311						
2	555078.490	255123.160	96.373	5.269	47.812	0.041	48.023	2	555078.382	255123.080	96.311	5.205	47.850	-0.028	47.857	-0.006	
9	555078.533	255123.156	96.314					9	555078.382	255123.080	96.311						
2	555109.559	255145.155	96.280					2	555109.420	255145.091	96.282						
45	555078.680	255123.154	96.308	-26.880	-26.919	0.046	26.848	45	555078.557	255123.070	96.281	-26.846	-26.939	-0.031	26.822	-0.016	
1	3.912	-10.477	-2.492					1	3.910	-10.477	-2.492						
4	29.891	1.446	-2.391	-79.503	-20.025	0.090	82.211	4	29.882	1.454	-2.397	-79.503	-20.025	0.090	82.214	-0.003	
1	3.912	-10.477	-2.492					1	3.910	-10.477	-2.492						
2	18.308	11.577	-2.386	-22.213	-19.307	0.091	23.580	2	18.306	11.577	-2.386	-22.213	-19.307	0.091	23.580	-0.006	
3	15.301	21.808	-3.347	-11.280	-11.280	-0.030	11.474	3	15.299	21.808	-3.347	-11.280	-11.280	-0.030	11.474	-0.002	
1	3.912	-10.477	-2.492					1	3.910	-10.477	-2.492						

A mérési eredmények nagyon meggyőzőek, különösen, hogy figyelembe kell vennünk az alábbiakat.

- A mért pontok koordinátaiban benne vannak az RTK GNSS észlelés hibái. A terepi pontokat bekapcsolt IMU-val, de mindössze 3-3 epochával mértem.
- A pontfelhőből vizuálisan levett pontok koordinátaiban benne lehetnek a pontazonosítás hibái (renderelés, szóródás).

A távolságok, illetve különbségeik pedig ezekből a pontpárokból származtatott adatok.

Tisztában vagyok azzal, hogy a fentiek helyett választható lett volna ennél kifinomultabb és még pontosabb eredményeket felmutató teszt módszer, ám már ezzel a viszonylag egyszerű módszerrel is jól látszik a mérőrendszer felhasználhatósága.

Tervezési alaptérkép, megvalósulási térkép készítéséhez nyilván kiegyenlített alappontból meghatározott illesztőpontokkal történne meg a georeferálás.

A Stonex X200GO-ból származó pontfelhők ténylegesen vektorizálhatók, nagyításkor nem esnek szét, a gépjárművek rendszámtáblájáról, a nedves aszfalról is képződött le jó minőségű adat.

Ami megzavarta az egy lépcsőház üvegprofilja. Azt viszont megtűkrözte az épületen kívülre, amit manuálisan kellett letisztítani a pontfelhőből.

Összességében a Stonex X200GO geodéziai pontosságigényű 3D-pontfelhő előállítására képes kézi mobil térképező rendszer. Teljesítményben felső polcos, ugyanakkor tudásához képest megfizethető. Az általam kipróbált standard csomag már ~9,5 M Ft-tól elérhető.

A mérőrendszer fontosabb műszaki információit az alábbi táblázatba foglaltam össze:

Stonex X200GO SLAM jellemzői	
LiDAR szenzor	Hesai XT32M2X
Szkennelési hatótávolság	0.5 - 300 m
Szkennelési frekvenciák	640 000 p/mp 1 280 000 p/mp 1 920 000 p/mp
Szkennelési látómező	360° x 290°
Szkennelési csatornaszám	32
Kamerarendszer	2 x 12 Mpx
Relatív pontosság	<6 mm
Abszolút pontosság	<2cm 5 cm UAV alkalmazásnál
Illesztőpont mérés	földre helyezve, falra helyezve
Mérési módok	SLAM, X-Whizz
Valós idejű vizualizáció	van (GO app)
GNSS multi-frekvenciás jelvétele	GPS/GLO/GAL/BDS/QZSS
Teszt során alkalmazott CORS	CORRIGO (4-es konstelláció)
Belső memória	512 GB SSD
Por,- és vízállóság	IP54
Méret	403.6 mm x 173.8 mm x 170 mm
Tömeg	1.4 kg (telep nélkül)
További hivatalos információ	Geotools Europe GNSS Kft. www.geotoolseuropegnss.com

Stenzel Sándor
földmérőmérnök, földrendező mérnök
www.gpstakarok.hu

Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat, hogy a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság programjairól, híreiről rendszeresen tájékozódhatnak honlapunkon is.

www.mfttt.hu

MFTTT vezetősége





DIGITÁLIS
TÉRKÉPKÉSZÍTÉS
TÉRINFORMATIKA
KÖZMŰBEMÉRÉS
FÖLDMÉRÉS

GEODÉZIAI ÉS TÉRKÉPÉSZETI RT.
1149 BUDAPEST. BOSNYÁK TÉR 5.
T.: 252 82 22 * 163 68 01

