



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Alappont koordinátáinak ellenőrzése lokális hálózat létesítésével

**OE-AMK
2022**

Hallgató neve: Herczeg Amarillisz Mirella
Hallgató törzskönyvi száma: T000487/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Herczeg Amarillisz Mirella
Szakdolgozat száma: SZD22011414074039
Törzskönyvi száma: T000487/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök
Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Alappont koordinátáinak ellenőrzése lokális hálózat létesítésével

A dolgozat címe angolul: Checking of Geodetic Base Point Coordinates

A feladat részletezése:

A Földmérő és földrendező mérnök oktatás szerves részét képezi hallgatók gyakorlati oktatása. Az egyik megoldandó alapfeladat a mérőállomások tájékozása, amihez az álláspontunk koordinátái mellett egy (esetleg több,) az álláspontunkról látható további ismert pont koordinátáira is szükség van. A Székesfehérváron megvalósuló gyakorlati képzés során a tájékozást szolgáló pontok a templomok tornya, keresztgombja. Ezeknek a pontoknak a koordinátái azonban közvetlenül nem mérhetők meg. A koordináták meghatározására ezért lokális hálózatot kell létrehozni. A jelölt feladata, hogy Székesfehérvár egy vagy több, közvetlenül (RTK méréssel) nem meghatározható koordinátájú pontja környezetében hozzon létre lokális, táv és szögmérési hálózatot, amelynek pontjait hálózatos GPS (RTK) méréssel határozza meg! Végezze el a hálózat együttes kiegyenlítését, határozza meg újra a vizsgált tájékozási pont közvetlenül nem mérhető koordinátái és azok hibaellipsziséit! Hasonlítsa össze a meghatározott koordinátákat az alappont rögzített koordinátaival, és amennyiben eltérést tapasztal, vázolja a lehetséges okokat!

Intézményi konzulens neve: dr. habil Molnár Gábor Péter

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12.

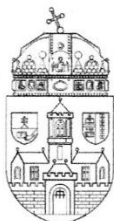
P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2022. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Herczeg Amarillisz Mirella szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2022. 12. 13.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS.....	6
2.	MAGASPONTOK, MINT SPECIÁLIS VÍZSZINTES ÉRTELMŰ ALAPPONTOK	7
2.1	Alappont fogalma.....	7
2.2	Vízzintes értelmű alappontok	7
2.3	Magaspont fogalma	7
2.4	Magaspontok irányzása	8
2.4.1	Műszerállásra alkalmatlan magaspont.....	12
2.4.2	Külpontos műszerállásra alkalmas magaspont.....	13
2.4.3	Központos műszerállásra alkalmas magaspont	13
3.	HELYMEGHATÁROZÁS GNSS TECHNOLOGIÁVAL	15
3.1	A GNSS technológiákról általánosságban	15
3.2	Pontossági igények.....	15
3.3	Abszolút és relatív helymeghatározás	16
3.4	Utólagos és valós idejű feldolgozás	16
3.5	Statikus és kinematikus mérési módszer.....	17
3.6	Egybázisos és több-bázisos megoldás.....	19
3.7	Autonóm- és szolgáltatásra épülő mérés.....	19
3.8	GNSS-infrastruktúra	19
3.8.1	OGPSH.....	20
3.8.2	GNSSnet.hu szolgáltatás	21
4.	A MÉRÉS TÁRGYÁT KÉPEZŐ MAGASPONTOK ÉS A FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK.....	22
4.1	4.1 A meghatározni kívánt magaspontok bemutatása.....	22
4.1.1	Prohászka Ottokár Templom.....	22
4.1.2	Székesfehérvári Szent István Székesegyház	23
4.2	A mérés során felhasznált eszközök	24

4.2.1	4.2.1 Hi-Target V100 RTK rover	24
4.2.2	FOIF RTS 332 mérőállomás	25
5.	MAGASPONTOK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELVÉGZÉSE, ADATOK FELDOLGOZÁSA	27
5.1	A mérések elvégzése, ideje	27
5.1.1	Hálózat kialakításának főbb szempontjai	27
5.2	Mérés feldolgozása.....	33
5.2.1	Nyers adatok feldolgozása.....	33
5.2.2	GeoCalc 3 (3.5) -al történő feldolgozás:	36
5.2.3	Kiegyenlítés elvégzése a Geocalc program segítségével	36
5.3	A kiegyenlítő számítások alapelve.....	38
5.3.1	A kiegyenlítés feladata és szükségessége.....	38
5.3.2	Közvetett módszer	40
5.3.3	Közvetlen módszer	40
5.3.4	Hibaellipszisek felszerkesztése AutoCAD programba:.....	41
6.	A FELDOLGOZÁS EREDMÉNYEINEK ISMERTETÉSE ÉS ELEMZÉSE	42
6.1	A meghatározott koordináták:	42
6.2	A hibaellipszisek	44
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	50
8.	KÖSZÖNETNYILVÁNYTÁS	52
9.	IRODALOMJEGYZÉK.....	53

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témájául olyan feladatot választottam, amit földmérő tanulmányaim összefoglalásának tekinthetek. Kíváncsi voltam, hogy az általam megszerzett ismeretek segítségével hogyan tudom én magam is végrehajtani azokat a méréseket, amelyeket elődeink esetleg sokkal pontosabban, nagyobb felkészüléssel már korábban végrehajtottak.

A választott feladat, néhány magaspont koordinátájának (ismételt) meghatározása, mely a klasszikus geodéziai gyakorlatának része volt évszázadokon, évtizedeken keresztül. A feladatom az volt, hogy határozzam meg néhány olyan magaspont vízszintes koordinátáit, amiket már az egyetemi gyakorlatok során számos alkalommal felhasználtam a méréseim tájékozásához. Ezt egy lokális hálózat létesítésével oldottam meg. Azzal, hogy én magam is végrehajtottam néhány magaspont koordinátáinak ismételt meghatározását, megtapasztalhattam a meghatározások során felmerülő problémákat.

A terepi földmérő munkában általában nincs idő a mérések megismétlésére, a terepen elkövetett mulasztások pótlására, a feldolgozás közben felismert hiányosságok elméleti megalapozottságú áthidalására, illetve az egyes tévedések következményeinek utólagos, alapos elemzésére sem. Az esetleges felmerülő problémákat én magam is megtapasztaltam. A hibás mérések és méréstervezés hatását úgy vizsgáltam, hogy kihagytam méréseket a kiegyenlítésből. A meghatározott kiegyenlített vízszintes koordináták mellé hibaellipsziseket szerkesztettem, amelyek jól mutatják a kevés mérés, vagy a hibás mérések hatását.

2. MAGASPONTOK, MINT SPECIÁLIS VÍZSZINTES ÉRTELMŰ ALAPPONTOK

2.1 Alappont fogalma

Alappontnak nevezzük a terepen (a Föld valóságos felszínén, illetve a felszín közelében), jól azonosítható és időtálló módon megjelölt olyan pontot, amelynek helymeghatározó adatai kellő pontossággal ismertek egy definiált vonatkoztatási rendszerben. [1]

Az alappontoknak három fő csoportját különböztetjük meg:

- Magassági értelmű alappontok (1D),
- Vízszerintes értelmű alappontok (2D),
- Térbeli alappontok (3D)

2.2 Vízszerintes értelmű alappontok

Ezek a pontok rendelkeznek egy olyan egyértelmű pontjelöléssel, amely jelölés központjára ismertek a helymeghatározási adatok, azaz a koordináták. [2]

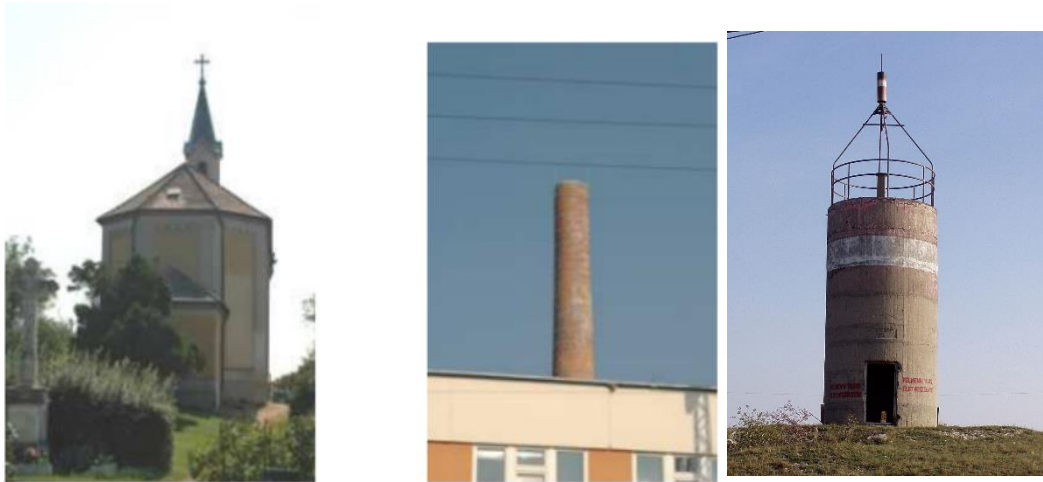
Alapvetően ezen belül is két csoportot különböztetünk meg:

- Felszínen megjelölt, állandósított vízszintes alappontok
- **Magaspontok**

2.3 Magaspont fogalma

Magaspontnak nevezendő mindazon magas épület / építmény, aminek egy előre gondosan kiválasztott (minden irányból megirányozható) pontját korábban vízszintes geodéziai alappontként meghatározták. Ez a pont egy függőleges tengelyvonal, és egy vízszintes sík metszéspontja. [2] [3]

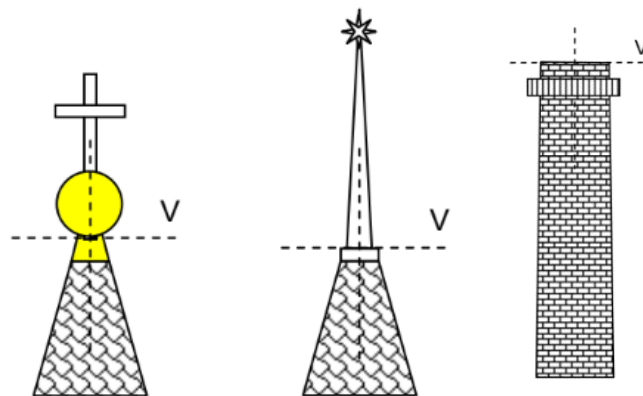
Ez a tengelyvonal rendszerint az épület szimmetriatengelye, míg a vízszintes sík egy egyértelműen megadható épületrészhez „húzzható” vízszintes. Az ilyen módon meghatározott pontokhoz dm-es pontosságú magasságot szoktak megadni. Ezek a magaspontok leggyakrabban a templomtornyok, mérőtornyok, víztornyok, pillérek, de akár kilátók, épületcsúcsok és magasházak is tölthetnek be ilyen szerepet. [2] [3]



2.1. ábra Templomtorony, gyárkémény és mérőtorony mint geodéziai magaspontok (Forrás: [2], Wikipédia)

Korábban Magyarországon a magas építmények vízszintes geodéziai alappontként történő meghatározása elterjedt gyakorlat volt. Ennek okán például a mintegy 150 db pontból álló elsőrendű hálózatban 35 síkvidéki (alföldi) templomtorony van. Illetve a több, mint 4700 db negyedrendű pont jelentős hányadát is a magaspontok teszik ki. Napjainkban is létesül sok olyan magas építmény, amely irányzásra is alkalmas, illetve alappontként is szolgálhatna. Sokszor előfordul az is, hogy a földmérők saját célra meghatározzák egyes magaspontok koordinátáit, ugyanis a mérőállomással végzett poláris mérésekhez szükség lehet új tájékozó irányokra, ha már meglévő pontok nem állnak az adott helyszínen rendelkezésünkre [2]

2.4 Magaspontok irányzása



2.2. ábra Irányzási pontok katolikus-, református tornyok, illetve kémény esetében [2]

Az ábrán látható illusztráció segít nekünk bemutatni a templomtornyok, és kémények irányzási módjait. Mint azt már említettem, magaspontoknál a központ helyét egyrészt az objektum szimmetriatengelye adja meg, ami például a katolikus templom tornyai esetében a kereszt alatti gömb nyakának-, református templomoknál pedig a csillag tövének szimmetriatengelye. Ezt a tengelyt egy adott magasságban elmetszve, kapjuk meg magát a központot. A kémény esetén ezt, a kémény szimmetriatengelye és a felső pereme síkjának dőléspontja adja. [2]

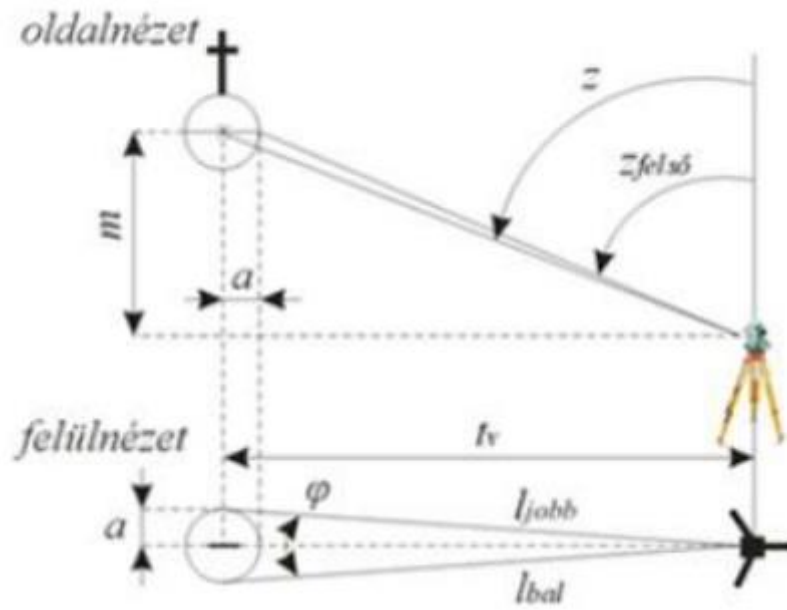
Amennyiben a mérés során távolságra is szükségünk van, templomok esetében a gömb középpontjára történik a távmérés. Az irányzásnál fontos figyelembe venni az adott objektum kiterjedését, vagyis abba a távolságba található pontját kell irányozni, ami a vízszintes koordinátáknak megfelelő, és nem a felénk közelebb esőt. [4]



2.3. ábra Magassági irányzás lehetséges megoldásai templomtorny és kémény esetében (forrás: google)

Például kémények irányzásánál problémás helyzet, amikor a kémény jóval magasabban helyezkedik el az álláspontnál. Ilyenkor nem az abból a szögből látszódó ív legmagasabb pontja az irányzandó, hanem a „kémény-ellipszis” nagytengelye. Lehetőség van az ív legmagasabb pontjának irányzására is, viszont ilyenkor a kémény sugarát (α) is

meg kell határozni. Ezt a kémény bal és jobb szélére mért irányérték (l_{jobb} , l_{bal}), és a koordinátákból számított távolság (t_v) segítségével tudjuk kiszámolni a következő ábra és képletek segítségével. Ezen adatok ismeretében pedig a trigonometriai magasságmérés képletében, a t_v vízszintes távolságot kicserélve a $t_v - a$ értékre, meg tudjuk határozni a kémény magasságát. [2] [4]



2.4. ábra A nem központra történő magassági irányzás hatása [4]

$$m = t_v \cdot \operatorname{ctg} z = (t_v - a) \cdot \operatorname{ctg} z_{\text{felső}} \quad (2.1)$$

$$\varphi = l_{\text{jobb}} - l_{\text{bal}} \quad (2.2)$$

$$a = t_v \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Magaspontok előnyei a felszínen megjelölt alappontokkal szemben

- Nem kell új pontot állandósítani, hiszen meglévő objektumokat használunk fel, melyeknek fennmaradása is biztosabb és hosszabb távú. [3] [5] [6]
- Tájékoztató pontként kiválóan felhasználható több km-es távolságból is a jeltárcsával, és kitűzőrúddal szemben. [3] [5] [6]
- Magasságuknak köszönhetően sok irányból irányozhatók [3] [5]
- Mivel messziről önmagában is irányozható, így időtakarékos abból a szempontból, hogy egy felszínen megjelölt pont esetében, például kitűzőrudat kell a pont fölé helyezni ahhoz, hogy azt irányozni tudjuk, illetve mindeközben azt felügyelet alatt is kell tartani. [3] [5] [6]

Magaspontok hátrányai a felszínen megjelölt pontokkal szemben

- A karcsú, magas építmények szél és/vagy napsütés hatására mozgást végeznek [3] [5] [6]
- Több esetben is fennállhat az elmozdulásuk esélye például templomtornyok esetében: toronysisak lecserélése, torony átépítése vagy újrafedése, villámcsapás, talajsüllyedés. Ezek akár cm-es elmozdulásokat is jelenthetnek. Mindezek miatt szükség lehet az elmozdulás-vizsgálatra, illetve segíthet a magaspont körüli őrhálózat kiépítése, azonban ez mind többletmunkát eredményez. [3] [5] [6]
- Legtöbb esetben nem alkalmasak műszer-álláspont létesítésére. [3] [5] [6]

Megkülönböztethetünk háromféle magaspontot műszerállásként való felhasználás szempontjából:

1. Műszerállásra alkalmatlan magaspontok,
2. Csak külpontos műszerállásra alkalmas magaspontok,
3. Központos műszerállásra alkalmas magaspontok

2.4.1 Műszerállásra alkalmatlan magaspont

Erre az esetre tipikus példa a gyárkémény. Az ilyesfajta pontokat kizárólag előmetsző-, azaz külső irányokkal határozzák meg, melyhez legalább négy olyan meghatározó irányt mérnek, ami egyenletesen oszlik el a horizonton.

Ezek után többlet-feladatként szükséges még kialakítani egy hozzá tartozó őrhálózatot, valamint a terepszintű pontot meghatározni. [3] [5]

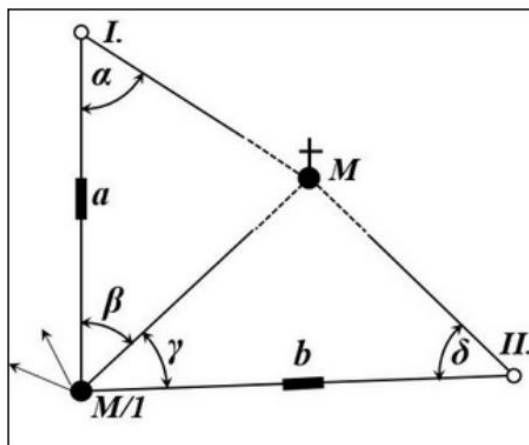
Őrhálózat

Az őrhálózat kiépítése régen előírás volt minden egyes országos alappont esetében. Egy őrhálózatnak minimálisan három pontból kell állnia („két, egymáshoz csatlakozó és egymásra merőleges alapvonal végpontjai” [6]), melyből kettőt csak földalatti őrkővel - 20 x 20 x 10 cm-es föld alatti kővel a terep felszíne alatt 60 cm-rel - állandósítanak, egyet pedig a terepszinten (levezetett pont), a magaspont rendűségének megfelelően vagy burkolati jellel jelöltek. Ezen pontok között (az úgynevezett alapvonalon) távolságot mérnek, mely régen mérőszalaggal történt, napjainkban pedig lehetőleg kényszerközpontosan végzik, távmérő segítségével. A szomszédos őrpontok és a magaspont által bezárt törésszögeket mérőállomással meghatározzák, majd azokat minden országos alappont esetében feltüntetik a magaspont törzslapján. Az őrhálózat alapjául szolgál később az elmozdulás-vizsgálatnak. [6] [3] [5]

Magaspont levezetése

Azon pontot, ami a magaspont körül a terepszinten van állandósítva, a magaspont levezetett pontjának nevezik.

Ennek adatait a magaspont-levezetés módszerével számították, aminek neve abból ered, hogy a magaspont koordinátáinak ismeretében adunk koordinátát a terepi pontnak. A levezetett pont pedig a magaspont számának /1-es alátörését kapja meg pontszámként. Korábban a magasponthoz, a levezetett pont segítségével tudtak földi méréssel (pl: sokszögvonallal) csatlakozni (ez esetben a pontról tájékoztató irányt/irányokat is mérni kellett). [3] [6]



2.5. ábra egy magaspont (M) örhálózatának kialakítása (forrás: [6])

2.4.2 Külpontos műszerállásra alkalmas magaspont

Ilyen magaspont például a templomtorony, mely esetében a műszerállás helyét leggyakrabban a toronyablakokban kialakított ideiglenes pillér adja, azonban lehetőség van a műszer elhelyezésére akár a mellvédfalon, óranyílásban, tetőkibúváson stb. is. Az így kialakított műszerállások teszik lehetővé az ilyen típusú magaspontok esetében, hogy a külső irányok mellett belső irányok és távolságok is meghatározhatóak legyenek, ezzel növelve a meghatározási lehetőségeket, fölös méréseket, ezáltal pedig a megbízhatóságot is. [3]

2.4.3 Központos műszerállásra alkalmas magaspont

Igen kevés központos műszerállásra alkalmas magaspont van, de tipikus példája a speciálisan geodéziai céllal létesült mérőtornyok. A mérőtornyokat többnyire az elsőrendű pontok fölé építették az 1970-es, '80-as években. A tornyok több szinttel kialakított, 6-30 m közötti építmények. [3]

A mérőtorony tetejére felvetített alappont „képét” egy 1 méter magas fekete-fehérre festett, az észlelőtér felett elhelyezett gúlával tették irányozhatóvá. A mérőtorony tetején - azaz az észlelőtéren - van lehetőség a műszerállás kialakítására. [3] [7]

Lehetőség van olyan kisebb pillérek építésére lapostetős magas épületek tetején, amiken fel tudunk állni központosan, valamint irányozható jel is helyezhető el rajtuk.

„Az 1970-es években Székesfehérvár belterületén a tízemeletes panelházak tetején építettek ilyen pilléreket, amelybe henger volt csavarható irányzandó jelként. A budapesti metró új vonala mentén kiépített hálózatban a magasházak tetején hasonló jelek láthatók”. [3])

3. HELYMEGHATÁROZÁS GNSS TECHNOLOGIÁVAL

3.1 A GNSS technológiákról általánosságban

A GNSS a Global Navigational Satellite System rövidítése, mely magyar jelentése globális navigációs műholdas rendszer. A helymeghatározási technológia azon módszerek összessége, melyeket egy olyan felhasználói igény kielégítéséhez szükséges folyamat során használunk, amelyek a helymeghatározáson alapulnak. A helymeghatározási technológiát nem csak műszaki, hanem gazdasági jelleggel is fejlesztik. Mivel a GNSS rendszer sokféle igényt ki tud elégíteni, amely a földrajzi hely ismeretére épül, ezért az alkalmazható technológiák is sokrétűek. [8]

A GNSS rendszer 3 fő elemből épül fel, az alaprendszerekből, a kiegészítő rendszerekből, illetve a felhasználókból. Az alaprendszerek közé tartozik az amerikai fenntartás alatt álló GPS (Global Positioning System) rendszer, az orosz fenntartású GLONASS rendszer, a kínai Compass (Beidou) illetve az európai Galileo rendszer. A köznyelvben gyakran előfordul, hogy hibásan GPS-ként hivatkoznak a GNSS helymeghatározásra. A GNSS kiegészítő rendszerein belül beszélhetünk műholdas alapú (SBAS) és földi alapú (GBAS) rendszerekről. [8]

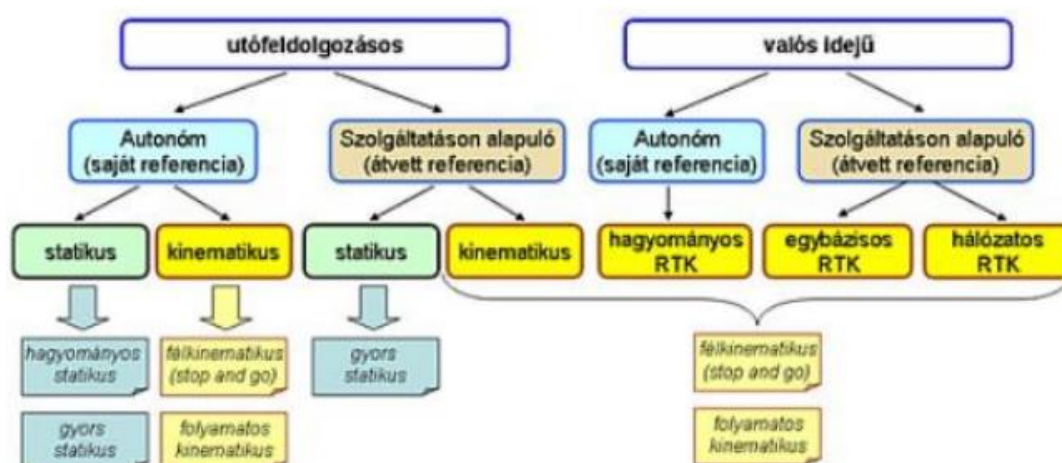
3.2 Pontossági igények

A GNSS technológiákkal szemben a **pontossági igényünk** lehet: tízméteres, méteres, szubméteres, centiméteres, vagy akár milliméteres. [8]

Ezen pontossági igényeket tisztáznunk kell minden olyan feladat esetében, ami a helymeghatározással vagy a kitűzéssel függ össze. Gyakran rendelünk egyes alkalmazási területekhez (pl.: navigációs, geodéziai, térinformatikai) egy általános pontossági igényt. A geodéziában általában centiméteres pontossággal dolgozunk. [8]

3.3 Abszolút és relatív helymeghatározás

A mérésben résztvevő vevők számának tekintetében beszélhetünk **abszolút, illetve relatív helymeghatározásról**. Az abszolút helymeghatározási módszer (SPP: Single Point Positioning), mely a mérésben résztvevő egyetlen vevő nyers kódmérési eredményeit használja fel. Ekkor a geocentrumból a vevő antennájára mutató helyvektor



3.1. ábra A GNSS technológiai jellemzőinek egy lehetséges csoportosítása [8]

segítségével történik a meghatározás. Ez a módszer például térinformatikai adatgyűjtésekhez vagy navigációs célból jól használható, viszont jelen állás szerint a geodézia pontossági igényét nem képes kielégíteni, ugyanis a kód mérés során történő kód-összehasonlítás hibája már önmagában méteres nagyságrendű. [8] [9]

Tehát ezen igény szempontjából csak a relatív helymeghatározási módszer jöhet szóba (geodéziai célra), amely minimum két vevő által szimultán módon mért adatok együttes feldolgozásával éri el a centiméteres pontosságot. A relatív jelző onnan ered, hogy az új pont helyzetét egy adott ponthoz (vagy pontokhoz) viszonyítva adjuk meg. [8]

3.4 Utólagos és valós idejű feldolgozás

A GPS-korszak kezdetén csak **utólagos feldolgozásra** volt lehetőség, a geodéziai célú relatív helymeghatározás terén. Ez azt jelentette, hogy a mérést követően az irodában

történt a vevők mérési eredményeinek kiolvasása, az adatok feldolgozása, és a számítások elvégzése. Később a **DGPS** (differenciális GPS) technikával sikerült megvalósítani a valós idejű feldolgozás lehetőségét. Ezen módszerrel történő helymeghatározás során a kódtávolság-korrekciók használata mellett is csak szubméteres pontosság érhető el, így geodéziai célokra nem használják, de például mezőgazdasági gépek vezérlésére kiválóan alkalmazható. [8] [9]

Az 1990-es évek közepén létrejött a fázismérésen alapuló, geodéziai célra használható, **valós idejű relatív helymeghatározás**, melyet az **RTK** (Real Time Kinematic) technológia szoftveres és kommunikációs megvalósítása tett lehetővé. Mivel a feladatok jelentős része igényli a valós idejű geodéziai helymeghatározást, - mely megbízhatósága jelentősen javulhat az azonnali visszajelzés következtében - így annak jelentősége is egyre nagyobb. Ezen módszer segítségével, jó műhold-geometriával rendelkező minimum 5 műhold észlelése mellett, 1-2 cm pontosságú eredményeket lehet elérni. Főként részletes felmérések, és kitűzések során alkalmazzák ezt a fajta helymeghatározást. [8] [9]

3.5 Statikus és kinematikus mérési módszer

A GPS-korszak kezdetén az észlelés egyetlen lehetősége a **statikus mérési módszer** volt. Ezen módszer esetében a Földhöz, és egymáshoz képest mozdulatlanak tekinthető vevők közötti észlelés, hosszú percekig/órákig is eltart. A mai napig ezzel a módszerrel lehet a legpontosabb eredményeket elérni, ugyanis órákig vagy esetleg napokig tartó észlelés mellett, milliméteres pontosságot lehet elérni, akár 15 km-nél hosszabb vektorok meghatározásának esetében is. Legfőképp olyan hálózatok mérésére használják, amelyek nagy pontosságot igényelnek (például: mozgásvizsgálati célú hálózat vagy alaphálózat esetén). [8] [9]

A kinematikus módszer folyamán az ismert koordinátákkal rendelkező referenciaponton elhelyezett GPS vevő statikus módon végzi az észlelést, míg a meghatározandó pontok között a mérést végző (rover) vevő, a mérés ideje alatt mozoghat. A fázismérésen alapuló **kinematikus** helymeghatározási módszerek esetében szükség van a mérés inicializálására. *„Inicializáláson a fázismérés kezdeti időpontjához tartozó*

műhold-vevő távolságon elhelyezhető N egész hullámszám meghatározása értendő.” [9]
 Az RTK rendszerek megjelenésével jött létre a kinematikus mérést támogató inicializálás, név szerint az OTF (On-The-Fly). [8] [9]

Noha a statikus mérési módszer jelentősége fennmarad az olyan feladatok miatt, amik megkövetelik a nagy pontosságot, mégis a kinematikus módszerek rövidebb mérési idejük, és azonnali eredményességük miatt népszerűbb alkalmazási módnak számítanak. Kinematikus helymeghatározás esetében beszélhetünk valódi (folyamatos) kinematikus és félkinematikus mérési módszerről is. [8] [9]

Félkinematikus (Stop-and-go survey – SGS) mérés során, az inicializálás után a vevő folyamatosan tartja a kapcsolatot a műholdakkal azon idő alatt is, míg egyik bemérendő ponttól eljutunk a következő pontig. Egy-egy meghatározandó ponton megállva, a vevő 20-30 mp-ig rögzíti az adatokat. A módszer segítségével 2-3 cm-es pontosság érhető el, ami felmérési alappontok sűrítése esetén kielégítőnek bizonyul. Bár a mérési módszer esetében előnyként említhető meg az, hogy nincs szükség összelátásra a mozgó vevő és a referencia vevő között, azonban a részletpontok esetében ügyelni kell arra, hogy azok kitakarásmentes helyen legyenek elhelyezve, tehát biztosított legyen a mérés elvégzéséhez elegendő műhold észlelése. [8] [9]

A **valódi (folyamatos)** kinematikus helymeghatározás előnye, hogy csak rövid ideig kell mérni egy-egy meghatározandó pont helyén. Általában ezt a módszert meghatározandó útvonal pontjainak rögzítésére használják. Ebben az esetben a vevő rendszerint valamilyen járművön van elhelyezve, amikor is az adott feladat által megkövetelt pontsűrűség, illetve a jármű sebessége befolyásolja az adatrögzítési intervallumot. A módszerrel elérhető pontosság 3-5 cm. Használják például vonalas létesítmény esetében tengelyvonal felmérésre, domborzat-felmérésre. [8] [9]

elnevezés	jellemző alkalmazás	jellemző ponthiba	jellemző bázishossz	feldolgozás
félkinematikus (stop & go)	felmérés	1-2 cm	< 15 km	utólagos
valódi kinematikus	felmérés	1-3 cm	< 15 km	utólagos
RTK	felmérés kitűzés	vagy 1-3 cm	< 5-10 km* < 40km **	valós idejű

3.2. ábra Különböző kinematikus helymeghatározási módszerekkel elérhető pontosságok [10]

3.6 Egybázisos és több-bázisos megoldás

Egy új pont meghatározása történhet egyetlen vevő által történő észlelés során, - mely esetben az egybázisos módszerről beszélünk - illetve történhet több-bázisos megoldással is olyan vektorok felhasználása mellett, amelyeket egyszerre több pontról mérve kapunk meg. A több-bázisos megoldásra (multi-base solution) a köznyelvben a hálózatos RTK (vagy hálózati RTK) kifejezést használjuk. [8]

3.7 Autonóm- és szolgáltatásra épülő mérés

Autonóm mérés során a szimultán észlelést (relatív helymeghatározás feltétele) és az adatkommunikáció feltételeit saját maga a felhasználó biztosítja. Utóbbihoz legalább két vevő szükséges. Ezen módszer előnye a függetlenség és az autonómia, mivel a felhasználó ez esetben csak saját magától függ, és nem más szolgáltatóktól. [8]

A felhasználók számának növekedésével azonban észszerűvé vált, hogy kidolgozzanak egy olyan megoldást, amivel a felhasználók számára egy központból szervezett módon tudnak referencia-adatokat (nyers mérési eredményeket/korrekciókat) szolgáltatni. Ez gazdaságossági szempontból is számottevő volt. Ezen elgondolás volt az egyik oka a GNSS-infrastruktúra kiépítésének. [8]

3.8 GNSS-infrastruktúra

Mivel a hálózati RTK egy relatív helymeghatározási módszer, így ahhoz szükség van ismert koordinátájú pontra vonatkozó adatok szolgáltatására. Ezt biztosítja

számunkra a GNSS infrastruktúra. Feladata, a felhasználó felé szolgáltatni olyan referenciaállomás adatait, amely ismert koordinátájú ponton helyezkedik el. Ez kétféleképpen történhet. [9]

Az egyik ilyen eljárás, a **felületi korrekciós paraméterek módszere (FKP-Flächen-Korrektur-Parameter)**. Ebben az esetben a felhasználónak kapcsolódnia kell a legközelebbi permanens állomáshoz. Így a legközelebb található referenciaállomás adatait és a korrekciófelület paramétereit (ami a szabályos hibák hatását írja le) kapja meg a mozgó vevő, mely során a mozgó vevő meg tudja határozni, a jelenlegi helyzetének megfelelő korrekciókat, saját előzetes koordinátáinak ismeretében. A permanens állomástól kapott korrekciók segítségével, a nyers mérési adatok feldolgozása/javítása egyirányú kapcsolat révén a felhasználói oldalon történik. [9]

A másik lehetőség a **virtuális referenciaállomások módszerének (VRS-Virtual Reference Station)** használata. Ezen módszer során a mozgó vevő küldi el saját helyzetének közelítő koordinátáit a feldolgozóközpont számára, ahol ez alapján előállításra kerül egy olyan virtuális referenciaállomás adatsora, amely a felhasználó közelében lett elképzelve. Ez az adatsor tartalmazza - a központ által a felhasználó számára visszaküldött - azon észlelések összességét, amelyeket egy olyan referenciaállomás venne, ami a felhasználó közelében lokalizált. A módszer tehát kétirányú adatátvitelt követel. [9]

Az RTK módszerek egy fontos korlátozó tényezője az, hogy hazánkban a valós idejű adatok (korrekciók) továbbítása az Internet segítségével történik, így elengedhetetlen a terepi mérések során, egy valamilyen mobil Internet szolgáltatás elérhetősége is. [9]

3.8.1 OGPSH

Az országos GPS hálózat (OGPSH) rendüské szemponájából két fő részből, - nevezetesen a kerethálózatból, illetve maga az országos hálózatból - áll. A 24 db pontból álló kerethálózatot 1991-ben hozták létre egy kampány keretein belül. A kerethálózat összes pontja rendelkezik EOY koordinátákkal, és szintezett magassággal is. Ebből a 24 pontból 9 db része a magyar mozgásvizsgálati programnak is. A kerethálózat kitöltése a

pénzügyi lehetőségek miatt további 3 ütemben történt meg. Végeredményképpen egy 8-10 km-es sűrűségű, 1153 pontból álló passzív hálózatot sikerült kialakítani. A pontleírások minden pont esetében tartalmazzák annak térbeli derékszögű, földrajzi ellipszoidi, valamint EOVS koordinátáit is. Emellett megadják még Balti magasságukat is, melyeket GPS mérések transzformálásából kaptak. A GPS hálózat pontjai beletartoznak a kétdimenziós geodéziai hálózatba is, ezáltal a két rendszer közötti transzformáció is könnyen elvégezhető. A hálózatot abból a célból hozták létre, hogy megfelelő sűrűségben álljanak rendelkezésre referenciapontok az egész országot lefedően.

A hálózat eleinte a terepi mérések esetén egyedülként biztosította az ETRS89 rendszer elérését. Azonban mióta megjelent az aktív GNSS hálózat (gnssnet.hu), feladata, transzformációs háttér biztosítása az ETRS és az EOVS között. [11] [12] [13]

3.8.2 GNSSnet.hu szolgáltatás

„Az LTK KGO GNSS Szolgáltató Központja hálózati RTK korrekciókat biztosít műholdas helymeghatározáshoz, amelyek homogén pontosságot, jobb megbízhatóságot és gyakorlatilag 100%-os rendelkezésre állást nyújtanak az ország egész területén!”

2009-ben indult a 35 magyarországi állomással rendelkező hazai aktív GNSS hálózat, melynek központja Pécen található. A hálózat állomásai 60-70 km-es sűrűségben helyezkednek el az ország egész területén. Ezen kívül még a határközeli teljes lefedettség érdekében 19 állomást illesztettek a hálózatba, tehát jelenleg az aktív GNSS hálózatnak 54 db állomása van. A hálózat egyaránt szolgáltat helymeghatározáshoz korrekciós adatokat valós idejű és utófeldolgozós méréshez is, melyekhez a gnssnet.hu portálon keresztül lehet hozzáférni. [14]

Az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet tetején is létesítettek ilyen referenciapontot 2003-ban.

4. A MÉRÉS TÁRGYÁT KÉPEZŐ MAGASPONTOK ÉS A FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK

4.1 A meghatározni kívánt magaspontok bemutatása

4.1.1 Prohászka Ottokár Templom

A Székesfehérvári vasútállomáshoz közel található templom 1929-1935 között épült a legnagyobb gazdasági világválság közepette, Székesfehérvár püspöke, dr. Prohászka Ottokár tiszteletére. Az alapozást megelőzően az ingoványos talaj miatt körültekintő vizsgálatra is szükség volt, majd az alapozás 1,5 m vastagságú kemény agyagra került. A tervekben még szerepelt egy 6000 tonnás torony is, melynek alapjai a 3,5 méter mélyen található kék agyagra kerültek, azonban ez végül sohasem épült meg. Az 53 m magas építmény klasszicista stílusban épült reneszánsz hatásra. Prohászka Ottokár püspök hamvait az oldalkápolna márvány szarkofágjában helyezték el. A római Pantheon mintájára épített templom 1973-ban lett meghatározva magaspontként, és azóta az 54-4525 pontszámon van nyilvántartva. [15]



4.1. ábra Prohászka Ottokár emléktplom magaspontként (forrás: magyarvelemeney.com)

4.1.2 Székesfehérvári Szent István Székesegyház

Székesfehérvár belvárosában található Szent István Székesegyház, a Székesfehérvári egyházmegye főtemploma, illetve a belváros egyik legjelentősebb műemléke. A Magyarország egyik legjelentősebb katedrálisa, egyike a Magyar királyság koronázótemplomainak. Az 1758-1768 között, a középkori gótikus Szent Péter és Szent Pál-bazilika alapjain felépült templom, 1777-ben székesegyházi rangra emelkedett a székesfehérvári püspökség megalapításakor. Később kisbazilikai rangot kapott 1938-tól. 1805-1815 között tornyait megmagasították. [16] [17]

Magaspontként 1973-ban került meghatározásra, és a mai napig, az akkor meghatározott koordináták vannak nyilvántartva hivatalosan, az 54-4514E és 54-4515D pontszám alatt. Egy 1988-as felmérés során már megállapították a tornyok elmozdulását, azonban nemrégiben még egy átépítésen is átesett a bazilika. Ennek alkalmából a tornyokon található gömbök és keresztek is levételre kerültek, majd a rekonstrukció után újra felhelyezték azokat. Az átépítés után 2018-ban Sasvári István, szakdolgozatának keretén belül foglalkozott a tornyok elmozdulás vizsgálatával, ahol megállapította azok tényleges elmozdulását. Ennek köszönhetően a későbbiekben össze tudom hasonlítani az eredményeimet a hivatalos, valamint a Sasvári István által meghatározott koordinátákkal is. [16] [17]



4.2. ábra Szent István székesegyház (forrás: 360szekesfehervar.hu)

4.2 A mérés során felhasznált eszközök

4.2.1 Hi-Target V100 RTK rover

Ez a vevő 2017-ben került az iskolához, vezérlőnek pedig egy Juniper system Mesa2 típusú táblagépet kapott maga mellé.



4.3. ábra Hi-Target V100 RTK rover és Juniper system Mesa2 vezérlő (forrás: en.ji-target.com.cn, junipersys.com)

A V100-as típusú vevő a Hi-Target Surveying Instrument Co., Ltd terméke, amely Kína egyik meghatározó geodéziai műszergyártója. A kis súllyal (700 g) és mérettel (127.5mm x 57mm) rendelkező vevő előlapján mindössze egy be-, és kikapcsolást biztosító gombot, illetve 3 db állapot LED-et találunk, melyek a műholdak, a kapcsolat, és az akkumulátor állapotáról adnak visszajelzést. A rover alján rendelkezésünkre áll még egy USB csatlakozó, aminek segítségével a firmware frissítést és a nyers mérési adatok letöltését tudjuk elvégezni, valamint egy Lemo aljzat, ami pedig a tápellátást és az adatkapcsolat lehetőségét biztosítja számunkra. [18]

Belsejében az elektronika erőteljes védelmét, a túlnyomó részben könnyűfémből (magnézium-ötvözetből) készült műszerház biztosítja, illetve egy szokatlanul nagy méretű, súlyú és kapacitású (6300 mAh/3.7 V Li-Ion) cserélhető akkumulátor is helyet kapott benne, ami akár 10 órás munkavégzést is tud biztosítani. További beltartalmát tekintve egy Trimble BD970 lapka felelős a pozicionálásért, műholdak tekintetében pedig képes mind a GPS, GALILEO és a GLONASS műholdak jeleinek vételére is. [18]

Pozicionálási jellemzők tekintetében az RTK horizontális pontossága: $8\text{mm} + 1\text{ppm}$, vertikálisan: $1.5\text{mm} + 1\text{ppm}$, az utófeldolgozás pontossága horizontálisan: $2.5\text{ mm} + 1\text{ppm}$, vertikálisan: $5\text{mm} + 1\text{ppm}$, valamint az RTK inicializálás átlagosan 8 mp, 99.9%-os megbízhatósági szinten. Továbbá a kontrollerrel, egy beépített nagy hatótávolságú Bluetooth rádión keresztül tartja a kapcsolatot. [18]

A Juniper system Mesa2 típusú tablet egy 7" képtáblájú, Windows 10 operációs rendszerrel van ellátva, ami lehetőséget ad a Carlson SurvPC szoftver futtatásához. $137 \times 215 \times 35$ mm-es méretének köszönhetően könnyen kezelhető, de még elég kicsi a praktikus használathoz, és emellett megerősített külső borításának köszönhetően bírja a megpróbáltatásokat is. Súlya 0.8 kg. [18]

A vevőhöz hasonlóan a vezérlő is egy nagy kapacitású akkumulátorral rendelkezik, ami akár 8 órás üzemidőt is biztosíthat számunkra. A készülék 64 Gb-os, de bővíthető tárhellyel rendelkezik, illetve 4 GB RAM-mal, Intel Atom Z3745 Quad-core processzorral szerelve. [18]

4.2.2 FOIF RTS 332 mérőállomás

A mérőállomás, illetve annak használata nem volt számomra ismeretlen, hiszen számos iskolai gyakorlat keretein belül mértünk már ezzel a műszerrel. A mérőállomás származási helye Kína, méretét tekintve egy $53 \times 34 \times 33$ cm nagyságú, és 10 kg súlyú műszerről beszélhetünk. A műszer pontossága iránymérés tekintetében 2", prizmára történő távolság mérés esetében pedig $2\text{ mm} + 2\text{ ppm}$. A prizma segítségével 1 és 3000 m közötti távolságot képes mérni, fóliára 1-800 m közötti távolságot mérhetünk vele $3\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ pontossággal. Ezen kívül lehetőséget ad a prizma nélküli távolságmérésre 500 m-ig, mely esetben 1-200 m között $3\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ pontossággal, valamint 200 m felett $5\text{ mm} + 3\text{ ppm}$ élességgel tudunk távolságot meghatározni. [19]



4.4. ábra FOIF RTS 332 mérőállomás és FOIF prizma (forrás: forgeo.hu, geocenter.com)

A mérőállomás 2 kijelzővel rendelkezik, a két távcsőállásban való mérés egyszerű elvégzése érdekében, melyeket az alfanumerikus- és funkciógombokkal ellátott billentyűzet segítségével tudunk kezelni. A műszer oldalán található paránycsavarok végtelenítettek a könnyebb irányzás érdekében. A hagyományos optikai vetítő helyett egy lézeres optikai vetítő kapott helyet rajta, amely egy lézerpontot levetítve segít a pontra állásban, a kijelzőn is megjelenő libella képével együtt. [19]

A készülékhez 2 akkumulátor is tartozik, melyek használatától függően akár 19 órás munkaidőt is tudnak biztosítani. A mérési adatok mentése történhet a műszer belső tárhelyére, amit később a hozzá tartozó adatkábel segítségével tudunk kimenteni, illetve külső adattárolóra is történhet a mentés, memóriakártya behelyezése mellett. [19]

5. MAGASPONTOK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELVÉGZÉSE, ADATOK FELDOLGOZÁSA

5.1 A mérések elvégzése, ideje

A méréseket két külön alkalommal végeztem 1-1 szaktársam segítségével.

A Prohászka Ottokár templom tornyának mérése volt az első 2022.09.28.-án a délutáni órákban, melyben szaktársam Bőzsényi Barnabás segített. A méréshez szükségem volt egy GPS-re az álláspontok koordinátáinak meghatározásához, egy mérőállomásra a hozzá tartozó lábbal, valamint egy prizmára a hozzátartozó prizmabottal, a szög-, és távolságmérés elvégzéséhez. A számomra szükséges műszerek és kiegészítőiknek műszerraktárból való kikérése után, a terep feltérképezése volt az első feladatom. A feladat ezen része egy időigényes folyamat volt, hiszen a templom körül igen sűrű beépítettséggel találkozhatunk, így nem volt egyszerű egy olyan hálózatot kialakítani köré, amelynek lehetőleg minden pontja között biztosított az összeláthatóság. Mivel az álláspontjaim koordinátáit GPS-el kellett meghatároznom, így a pontok elhelyezésénél arra is ügyelnem kellett, hogy azok olyan helyen legyenek, ahol biztosított az égboltra való szabad kilátás, tehát a pontok nincsenek leárnyékolva.

5.1.1 Hálózat kialakításának főbb szempontjai

A kiegyenlítés során használt legkisebb négyzetek módszere sem tud mindenben segíteni, például olyan hálózat esetében sem, ahol nincsenek fölös mérések, vagy kedvezőtlen geometriával bírnak. Ezért a mérés során például sokat segít a szomszédos pontok mellett, a távolabbi pontokkal való összemérés is, hiszen ez a hálózaton sokat merevít, és a terepi munkát sem növeli meg nagy mértékben. Kerülni kell az irányoknál a nagyon tompa ($>150^\circ$) és a nagyon hegyes ($<30^\circ$) szögeket. Vízszintes hálózat esetében az a cél, hogy pontjainak hibaellipszisei a lehető legjobban közelítsék a kör alakot. A fölösmérések egyenletes elosztása szintén fontos szempont. Amennyiben nem rendelkezik egy hálózat fölös mérésekkel, az irreálisan kicsi középhiba értékeket kap (teljes hiányában ez 0 lesz). [20]

Végül sikerült egy 5 pontból álló lokális hálózatot kialakítani, aminek bár nem minden pontja volt összelátható, de kellően kielégítő geometriával rendelkezett. Bár az utolsó (1005-ös) pontról csak az 1004-es pont és a templom tornya volt irányozható, szükségesnek éreztem a használatát annak érdekében, hogy a hálózatom minél jobban körbeölelje a templomot.

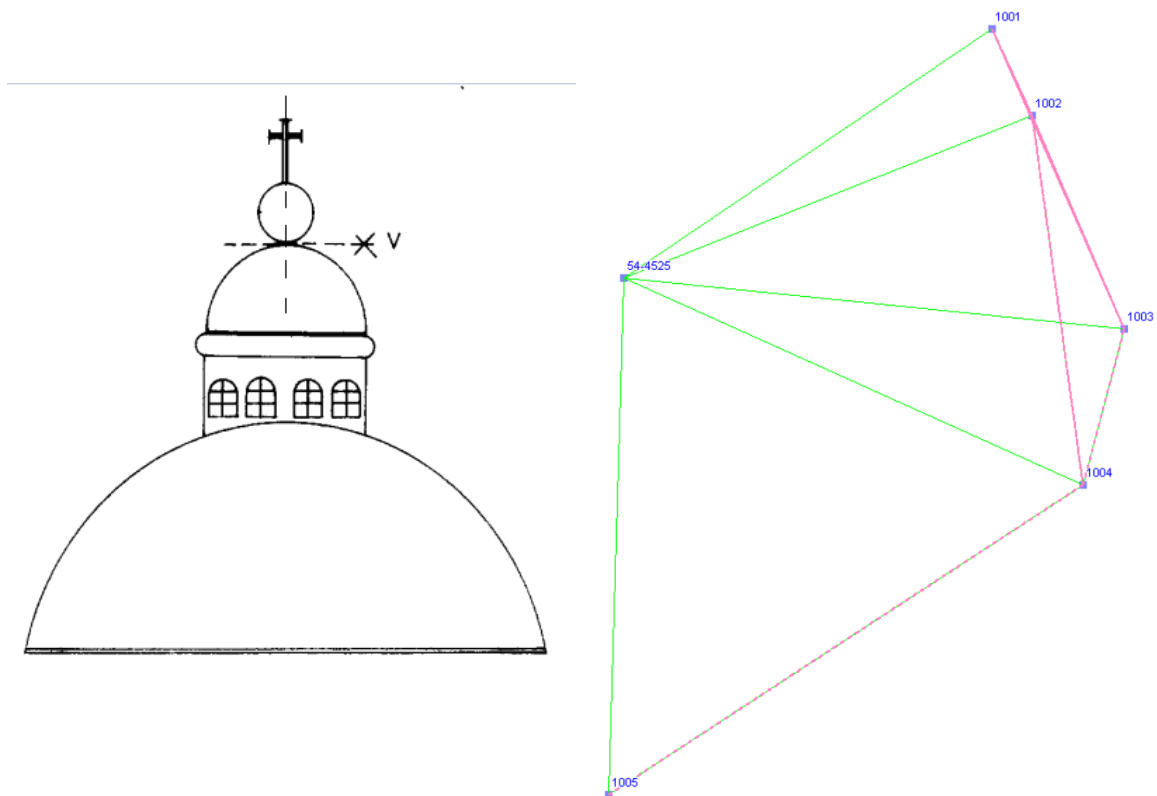
A pontok helyének kijelölése után a Hi-Target v100 típusú GPS segítségével határoztam meg azok koordinátáit. A meghatározás hálózati RTK módszerrel történt.

Ezt követően minden ponton sorban felálltam (az 1001-es ponttól indulva) a FOIF RTS 332 típusú mérőállomással, és az összes irányozható pontomra irány-, és távolságmérést végeztem egy FOIF prizma segítségével, valamint a templom tornyára is mértem irányt minden egyes pontról.



5.1. ábra Mérőállomás az 1005-ös ponton háttérben a Prohászka Ottokár templom tornyával

A templomtorony esetében az irányzás a torony szimmetriatengelyére történt, a kereszt alatti gömb nyaka által kijelölt vízszintessel elmetszve. Minden pont esetében ötször végeztem el az irányzást és a mérést, hogy a feldolgozás során, a fölös mérések által pontosabb eredményt kaphassak. Az adatok rögzítése a műszerben található memóriakártyára történt, hogy később egyszerűbb legyen azok lementése a feldolgozáshoz. A korai sötétedés miatt nem tudtam befejezni ezen a napon az irány-, és távolság meghatározásokat, így a pótmérésre másnap került sor, az 1005-ös pontom esetében.



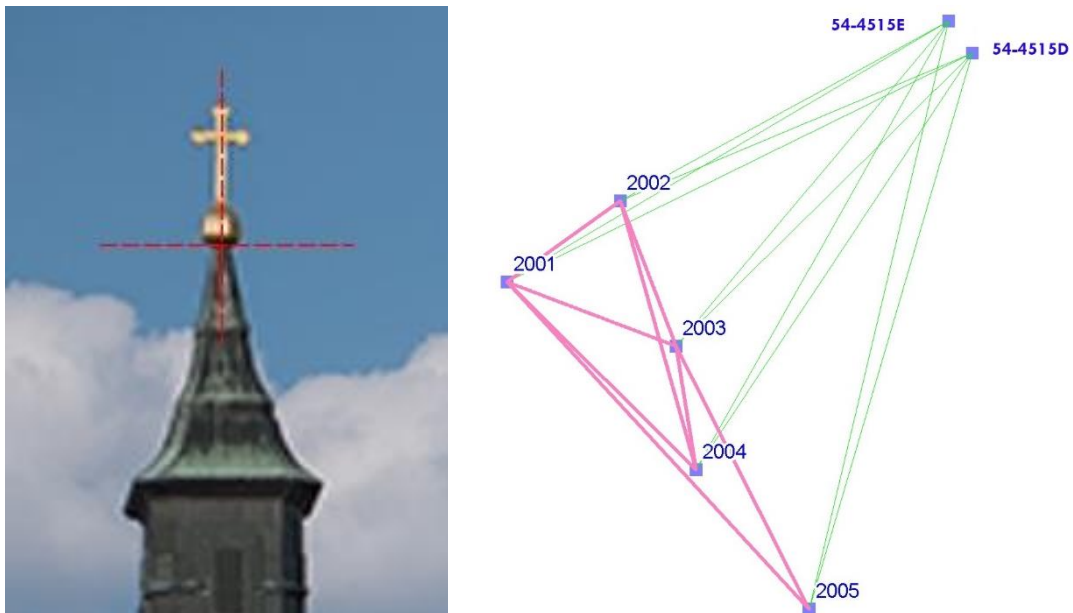
5.2. ábra Prohászka Ottokár templom irányzásának helye (forrás: Geochop.hu)

és a templom körüli hálózat vázlata



5.3. ábra Prohászka Ottokár templom körül létesített hálózat pontjai elhelyezkedésének szemléltetése a terepen (forrás: Google térkép)

A Szent István Székesegyház tornyainak meghatározására 2022.10.19.-én került sor, Böröcz Balázs szaktársam közreműködésével. Az előző méréshez hasonlóan a hálózat elhelyezésének megtervezésével kezdtem el a feladatomat. A hálózat a Székesegyház Piac tér felőli oldalán, az utca szintjén került létesítésre. A szintén 5 pontból álló hálózatomnak minden pontja a korábbi feladatomhoz hasonlóan (szintén a Hi-Target v100-as vevővel) GPS-es helymeghatározással kapott koordinátát. A koordinátameghatározás után kezdetét vette a (úgyszintén FOIF 332 típusú) mérőállomással történő mérés, mely során szintén egy fordulóban, 5 alkalommal határoztam meg az adott pontról minden lehetséges pontomra az (beleértve a Székesegyház É-i és D-i tornyát, mely esetben csak irányt) irányokat és távolságokat.



5.4. ábra Székesegyház tornyának irányzási helye (forrás: google) és a Székesegyház körüli hálózat vázlata

Az utca különösen nagy forgalma és a szeles időjárás sok esetben nehezítette, s ezáltal lassította is a mérés folyamatát, ugyanis a járókelő emberek sok esetben besétáltak a prizma elé, és a szél által lengedező levelek is néha belezavartak a műszerből kibocsájtott lézer útjába. A Székesegyház tornyainak irányzása a Prohászka templom tornyának irányzásával megegyező módon, tehát a kereszt alatt található gömb nyakára történt.



5.5. ábra Szent István Székesegyház körül létesített hálózat pontjai elhelyezkedésének szemléltetése a terepen
(forrás: Google térkép)

5.2 Mérés feldolgozása

5.2.1 Nyers adatok feldolgozása

A mérőállomásból kimentett nyers mérési fájl Excel táblába hívtam be, ahol is először tanulmányoztam a kapott adatokat. Mivel a szögeket fél szögmásodperc formában rögzítette a műszer a kiolvasott állományba, így először azokat át kellett váltanom szög-perc-másodperc formátumba.

Első lépésként az összes értéket 7200-zal leosztottam, így megkaptam a szögeket decimális formátumban. Ez után az Excel Visual Basic Editor nevű alkalmazásának segítségével kaptam meg a decimális szögeket DMS formátumban.

A Visual Basic Editor alkalmazást az Excelen belül az ALT + F11 billentyűkombinációval indítottam el, majd a „Beszúrás” menü „Modul” elemére kattintva, az előugró ablakba megadtam az alábbi parancssort.

```
Function Convert_Degree(Decimal_Deg) As Variant
    With Application
        'Set degree to Integer of Argument Passed
        Degrees = Int(Decimal_Deg)
        'Set minutes to 60 times the number to the right
        'of the decimal for the variable Decimal_Deg
        Minutes = (Decimal_Deg - Degrees) * 60
        'Set seconds to 60 times the number to the right of the
        'decimal for the variable Minute
        Seconds = Format(((Minutes - Int(Minutes)) * 60), "0")
        'Returns the Result of degree conversion
        '(for example, 10.46 = 10° 27 ' 36")
        Convert_Degree = " " & Degrees & "° " & Int(Minutes) & " ' " & Seconds + Chr(34)
    End With
End Function
```

5.6. ábra Decimális érték DMS-be történő konvertálásának parancssora [21]

Azt ALT+F11 billentyűparancs újbóli lenyomása után visszatérve az Excel fő lapjára az =Convert_Degree() képlet eredménye képpen már meg is kaptam a szög-perc-másodperc formátumú szögeimet. [21]

Ez után következett a mért szögek és távolságok tüzetesebb átnézése. Mint már említettem, minden pontot álláspontonként ötször irányoztam, így minden esetben átnéztem az eredményeket, és a kiugró értékek kihagyása mellett számoltam tovább.

Elvégeztem a szögek és távolságok közepelését, majd a kapott értékekhez megbízhatósági középhibát is számoltam a $\mu = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n-1}}$ képlettel mind a szögek, mind a távolságok esetében.

Álláspont	Irányzott pont	Irányérték	Íránymérés középhibája (mp)	Távolság	Táv mérés középhibája (m)
1001	54-4525	79-43-06	4,2		
	1002	359-08-34	3,8	28,006	0,0023
	1003	359-59-46	5,3	96,600	0,0052
1002	1001	328-24-12	5,8	28,006	0,0033
	54-4525	241-17-47	5,3		
	1003	149-36-41	4,1	68,599	0,0019
	1004	165-15-36	5,1	110,231	0,0028
1003	1001	267-34-44	7,1	96,600	0,0006
	1002	267-55-18	7,5	68,597	0,0001
	54-4525	207-08-48	5,3		
	1004	126-18-09	5,6	47,895	0,0002
1004	54-4525	185-49-16	5,8		
	1002	243-39-55	6,6	110,232	0,0009
	1003	266-24-27	5,9	47,892	0,0034
	1005	128-26-46	1,9	167,071	0,0028
1005	54-4525	155-13-52	5,0		
	1004	210-22-48	4,6	167,070	0,0007

5.1. táblázat Prohászka Ottokár tornyának mérési jegyzete, a közepelt értékekkel és a középhibák feltüntetésével

Álláspont	Irányzott pont	Irányérték	Iránymérés középhibája (mp)	Távolság	Táv mérés középhibája (m)
2001	2002	306-4246	5.8	60.655	0,0006
	54-4515E	311-41-48	4.4		
	54-4515D	316-05-51	6.3		
	2003	3-14-19	3.2	78.857	0,0007
	2004	27-11-26	7	116.287	0,0004
	2005	29-38-53	3.7	194.124	0,0016
2002	2001	79-37-17	2.5	60.660	0,0001
	54-4515E	266-28-01	6.7		
	54-4515D	272-25-42	14.52		
	2003	4-15-15	4.1	67.991	0,0003
	2004	9-29-25	5.1	121.943	0,0008
2003	2001	124-05-45	5.8	78.855	0,0007
	2002	172-11-19	6.6	67.662	0,0009
	54-4515E	233-03-34	4.8		
	54-4515D	238-24-23	5.7		
	2004	3-56-50	1.8	54.591	0,0009
	2005	346-20-52	4.2	128.377	0,0005
2004	2001	65-32-16	3.1	116.281	0,0003
	54-4515E	139-58-12	4.7		
	54-4515D	144-09-03	5.4		
	2002	94-54-21	7.4	121.945	0,0013
	2003	101-26-09	6.2	54.592	0,0011
2005	2001	177-51-25	4.7	194.123	0,0008
	2003	193-42-44	5.6	128.376	0,0008
	54-4515E	233-52-33	7.4		
	54-4515D	236-54-02	1.7		

5.2. táblázat Szent István székesegyház mérési jegyzete a közepelt értékekkel és a középhibák feltüntetésével

A GPS-el meghatározott hálózati pontok koordinátáit, a használt szoftvernek köszönhetően egyszerre EOVB-ben kaptam meg, így azokkal más feladatom nem volt, mint lementeni őket a vezérlő egységről. Ez után már csak a Windows jegyzettömbjének segítségével kellett létrehoznom egy, a Geocalc szoftver által jól kezelhető formátumú koordinátajegyzéket.

5.2.2 GeoCalc 3 (3.5) -al történő feldolgozás:

Rövid ismertető a Geocalc szoftverről

A GeoCalc egy olyan geodéziai programcsomag, amely képes a terepen felmért adatok feldolgozására. A szoftvert a Geoinformatikai Intézet dolgozói készítették és fejlesztik folyamatosan. A mért adatainkat a programba manuálisan is bevihetjük, illetve számos adatrögzítő állományát is tudja kezelni a szoftver, így állományból is behívhatjuk a mérési jegyzőkönyvet. Akár különböző típusú adatrögzítővel mért adatokat is össze lehet így kapcsolni. A bevitt adatokból ki tudunk menteni egy GMJ kiterjesztésű fájlt, ami abban az esetben nagyon hasznos, amikor még a programon belül módosításokat kell végeznünk a jegyzőkönyvön, így amennyiben később még dolgozni szeretnénk a fájllal, akkor nem kell újra elvégezni a módosításokat, csak a GMJ fájlt behívni. Az adatok feldolgozásánál lehetőség van vetületi redukciók és magasságkülönbségek számítására is. A programmal el tudunk végeztetni különböző geodéziai pontkapcsolási számításokat, hálózatkiegyenlítést, - mint vízszintes, mint magassági értelemben - térbeli transzformációkat, de akár földrajzi koordináták konvertálását is. [22]

5.2.3 Kiegyenlítés elvégzése a Geocalc program segítségével

Mivel a programot számos iskolai feladatnál használtuk, így a kezelése során nem ütköztem különösebb nehézségbe. A szoftver otthoni - oktatási, kutatási célra hasznosítható – licenc-ét használva kezdtem el a feldolgozást. Első lépésként az „Adatrögzítő” modulban a „Beállítások” fülön belül, a „Vetületi redukciót” kiválasztva behívtam a (korábban GPS-ből kimentett EOVS) koordinátáimat, melyből a program Y, X, és M átlag értékeket kalkulálva, később ki tudta számítani a távolságokra vonatkozó EOVS szerinti vetületi redukciót. Ezek után az „Adatrögzítő” fülön maradva manuálisan bevittam a mérési adataimat, amit kimentettem GMJ kiterjesztésű fájlként, hogy később szükség esetén egyszerűen behívhassam azt. A távolság redukció kiszámíttatása után a mérési jegyzőkönyvet elmentettem .pdf formátumban, majd a „Hálózatkiegyenlítés” modulban folytattam a munkát.

A modul „Beállítások” fülén belül meg kellett adni a hálózat alaptulajdonságait, tehát az iránymérés kiegyenlítés előtti középhibáját (melynek értéke jelen esetben: 10”), a Távmérés kiegyenlítés előtti középhibáját (ennek értéke a mérés során használt műszer adatai alapján: 2 mm + 2 mm/km), és az átlagos távolságot (Prohászka templom esetén 120 m, Székesegyház esetén 200 m). Az iránymérés súlya a távolságtól függetlenre, és a távolságmérés súlya is távolságtól függetlenre lett állítva. A statisztikai próba valószínűségi szintjét önálló hálózat esetén általában 90-95% közötti értékre szokás állítani, így én a 95%-os beállítást választottam. Ezeket a beállított értékeket arra használja fel a rendszer, hogy aposteriori (utólagos) középhibákat képezzen belőlük.

A hálózatok tulajdonságainak beállítása után az „Előzetes számítások” fülön belül kiszámíttattam az ismeretlen pontom/pontjaim előzetes koordinátáját/koordinátáit. Ezt a rendszer egyszerű pontkapcsolásokkal oldja meg. Ehhez „végigszalad” a mért hálózaton a rendszer és feltérképezi, hogy az ismeretlen pontot/pontokat mely pontkapcsolásokból tudja kiszámolni, majd tájékoztat végez az adott ponton. Erről a folyamatról jelentést is készít, amiben azt részletezi, hogy mely pontkapcsolási módszerekkel és milyen adatok felhasználásával jutott el az előzetes koordináták kiszámításához. Az így elkészült előzetes számításokról szóló jegyzőkönyvet szintén kimentettem. Ez után a „Vízszintes kiegyenlítés” menüpontban a „Kiegyenlítés” rádiógombra kattintva megtörténik a hálózat kiegyenlítése. Ennek eredménye képpen láthatjuk a kiszámolt javítási értékeket minden irányra és távolságra vonatkozóan. A kiegyenlítés eredményeiről is kapunk egy részletes jegyzőkönyvet, amelyben már szerepelnek a meghatározott magaspont/magaspontok végleges koordinátái. Az elvégzett számításokról készült jegyzőkönyvet és a hálózat mérési vázlatát is elmentettem.

A jegyzőkönyv, a magaspont végleges koordinátái mellett tartalmaz még többek között egy leírást a hálózat jellemző adatairól (melyeket korábban beállítottunk), a maximális javítások kimutatását, a mérési jegyzőkönyvet, az elvégzett javítások értékének kiírásával. Továbbá a meghatározott pontok előzetes és végleges koordinátáit is megtaláljuk benne, kimutatva ezen értékekből a középhiba x és y irányú, valamint minimális és maximális értékét, illetve szögét. Az utóbbi 3 érték a pont körüli hibaellipszist adja meg.

A maximális javítások kimutatása hasznos lehet számunkra, hiszen könnyen észrevehetjük azokat a nagyobb hibával terhelt értékeket, amik negatív irányba viszik el a számítást. Esetemben is több olyan értékre hívta fel a figyelmemet, amelyeket a számításból kivéve jobb eredményeket kaptam.

Az elkészült jegyzőkönyvben célszerű megfigyelni még ezen kívül is néhány adatot, mint például a javítások súlyozott négyzetösszeg- és a pótnormálegyenletből számított érték viszonyát egymáshoz képest. Ennek a két számnak közel megegyezőnek kell lennie, ugyanis a javítások négyzetösszege akkor minimális, ha annak értéke a pótnormálegyenletből kapott értékkel azonos.

5.3 A kiegyenlítő számítások alapelve

5.3.1 A kiegyenlítés feladata és szükségessége

Kiegyenlítő számítás végezhető minden esetben, amikor valamilyen mennyiség meghatározása során, úgynevezett fölös mérések is keletkeznek. Például egy pont koordinátáinak meghatározása esetén számos esetben több távolság-, és iránymeghatározás történik, mint amennyi matematikailag szükséges lenne a számítások elvégzéséhez. Ilyen esetekben különböző (de összetartozó) irány és távolság kombinációjának felhasználásával, a számítások során kis mértékben eltérő koordinátákat kapunk egy adott pont esetében, a mennyiségek mérési hibával való terheltsége miatt. Azonban a gyakorlat szempontjából, a különböző mérési eredmények felhasználásától függetlenül, egyetlen értéket kell használni a meghatározandó mennyiség (például egy pont koordinátájának) jellemzésére. Emiatt a mérési eredményeket szükséges valamilyen irányba megváltoztatni. Ezt, a mérési eredmények javításának nevezzük. [23] [24]

A kiegyenlítő számítás feladata az egymásnak ellentmondó mérési eredmények megváltoztatása, korrigálása úgy, hogy a korrigált mérési eredmények ellentmondás nélkül megfeleljenek a közöttük lévő matematikai és geometriai feltételeknek. A mérések korrekciójának problémája számtalan módon megoldható. A geodéziai gyakorlatban az egymásnak ellentmondó feladatok során, az esetek többségében a mérési eredmények javítása nélkül történik. A mérési eredmények korrekcióját természetesen úgy kell elvégezni, hogy a korrekció a lehető legkisebb legyen. **A kiegyenlítés célfüggvénye, a**

javításokat minimalizáló függvény. A mérési eredményekhez kapcsolódó konkrét korrekciók sorozatát, korrekciós értékrendszernek nevezzük. A kiegyenlítés célfüggvénye a valószínűség-számítás és a matematikai statisztika alapján kerül felvételre, azonban ez így is egyfajta tetszőleges felvétel. Ha azonban hozzáadjuk a célfüggvényt, az egy jól definiált rendszert alkot. A célfüggvény felvételére nem csak egy elfogadható megoldás alakult ki a mérési eredmények kiértékelésekor. [25]

A kiegyenlítéshez leggyakrabban használt becslési módszer, a Gauss-féle legkisebb négyzetek módszere. Ennek segítségével a valószínűségi változók várható értékeit és a kovarianciamátrixot tudjuk becsülni. A módszer egyértelmű feltétele a fölös mérések (f) megléte, tehát több (mennyiség jele: n) mért mennyiséggel kell rendelkezünk, mint amennyi feltétlen szükséges a feladat egyértelmű meghatározásához (s). [25]

$$f = n - s > 0 \quad (5.1)$$

Emellett a méréseink súlyviszonyait is ismernünk kell. Nem utolsó sorban a méréseink ne legyenek durva hibával terheltek. [25]

„A legkisebb négyzetek módszere az (L_i) mérési eredményekhez úgy rendel (v_i) javításokat, hogy miközben megszünteti a mérési eredményekben található ellentmondásokat, a javításokra igaz, hogy súlyozott négyzetösszegük minimális lesz” [25]

$$L(2): \sum v^2 \Rightarrow \min \quad (5.2)$$

$$\mathbf{v}^* \mathbf{P}_{LL} \mathbf{v} = \min \quad (5.3)$$

Azt a mérési eredményt (L_i), ami már megkapta a javítási értéket (v_i), kiegyenlített mérési eredménynek nevezzük (U_i). [25]

$$U_i = L_i + v_i \quad (5.4)$$

Ezen módszer alkalmazásakor felhasználunk úgynevezett paramétereket is, amelyek tulajdonképpen nem mért mennyiségek. Egy szög- és távolságmérési hálózat esetében ezek lehetnek például egy pont koordinátái. Legyen adott egy kiegyenlíteni kívánt feladat, mely megoldása során „r” db $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_r$ paraméter kerül felhasználásra. Ezen paraméterek kiegyenlítésből nyert értékei pedig $X_1, X_2, \dots, X_r$. A feladatok megoldása esetén legtöbbször előzetes paraméterekből indulnak ki (ezen előzetes értékeket jelöljük: $X_{10}, X_{20}, \dots, X_{r0}$). A kiegyenlítési folyamat során pedig ezeknek az előzetes értékeknek a változásait ($x_1, x_2, \dots, x_r$) határozzák csak meg. Ezen mennyiségek közötti kapcsolat pedig az alábbi módon írható le. [25]

$$X_j = X_{j0} + x_j \quad (5.5)$$

A legkisebb négyzetek módszere vonatkozásában két csoportra tudjuk osztani a kiegyenlítés megoldását:

5.3.2 Közvetett módszer

A közvetett kiegyenlítés során bevezetésre kerülnek olyan nem mért ismeretlenek, vagy más néven paraméterek, amelyekkel az egyes mérések korrekciói reprezentálhatók.

Első lépésben először ezek a paraméterek kerülnek meghatározásra, majd azokból csak közvetett módon kerülnek kiszámításra a mérési eredmények korrekciói és kiegyenlített értékei. [25]

5.3.3 Közvetlen módszer

A közvetlen módszer folyamán közvetlenül a mérési eredmények javításai és a mérések kiegyenlített értékei kerülnek meghatározásra. Ilyenkor közvetlenül a mérési adatok közötti matematikai feltételek felhasználandók. [25]

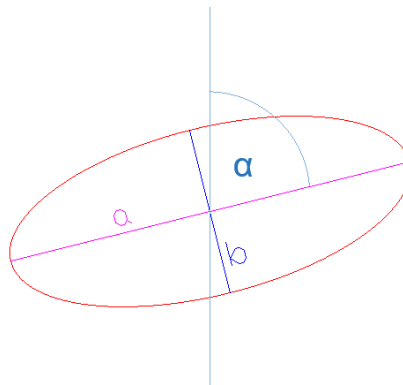
5.3.4 Hibaellipszisek felszerkesztése AutoCAD programba

A Geocalc által, a vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyvben megkapott meghatározandó pontra vonatkozó középhiba maximális-, minimális-, valamint szögértékének segítségével egyszerűen felrajzolható a pont körüli hibaellipszis. A középhiba maximális értéke adja meg számunkra a hibaellipszis félnagytengelyének értékét, minimális értéke a félkistengely értékét, valamint szögértéke pedig az ellipszis elhelyezkedésének irányát.

Első lépésben koordinátás pontként felszerkesztettem a meghatározott pont/pontok kiegyenlítés során kapott koordinátáinak segítségével a torony/tornyok pontjait, majd eköré ugyanígy elhelyeztem a hálózat pontjait is, ismert koordinátájuk segítségével. A szemléletesség kedvéért minden olyan pontot összeköttem egymással, amelyek között történt távolság és/vagy iránymeghatározás. Az átláthatóság érdekében különböző színnel jelöltem a magaspont/pontok és a hálózat pontjai közötti, valamint két hálózati pont közötti méréseket. Végző lépésként az „ellipszis létrehozása a középpont megadásával” funkció segítségével, - középpontnak kijelölve a magaspontot - és a fent említett adatok megadásával felszerkesztettem a hibaellipszist.

Hibaellipszis

Valamely pont pontosságát vízszintes hálózatok esetében hibaellipszis ábrázolásával szokták jellemezni. A hibaellipszist fél nagytengelyének (a), fél kistengelyének (b) méretével, illetve irányának szögértékével (α) adják meg. Ezen a kovariancia-mátrixából, főtengely-transzformációval meghatározott, legnagyobb és legkisebb középhiba értékét és irányát értjük. [25]



5.7. ábra Hibaellipszist leíró paraméterek szemléltetése

6. A FELDOLGOZÁS EREDMÉNYEINEK ISMERTETÉSE ÉS ELEMZÉSE

6.1 A meghatározott koordináták

A vízszintes kiegyenlítés beállított paramétereit és a kiegyenlítés jóságát mutató mérőszámokat az alábbi táblázatban foglalom össze.

A hálózat jellemző adatai	Prohászka Ottokár templom	Szent István Székesegyház
Íránymérés kiegyenlítés előtti középhibája	5"	5"
Súlyegység középhibája	2mm+2mm/km	2mm+2mm/km
Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt	5	5
Táv mérés súlya	távolsággal arányos	távolsággal arányos
Írány mérés súlya	távolságtól független	távolságtól független
Átlagos távolság	120 m	200 m
Javítások súlyozott négyzetösszege	2440.733	2253.931
Pótnormálegyenletből	2440.733	2253.931
Súlyegység középhibája kiegyenlítés után	11.33	9.31
Relatív középhiba	1/18199	1/22153
Maximális középhiba	8 mm	20 mm
Minimális középhiba	5mm	6 mm

6.1. táblázat A hálózat jellemző adatai a vízszintes kiegyenlítést követően

Ezen pár kiemelt érték elemzéséből megállapítható, hogy a mérés nem tartalmazott durva hibát, és a kiegyenlítés eredménye az adatokhoz mérten elfogadhatónak tekinthető.

A meghatározott magaspontok kiegyenlítés során kapott végleges koordinátái a következők:

Magaspont száma	Pont megnevezése	Y koordinátája	X koordinátája
54-4525	Prohászka templom	602373,04	204608,60
54-4515E	Székesegyház É-i tornya	601679,87	205350,24
54-4515D	Székesegyház D-i tornya	601690,24	205336,21

6.2. táblázat Szakdolgozatomban szereplő magaspontok nyilvántartott koordinátái

Az alábbi táblázat tartalmazza a szakdolgozatomban meghatározott magaspontok nyilvántartott koordinátáit.

Magaspont száma	Pont megnevezése	Y koordinátája	X koordinátája
54-4525	Prohászka templom	602373.04	204608.63
54-4515E	Székesegyház É-i tornya	601679.90	205350.20
54-4515D	Székesegyház D-i tornya	601690.25	205336.27

6.3. táblázat Mért magaspontok nyilvántartott koordinátái

A templomtornyok általam mért és a nyilvántartott koordinátáinak különbségeként a következő koordinátaeltéréseket kaptam:

Magaspont száma	Δy (m)	Δx (m)
54-4525	0,00	0,031
54-4515E	0,02	-0,05
54-4515D	0,00	0,05

6.4. táblázat Meghatározott magaspontok koordinátaeltérései

Sasvári István, szakdolgozatának keretein belül 2018-ban szintén meghatározta a Székesegyház tornyainak koordinátáit, mely során az alábbi eredményeket kapta.

Magaspont száma	Pont megnevezése	Y koordinátája	X koordinátája
54-4515E	Székesegyház É-i tornya	601679,91	205350,26
54-4515D	Székesegyház D-i tornya	601690,29	205336,27

6.5. táblázat A Székesegyház koordinátái Sasvári István 2018-as mérései alapján

A két mérés eredményét összevetve az alábbi eltéréseket kaptam:

Magaspont száma	Δy	Δx
54-4515E	0,04	0,02
54-4515D	0,05	0,06

6.6. táblázat Az általam meghatározott illetve Sasvári István által meghatározott koordináták eltérései

Az eredmények összevetése után megállapító, hogy az általam alkalmazott mérési módszer, nem alkalmas kellően pontos eredmények eléréséhez egy magaspont koordinátáinak meghatározása során. Bár az RTK-val történő helymeghatározás számos földmérési munkának a folyamatát segíti, gyorsítja, sok esetben (mint például a jelenlegiben is) nem elégíti ki a pontossági igényeket. Úgy gondolom, hogy a kapott koordinátaeltérések egyrészt betudhatóak a hálózat alappontjait esetlegesen terhelő 1-2 centis hibájának (amely a GPS-es helymeghatározás megbízhatóságának köszönhető), valamint a hálózati pontok némileg kedvezőtlen elhelyezkedésének.

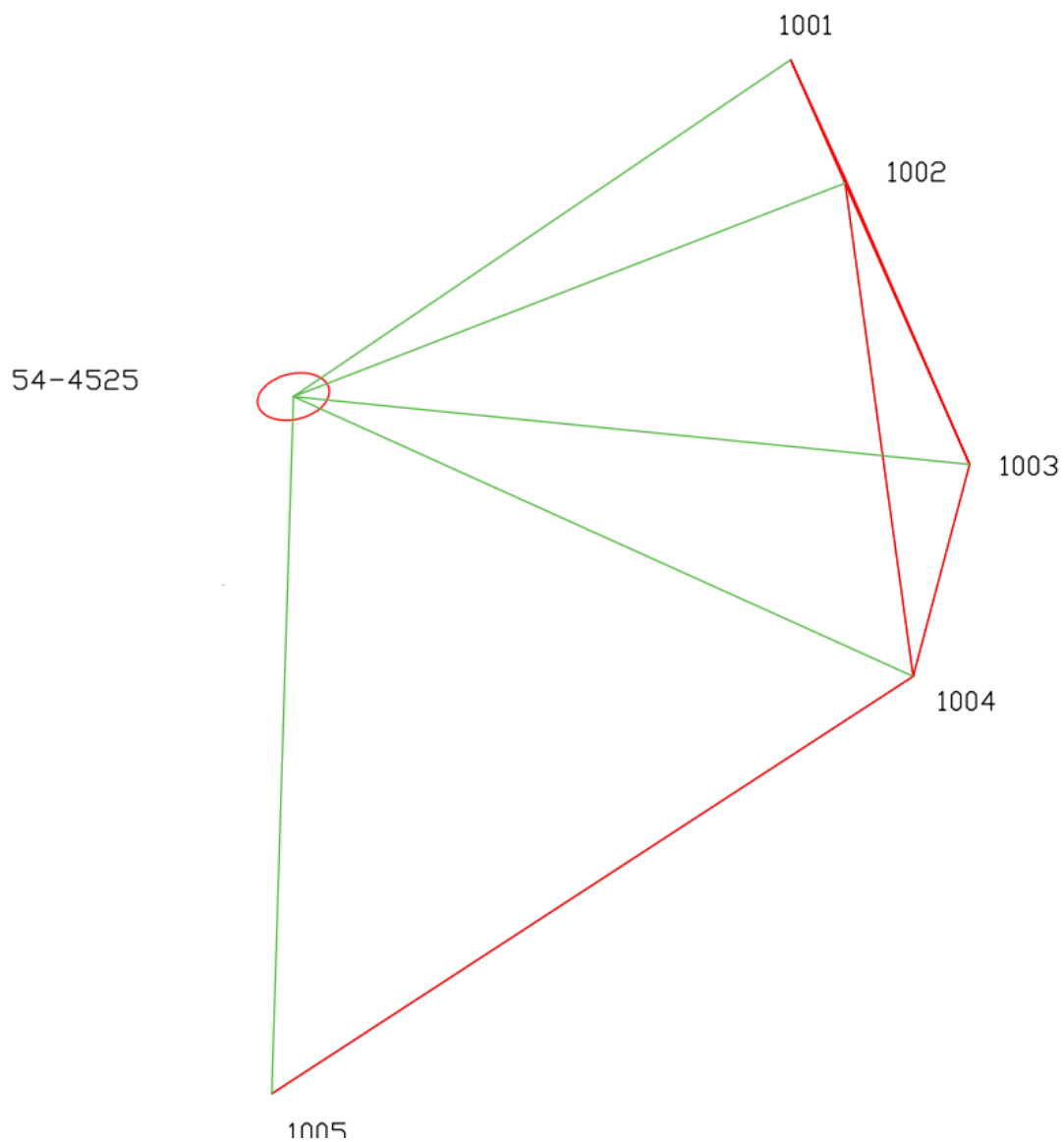
A mérés és feldolgozás során számos tapasztalattal gazdagodtam, amelyek birtokában egy következő alkalommal már más módszereket használnék a mérés során. Ilyen például az iránymérések két távcsőállásban való elvégzése, alappontok bevonása a hálózatba, vagy a tornyok gömbjére vonatkozó távolság mérése.

6.2 A hibaellipszisek

A koordináták mellé meghatároztam egyes kiegyenlítésekből kapott hibaellipsziseket is. A következő ábrákon ezeket mutatom be, az alábbi táblázatban feltüntetett adatok segítségével. Bár a táblázatban „mm” egységben vannak megadva az ellipszisek méretei, a szemléletesség kedvéért nagyított, méteres értékekkel ábrázoltam.

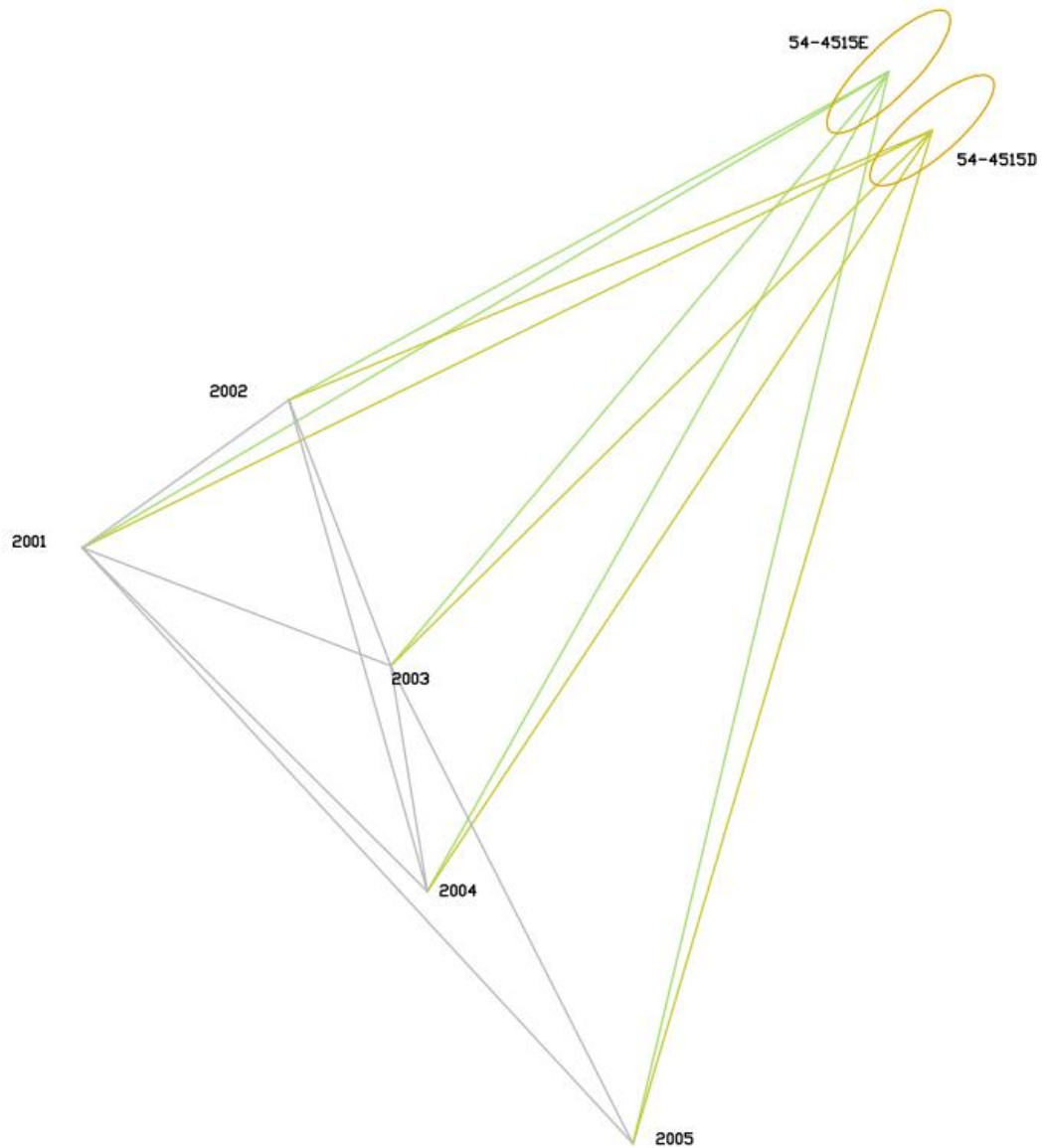
Magaspont száma	Pont megnevezése	hibaellipszis félkistengelye	hibaellipszis félnagy tengelye	hibaellipszis iránya
54-4525	Prohászka templom	5 mm	8 mm	80°
54-4515E	Székesegyház É-i tornya	6 mm	20 mm	45°
54-4515D	Székesegyház D-i tornya	6 mm	19 mm	49°

6.7. táblázat Meghatározott magaspontok hibaellipsziseinek adatai



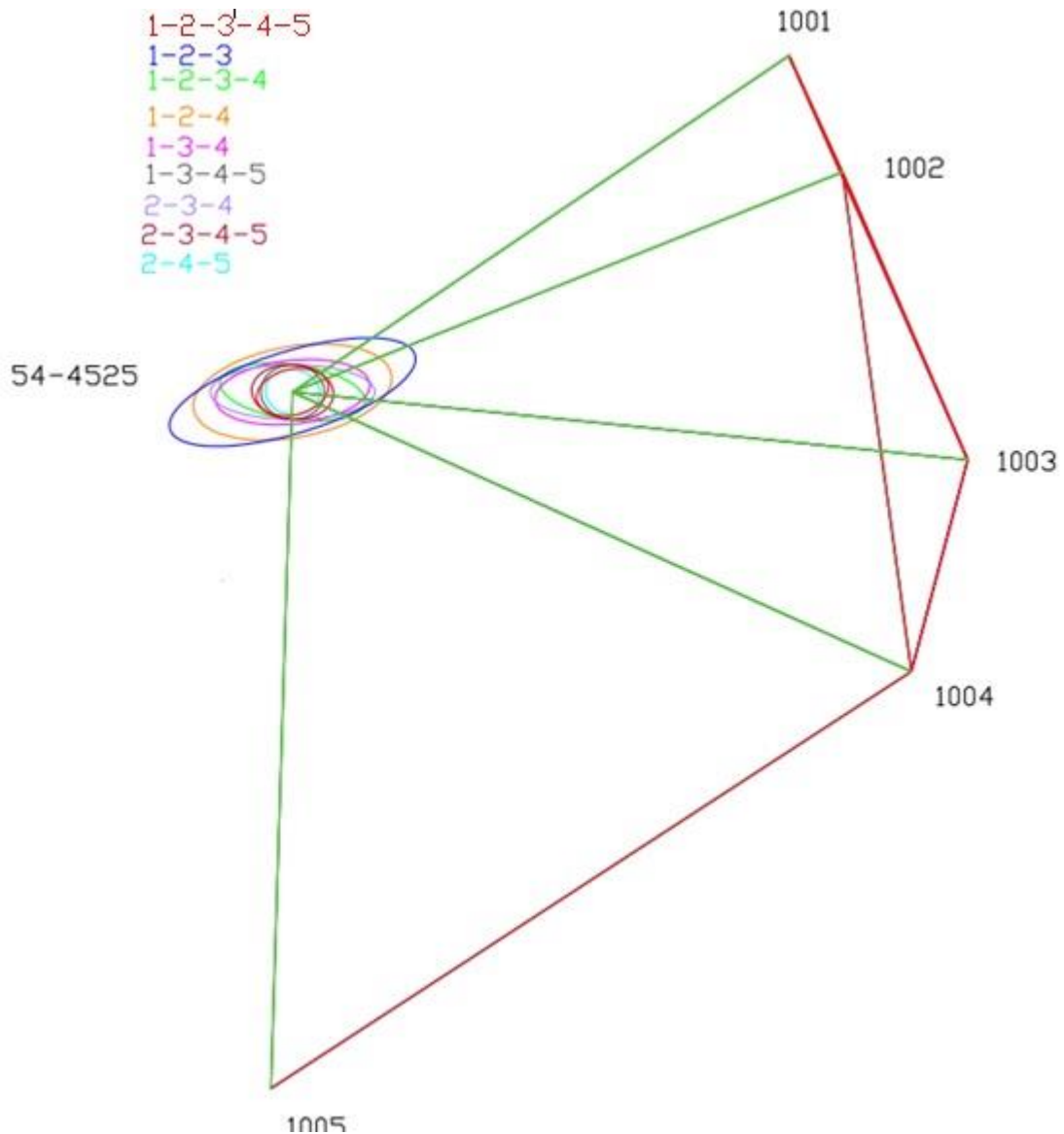
6.1. ábra Prohászka Ottokár templom meghatározott pontja körüli hibaellipszis

A fenti ábra a Prohászka Ottokár templom körüli lokális hálózattal meghatározott magaspont hibaellipszisének mutatja be, mely a kiegyenlítés során az összes hálózati pont felhasználásával jött létre.



6.2. ábra Szent István Székesegyház körüli lokális hálózat és a magaspontok hibaellipszise

Ezen az ábrán a Szent István Székesegyház meghatározott pontja körüli hibaellipszist ábrázoltam, mely esetben látható, hogy a hálózat alakja miatt a hibaellipszisek eléggé torzultak.

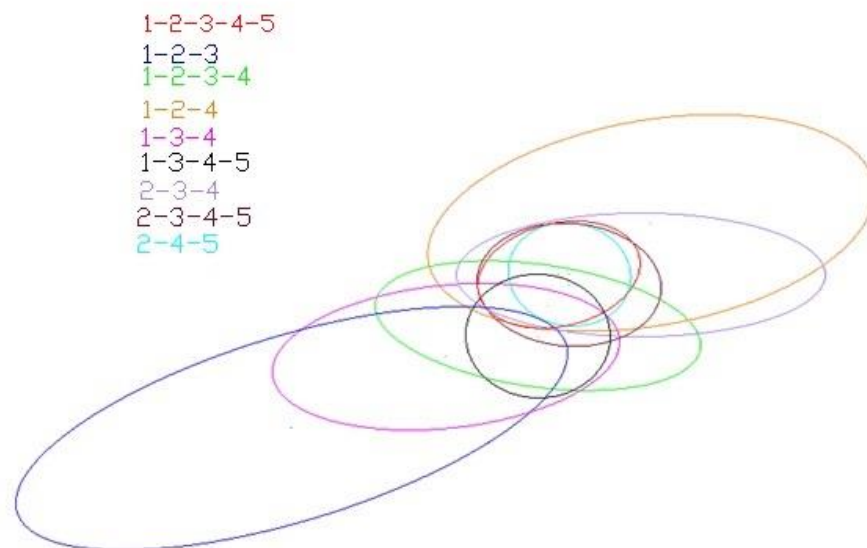


6.3. ábra A Prohászka Ottokár templom körül mért hálózat, és a hálózat pontjai közül csak kiválasztott pontok kiegyenlítésével kapott kiegyenlített koordináták hibaellipszisei

A Prohászka Ottokár templom esetében a kiegyenlítést elvégeztem különböző pontvariációk felhasználása mellett is. Jelen ábrán az így kapott hibaellipsziseket láthatjuk. A jelkulcs színezése mutatja, hogy melyik mért pontok kerültek be a kiegyenlítésbe az adott esetben. Jól látszik, hogy az 1005-ös pont kihagyása jelentősen megnöveli a hibaellipszis K-Ny-i irányú összetevőjét.

Nyilvántartott	602373,04	204608,63	mm		°	m	
54-4525	y	x	max	min	szög	Δy	Δx
1_2_3_4_5	602373,035	204608,597	8	5	80	0,005	0,033
1_2_3	602373,011	204608,587	28	9	72	0,029	0,043
1_2_3_4	602373,036	204608,599	16	6	82	0,004	0,031
1_2_4	602373,046	204608,607	22	10	80	-0,006	0,023
1_3_4	602373,02	204608,59	17	7	84	0,02	0,04
1_3_4_5	602373,035	204608,596	7	6	92	0,005	0,034
2_3_4	602373,045	204608,602	18	6	90	-0,005	0,028
2_3_4_5	602373,038	204608,601	9	6	94	0,002	0,029
2_4_5	602373,038	204608,602	6	5	99	0,002	0,028

6.8. táblázat A Prohászka Ottokár templom körüli hálózat egyes pontjainak kihagyásával, a magaspont kapott kiegyenlített koordinátái és a meghatározott hibaellipszisek paraméterei.



6.4. ábra A Prohászka Ottokár templom körüli hálózat egyes pontjainak elhagyásával, a kiegyenlítés során kapott koordinátáinak helye és a hozzájuk tartozó hibaellipszisek.

Az 54-4525-ös pont esetében a különböző pontvariációk mellett, a kiegyenlítés során kapott eredményeket a fenti táblázatban gyűjtöttem össze. Emellett egy arányos ábrát is készítettem, amelyen jól láthatóak a különböző koordinátás pontok köré kirajzolódó hibaellipszisek. Jól látszik, hogy a hibaellipszisek esetleg át sem fednek. A hibaellipszisek az egyszeres szórást jelenítik meg, ami az jelzi, hogy az adott pont koordinátája 65% valószínűséggel esik az ellipszisbe.

Az eredményeket elemezve látszik, hogy mérési pontok elhagyása a hibaellipszis méretének növekedését okozza, tehát a pontosabb meghatározáshoz (vagyis a kisebb hibaellipszisekhez) nagyobb számú pontra lett volna szükség.

A hibaellipszis alakját elemezve látjuk, hogy az ellipszis valamely irányba történő eltorzulását az alappontok rossz elhelyezkedése okozza. Amennyiben ezt a hatást csökkenteni szeretnénk az alappontokat körkörös helyzetben kell elhelyezni a magaspont körül.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Bár napjainkban meghatározó szerepet tölt be szakmánkban a GNSS technológia, az alappontok szerepéről sem lehet megfeledkezni. Számos olyan esettel találkozhatunk a földmérésben, amikor valamilyen okból kifolyólag nem támaszkodhatunk a műholdas helymeghatározásra. Ilyen lehet például amikor a mérés helyszíne erősen árnyékolt, így nincs műhold vétel, vagy amikor az internet elérése nem biztosított. Emellett a pontossági igények kielégítése érdekében a GPS-es helymeghatározással elérhető maximális pontosság figyelembevétele sem elhanyagolható. Ezekben az esetekben csak az alappontokra tudunk támaszkodni. Az alappontokon belül a magaspontoknak is fontos szerepük van a geodéziában, hiszen például magasságuknak köszönhetően sok irányból irányozhatók, tájékozási pontként könnyen felhasználhatók.

Szakdolgozatomban bemutattam két, Székesfehérvár belterületén található templom, összesen három magaspontjának meghatározását, lokális hálózatok segítségével, mely hálózatot alkotó pontok koordinátáit hálózatos RTK helymeghatározási módszerrel határoztam meg.

A mérés feldolgozása során kapott koordinátákat megfigyelve, arra a következtetésre jutottam, hogy egy magaspont meghatározásához az általam választott módszer nem szolgáltat kellően pontos eredményeket. Emellett több figyelmetlenséget is elkövettem a mérés során, amelyek kiküszöbölésével pontosabb eredményeket érhettem volna el. Többek között nem elég a magaspontok környezetének ilyen kis részét hálózati pontokkal lefedni. A templomok körüli teljes lefedettséget ilyen városi környezetben, a környező lapostetős, magas épületeken létesített álláspontok segítségével lehetett volna elérni, amely viszont szintén megkövetelte volna a pontok GPS-el történő helymeghatározását. A szögmérések pontosságát, a két távesőállásban végzett méréssel tudtam volna növelni. A templomtornyokon található gömb középpontjára történő távolságméréssel, szintén javíthattam volna a meghatározott koordinátákon.

8. SYNOPSIS

Although GNSS technology plays a decisive role in our profession these days, the role of trig points cannot be forgotten either. There are many cases in surveying when, for some reason, we cannot rely on these satellite positioning. This can be the case, amongst others, when the location of the measurement is heavily shaded, so there is no satellite reception, or when Internet access is not ensured. In addition to the above, to be able to meet the accuracy requirements of the measurement, the maximum accuracy achievable with GPS positioning cannot be neglected. In these cases, we can only rely on the trig points. When considering the trig points, the importance of the vertical networks is apparent since, thanks to their height, they can be oriented from many directions and can easily be used as reference points.

In my thesis I presented the determination of a total of three vertical points of two churches located in Székesfehérvár, with the help of local point networks. To establish the coordinates of the local point network I have relied on the RTK positioning method.

While examining the coordinates I have calculated during the measurement, I concluded that the used method did not provide accurate enough results to establish a single vertical point. In addition, by eliminating the few inattentions which I made during the measurement, I could have achieved more accurate results. Amongst other things, it is not enough to cover such a small part of the surroundings of the vertical points with network points. In a dense urban environment like this the complete coverage around the temples could have been achieved by positioning base points on the surrounding tall, flat-roofed buildings. This on the other hand would have also required GPS positioning of these points. Secondly, I could have increased the accuracy of the angle measurements by measuring them in two telescope positions. Finally, by measuring the distance to the center of the sphere located on the church towers, I could have also improved the accuracy of the coordinates.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNYTÁS

Szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Molnár Gábornak, hogy hozzájárult szakértelmével és türelmével a szakdolgozatom elkészüléséhez. Iránymutatásával segítette a mérési folyamatokat és vizsgamunkám összeállítását egyaránt.

Böröcz Balázs és Bőzsényi Barnabás szaktársaim közreműködését szintén szeretném megköszönni, akik a mérés során nyújtottak segítséget számomra.

Illetve köszönettel tartozom mindazon személyeknek, akik bármilyen módon hozzájárultak szakdolgozatom megvalósításához.

10.IRODALOMJEGYZÉK

- [1] G. Busics, *Geodéziai hálózatok*, Székesfehérvár: Dr. Mélykúti Gábor dékán, 2010.
- [2] S. Csepregi, R. Gyenes és P. Tarsoly, *Geodézia I*, Székesfehérvár, 2013.
- [3] B. György, *Geodéziai hálózatok 2. : A vízszintes hálózatok fogalmainak és történetének áttekintése*, Székesfehérvár, 2010.
- [4] G. Busics, *Geodéziai hálózatok 7. - 1D-2D-3D együttműködés, nyilvántartás*.
- [5] I. Sasvári, *Székesfehérvári tornyok (geodéziai magaspontok) koordinátáinak újramérése*, Székesfehérvár: Kézirat, 2018.
- [6] G. Dr. Busics, Z. Dr. Tóth és S. Dr. Tóth, *A magaspontok és levezetett pontok pótlásáról és ellenőrzéséről*, 2021.
- [7] D. Tóth, *Két magaspont újbóli meghatározása*, Székesfehérvár, 2015.
- [8] G. Busics, *Műholdas helymeghatározás I. - A GNSS-ről általánosságban*, 2010.
- [9] K. András, *Geodézia*, Budapest: Műegyetemi Kiadó, 2002.
- [10] J. Ádám, S. Rózsa és B. Takács, *GNSS elmélete és alkalmazása*, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, 2012.
- [11] KGO, „KGO,” [Online]. Available: https://www.sgo-penc.hu/geo_halozatok.php.
- [12] E. Kutassy, *Geodéziai alapismeretek*, Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021.
- [13] G. Busics, *Geodéziai hálózatok 5. - GNSS hálózatok, GNSS technológiával végzett alappontsűrítés*, 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.
- [14] „GNSS,” [Online]. Available: gnssnet.hu.
- [15] K. Kocsis, „Vasútvidék- Jó Pásztor Plébánia, Prohászka Ottokár emléktemplom,” 28 április 2018. [Online]. Available: <http://www.prohaszkatemplom.hu/index.php/bemutakozas/templomunk>.
- [16] „Székesfehérvár Turizmus,” [Online]. Available: <https://turizmus.szekesfehervar.hu/latnivalok/szent-istvan-szekesegyhaz>.
- [17] „Székesfehérvári Egyházmegye,” 11 2022. [Online]. Available: <https://www.szfvvar.katolikus.hu/adattar/plebaniak/szent-istvan-kiraly-plebania-szekesfehervar-belvaros->.

- [18] „GeoMentor Kft.,” [Online]. Available: <http://geomentor.hu/hi-target-v100-rtk-rover>.
- [19] M. i. China, „Made in China,” [Online]. Available: <https://geographicinstrument.en.made-in-china.com/product/ZBvJQpnkYURN/China-Foif-Total-Station-Rts332-Endless-Drives-and-Trigger-Key-RTS332-.html>.
- [20] B. Takács, Z. Siki, C. Égető és L. Berényi, *Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata- Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok*, Budapest: Magyar Mérnöki Kamara, 2018.
- [21] „Microsoft,” 10 2022. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/hu-hu/office/troubleshoot/excel/convert-degrees-minutes-seconds-angles>.
- [22] G. 3. (. szoftver, *GeoCalc súgó*.
- [23] Á. Detrekői, *Kiegyenlítő számítások*, Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat, 1991.
- [24] S. Csepregi, *Kiegyenlítő számítások*, Székesfehérvár, 2016.
- [25] G. Tóth, *Kiegyenlítő számítások MSc, Egyetemi előadás anyaga*, 2011-2014.
- [26] G. Busics, P. Engler, A. Guszlev és T. Jancsó, *Digitális adatgyűjtési technológiák*, Budapest: FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, 2009.
- [27] D. Csatkai, *Hatnyelvű Geodéziai Szakszótár*, Budapest: BUDAPESTI GEODÉZIAI és TÉRKÉPÉSZETI VÁLLALAT, 1978.

11.ÁBRAJEGYZÉK

2.1. ábra Templomtorony, gyárkémény és mérőtorony mint geodéziai magaspontok (Forrás: [2], Wikipédia)	8
2.2. ábra Irányzási pontok katolikus-, református tornyok, illetve kémény esetében [2]	8
2.3. ábra Magassági irányzás lehetséges megoldásai templomtorony és kémény esetében (forrás: google)	9
2.4. ábra A nem központra történő magassági irányzás hatása [4]	10
2.5. ábra egy magaspont (M) őrhálózatának kialakítása (forrás: [6])	13
3.1. ábra A GNSS technológiai jellemzőinek egy lehetséges csoportosítása [8]	16
3.2. ábra Különböző kinematikus helymeghatározási módszerekkel elérhető pontosságok [10]	19
4.1. ábra Prohászka Ottokár emléktemplom magaspontként (forrás: magyarvelemenyei.com)	22
4.2. ábra Szent István székesegyház (forrás: 360szekesfehervar.hu)	23
4.3. ábra Hi-Target V100 RTK rover és Juniper system Mesa2 vezérlő (forrás: en.ji-target.com.cn, junipersys.com)	24
4.4. ábra FOIF RTS 332 mérőállomás és FOIF prizma (forrás: forgeo.hu, geocenter.com)	26
5.1. ábra Mérőállomás az 1005-ös ponton háttérben a Prohászka Ottokár templom tornyával	28
5.2. ábra Prohászka Ottokár templom irányzásának helye (forrás: Geochop.hu)	29
5.3. ábra Prohászka Ottokár templom körül létesített hálózat pontjai elhelyezkedésének szemléltetése a terepen (forrás: google térkép)	30
5.4. ábra Székesegyház tornyának irányzási helye (forrás: google) és a Székesegyház körüli hálózat vázlata	31
5.5. ábra Szent István Székesegyház körül létesített hálózat pontjai elhelyezkedésének szemléltetése a terepen (forrás: Google térkép)	32
5.6. ábra Decimális érték DMS-be történő konvertálásának parancssora (forrás: learn.microsoft.com)	33
5.7. ábra Hibaellipszist leíró paraméterek szemléltetése	41
6.1. ábra Prohászka Ottokár templom meghatározott pontja körüli hibaellipszis	45
6.2. ábra Szent István Székesegyház körüli lokális hálózat és a magaspontok hibaellipszise	46
6.3. ábra A Prohászka Ottokár templom körül mért hálózat, és a hálózat pontjai közül csak kiválasztott pontok kiegyenlítésével kapott kiegyenlített koordináták hibaellipszisei	47
6.4. ábra A Prohászka Ottokár templom körüli hálózat egyes pontjainak elhagyásával, a kiegyenlítés során kapott koordinátáinak helye és a hozzájuk tartozó hibaellipszisek.	48

12.MELLÉKLETEK

- I. Prohászka Ottokár templom mérési jegyzőkönyve
- II. Prohászka Ottokár templom előzetes koordináták számítása
- III. Prohászka Ottokár templom kiegyenlítési jegyzőkönyve
- IV. Szent István Székesegyház mérési jegyzőkönyve
- V. Szent István Székesegyház előzetes koordináták számítása
- VI. Szent István Székesegyház kiegyenlítési jegyzőkönyve



Munkaszám: 1/2022

Székesfehérvár
Belterület

Mérési jegyzőkönyv

Prohászka Ottokár templom

2022

Vetület: EO V

Magasság:

Mérőeszköz típusa, száma:

FOIF RTS 332



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

Álláspont: 1001 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
54-4525	79.4306	0.0000						
1002	359.0834	0.0000		28.006			28.004	
1003	359.5946	0.0000		96.600			96.592	

Álláspont: 1002 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
1001	328.2412	0.0000		28.006			28.004	
54-4525	241.1747	0.0000						
1003	149.3641	0.0000		68.599			68.593	
1004	165.1536	0.0000		110.231			110.221	

Álláspont: 1003 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
1001	267.3444	0.0000		96.600			96.592	
1002	267.5518	0.0000		68.597			68.591	
54-4525	207.0848	0.0000						
1004	126.1809	0.0000		47.895			47.891	

Álláspont: 1004 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
54-4525	185.4916	0.0000						
1002	243.3955	0.0000		110.232			110.222	
1003	266.2427	0.0000		47.892			47.888	
1005	128.2646	0.0000		167.071			167.057	

Álláspont: 1005 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
54-4525	155.1352	0.0000						
1004	210.2248	0.0000		167.070			167.055	



Munkaszám: **1/2022**

Székesfehérvár
Belterület

Hálózatkiegyenlítés - Előzetes koordináták számítása

Prohászka Ottokár templom

2022



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

Tájékozás [1001]

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1001				156.0903	
1002	359.0834	155.1737	27.992	156.0903	-1
1003	359.5946	156.0850	96.590	156.0904	0

Tájékozás [1002]

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1002				6.5311	
1001	328.2412	335.1737	27.992	6.5325	13
1003	149.3641	156.2944	68.602	6.5303	-9
1004	165.1536	172.0849	110.224	6.5313	2

Tájékozás [1003]

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1003				68.3423	
1001	267.3444	336.0850	96.590	68.3406	-17
1002	267.5518	336.2944	68.602	68.3426	3
1004	126.1809	194.5301	47.887	68.3452	30

Tájékozás [1004]

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1004				108.2843	
1002	243.3955	352.0849	110.224	108.2854	11
1003	266.2427	14.5301	47.887	108.2834	-9
1005	128.2646	236.5525	167.052	108.2839	-5

Tájékozás [1005]

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1005				206.3237	
1004	210.2248	56.5525	167.052	206.3237	0

Előmentszés [54-4525]

	Y	X	Li	de
1001	602481.54	204682.15	79.4306	235.5209
1002	602493.24	204656.72	241.1747	235.5209
54-4525	602373.03	204608.60		

Előzetes tájékozás

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1001				156.0903	
54-4525	79.4306	235.5209	131.091	156.0903	-0
1002	359.0834	155.1737	27.992	156.0903	-1
1003	359.5946	156.0850	96.590	156.0904	0

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1002				6.5311	

1001	328.2412	335.1737	27.992	6.5325	13
54-4525	241.1747	248.1058	129.487	6.5311	0
1003	149.3641	156.2944	68.602	6.5303	-9
1004	165.1536	172.0849	110.224	6.5313	2

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1003				68.3426	

1001	267.3444	336.0850	96.590	68.3406	-20
1002	267.5518	336.2944	68.602	68.3426	-0
54-4525	207.0848	275.4319	148.311	68.3431	5
1004	126.1809	194.5301	47.887	68.3452	26

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1004				108.2839	

54-4525	185.4916	294.1746	148.417	108.2830	-9
1002	243.3955	352.0849	110.224	108.2854	15
1003	266.2427	14.5301	47.887	108.2834	-5
1005	128.2646	236.5525	167.052	108.2839	-1

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
1005				206.3231	

54-4525	155.1352	1.4617	152.310	206.3225	-6
1004	210.2248	56.5525	167.052	206.3237	6



Munkaszám: 1/2022

Székesfehérvár
Belterület

VÍZSZINTES HÁLÓZAT KIEGYENLÍTÉSE - Beillesztett hálózat számítása

Prohászka Ottokár templom

2022



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

A hálózat jellemző adatai

V. rendű hibahatár

Összes pont száma : 6
 Adott pontok száma : 5
 Új pontok száma : 1
 Mért irányok száma : 17
 Mért távolságok száma : 12
 Fölös mérések száma : 19
 Számításból kihagyott mérési eredmények száma : 3
 Iránymérés kiegyenlítés előtti középhibája = 5"
 Távmérés kiegyenlítés előtti középhibája = 2 mm + 2 mm/km
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 5
 Iránymérés súlya távolsággal arányos
 Távmérés súlya távolságtól független
 Átlagos távolság = 120 m
 Javítások súlyozott négyzetösszege = 2440.733
 Pótnormálegyenletből = 2440.733
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 11.33
 Relatív középhiba = 1/18199

Maximális javítások kimutatása

	Álláspont	Ir. pont	Jav.	Hibahat.
Iránymérés : 1003		1004	29"	(91)
Távmérés : 1001		1002	-12 mm	(17)

Statisztikai próbák durva hibák kimutatására

Valószínűségi szint = 95%

Globális teszt - F próba

Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 5.00
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 11.33
 Fölös mérések száma = 19
 Elméleti intervallum értékei: Alsó határ = 0.71 Felső határ = 1.32
 Súlyegység középhibájának intervalluma: Alsó határ = 3.54 Felső határ = 6.58

A globális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem elfogadható el

Lokális teszt - u próba

Álláspont	Ir. pont	Statisztika		
		Szám.	Elméleti	Mérés
1003	1002	5.51	1.96	Távolság

A lokális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem elfogadható el

KOORDINÁTA-JEGYZÉK

Felhasznált vízszintes alappontok			
Pontszám	Jelölés	Y	X
1001		602481.540	204682.150
1002		602493.240	204656.720
1003		602520.600	204593.810
1004		602508.300	204547.530
1005		602368.320	204456.360

2022. évben meghatározott vízszintes alappontok

Pontszám	Jelölés	Y	X	Középhiba				
				my	mx	max	min	szög

	602373.035	204608.597	8	5	8	5	80°
	-0.000	-0.000					
54-4525	602373.035	204608.597					

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Álláspont száma : 1001

Jele :

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
54-4525	79.4306	235.5203	156.0857	131.085	-3 (55)	9	-1.07	0.33
1002	359.0834	155.1737	156.0903	28.004 27.992	2 (120) -12 (17)	9 0	0.23 -	0.85 -
1003	359.5946	156.0850	156.0904	96.592 96.590	3 (64) -2 (31)	9 0	0.85 -0.97	0.49 1.00
zk = 156.0900								

Álláspont száma : 1002

Jele :

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
1001	328.2412	335.1737	6.5325	28.004 27.992	15 (120) -12 (17)	7 0	1.50 -	0.90 -
54-4525	241.1747	248.1054	6.5307	129.480	-2 (56)	8	-0.77	0.40
1003	149.3641	156.2944	6.5303	68.593 68.602	-7 (76) 9 (26)	7 0	-1.26 4.51	0.75 1.00
1004	165.1536	172.0849	6.5313	110.221 110.224	4 (60) 3 (33)	7 0	0.87 1.34	0.60 1.00
zk = 6.5310								

Álláspont száma : 1003

Jele :

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
1001	267.3444	336.0850	68.3406	96.592 96.590	-17 (64) -2 (31)	8 0	-3.92 -0.97	0.62 1.00
1002	267.5518	336.2944	68.3426	68.591 68.602	3 (76) 11 (26)	8 0	0.50 5.51	0.73 1.00
54-4525	207.0848	275.4321	68.3433	148.304	10 (52)	8	3.55	0.38
1004	126.1809	194.5301	68.3452	47.891 47.887	29 (91) -4 (22)	8 0	- -2.19	- 1.00
zk = 68.3423								

Álláspont száma : 1004

Jele :

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
54-4525	185.4916	294.1751	108.2835	148.411	-6 (52)	8	-2.13	0.36
1002				110.222	14 (60)	6	3.10	0.72

	243.3955	352.0849	108.2854	110.224	2	(33)	0	0.84	1.00
1003				47.888	-7	(91)	6	-0.89	0.88
	266.2427	14.5301	108.2834	47.887	-1	(22)	0	-0.69	1.00
1005				167.057	-2	(49)	6	-0.63	0.57
	128.2646	236.5525	108.2839	167.052	-5	(41)	0	-2.50	1.00
zk = 108.2841									

Álláspont száma : 1005

Jele :

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. mU	Stat.	f
					Irány [mp] Távolság [mm]		
54-4525	155.1352	1.4626	206.3234	152.310	-1 (51)	9	-0.53 0.22
1004				167.055	1 (49)	9	0.53 0.20
	210.2248	56.5525	206.3237	167.052	-3 (41)	0	-1.50 1.00
zk = 206.3236							



Munkaszám: 2/2022

Székesfehérvár
Belterület

Mérési jegyzőkönyv

Szent István Székesegyház

2022

Vetület: EO V

Magasság:

Mérőeszköz típusa, száma:

FOIF RTS 332 mérőállomás



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

Álláspont: 2001 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
2002	306.4246	0.0000		60.655			60.650	
54-4515E	311.4148	0.0000						
54-4515D	316.0551	0.0000						
2003	3.1419	0.0000		78.857			78.850	
2004	27.1126	0.0000		116.287			116.277	
2005	29.3853	0.0000		194.124			194.107	

Álláspont: 2002 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
2001	79.3717	0.0000		60.660			60.655	
54-4515D	272.2542	0.0000						
54-4515E	266.2801	0.0000						
2003	4.1515	0.0000		67.991			67.985	
2004	9.2925	0.0000		121.943			121.932	

Álláspont: 2003 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
2001	124.0545	0.0000		78.855			78.848	
2002	172.1119	0.0000		67.992			67.986	
54-4515E	233.0334	0.0000						
54-4515D	238.2423	0.0000						
2004	3.5650	0.0000		54.591			54.586	
2005	346.2052	0.0000		128.377			128.366	

Álláspont: 2004 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
2001	65.3216	0.0000		116.281			116.271	
54-4515E	139.5812	0.0000						
54-4515D	144.0903	0.0000						
2002	94.5421	0.0000		121.945			121.934	
2003	101.2609	0.0000		54.592			54.587	

Álláspont: 2005 (műszermagasság =)

PsZ	Hz	Zi	Tf	Tv	Mj	Jelleg	Tvet	dM
2001	177.5125	0.0000		194.123			194.106	
2003	193.4244	0.0000		128.376			128.365	
54-4515E	233.5233	0.0000						
54-4515D	236.5402	0.0000						



Munkaszám: 2/2022

Székesfehérvár
Belterület

Hálózatkiegyenlítés - Előzetes koordináták számítása

Szent István Székesegyház

2022



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

Tájékoztató [2001]

Tájékoztató	l	de	t	Zk/Zi	e''
2001				107.4238	
2002	306.4246	54.2435	60.637	107.4149	-50
2003	3.1419	110.5724	78.846	107.4305	27
2004	27.1126	134.5421	116.270	107.4255	17
2005	29.3853	137.2126	194.102	107.4233	-5

Tájékoztató [2002]

Tájékoztató	l	de	t	Zk/Zi	e''
2002				154.4715	
2001	79.3717	234.2435	60.637	154.4718	3
2003	4.1515	159.0226	67.989	154.4711	-4
2004	9.2925	164.1641	121.932	154.4716	1

Tájékoztató [2003]

Tájékoztató	l	de	t	Zk/Zi	e''
2003				166.5130	
2001	124.0545	290.5724	78.846	166.5139	9
2002	172.1119	339.0226	67.989	166.5107	-23
2004	3.5650	170.4825	54.581	166.5135	5
2005	346.2052	153.1227	128.360	166.5135	5

Tájékoztató [2004]

Tájékoztató	l	de	t	Zk/Zi	e''
2004				249.2213	
2001	65.3216	314.5421	116.270	249.2205	-8
2002	94.5421	344.1641	121.932	249.2220	6
2003	101.2609	350.4825	54.581	249.2216	3

Tájékoztató [2005]

Tájékoztató	l	de	t	Zk/Zi	e''
2005				139.2954	
2001	177.5125	317.2126	194.102	139.3001	7
2003	193.4244	333.1227	128.360	139.2943	-11

Előzetes [54-4515D]

	Y	X	Li	de
2001	601487.41	205236.43	316.0551	63.4829
2002	601536.72	205271.72	272.2542	63.4829
54-4515D	601690.31	205336.23		

Előzetes [54-4515E]

	Y	X	Li	de
2001	601487.41	205236.43	311.4148	59.2426
2002	601536.72	205271.72	266.2801	59.2426

54-4515E 601680.41 205350.54

Előzetes tájékozás

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
2001				107.4238	
2002	306.4246	54.2435	60.637	107.4149	-50
54-4515E	311.4148	59.2426	224.210	107.4238	-0
54-4515D	316.0551	63.4829	226.120	107.4238	-0
2003	3.1419	110.5724	78.846	107.4305	27
2004	27.1126	134.5421	116.270	107.4255	17
2005	29.3853	137.2126	194.102	107.4233	-5

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
2002				154.4715	
2001	79.3717	234.2435	60.637	154.4718	3
54-4515D	272.2542	67.1257	166.591	154.4715	0
54-4515E	266.2801	61.1516	163.888	154.4715	0
2003	4.1515	159.0226	67.989	154.4711	-4
2004	9.2925	164.1641	121.932	154.4716	1

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
2003				166.5257	
2001	124.0545	290.5724	78.846	166.5139	-78
2002	172.1119	339.0226	67.989	166.5107	-110
54-4515E	233.0334	39.5927	185.744	166.5553	176
54-4515D	238.2423	45.1656	181.924	166.5233	-23
2004	3.5650	170.4825	54.581	166.5135	-82
2005	346.2052	153.1227	128.360	166.5135	-82

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
2004				249.2401	
2001	65.3216	314.5421	116.270	249.2205	-115
54-4515E	139.5812	29.2524	225.240	249.2712	191
54-4515D	144.0903	33.3210	218.208	249.2307	-53
2002	94.5421	344.1641	121.932	249.2220	-101
2003	101.2609	350.4825	54.581	249.2216	-105

Tájékozás	l	de	t	Zk/Zi	e''
2005				139.3143	
2001	177.5125	317.2126	194.102	139.3001	-102
2003	193.4244	333.1227	128.360	139.2943	-120
54-4515E	233.5233	13.2757	264.149	139.3524	221
54-4515D	236.5402	16.2412	252.877	139.3010	-92



Munkaszám: 2/2022

Székesfehérvár
Belterület

VÍZSZINTES HÁLÓZAT KIEGYENLÍTÉSE - Beillesztett hálózat számítása

Szent István Székesegyház

2022



www.geocalc.hu

GeoCalc 3.5 (2022.0101)

77100

Herczeg Amarillisz Mirella

2022.10.25.

A hálózat jellemző adatai

V. rendű hibahatár

Összes pont száma : 7
 Adott pontok száma : 5
 Új pontok száma : 2
 Mért irányok száma : 26
 Mért távolságok száma : 16
 Fölös mérések száma : 26
 Számításból kihagyott mérési eredmények száma : 7
 Iránymérés kiegyenlítés előtti középhibája = 5"
 Távmérés kiegyenlítés előtti középhibája = 2 mm + 2 mm/km
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 5
 Iránymérés súlya távolsággal arányos
 Távmérés súlya távolságtól független
 Átlagos távolság = 200 m
 Javítások súlyozott négyzetösszege = 2253.931
 Pótnormálegyenletből = 2253.931
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 9.31
 Relatív középhiba = 1/22153

Maximális javítások kimutatása

	Álláspont	Ir. pont	Jav.	Hibahat.
Iránymérés : 2001		2002	-38"	(81)
Távmérés : 2002		2001	-18 mm	(25)

Statisztikai próbák durva hibák kimutatására

Valószínűségi szint = 95%

Globális teszt - F próba

Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 5.00
 Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 9.31
 Fölös mérések száma = 26
 Elméleti intervallum értékei: Alsó határ = 0.75 Felső határ = 1.27
 Súlyegység középhibájának intervalluma: Alsó határ = 3.75 Felső határ = 6.35

A globális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem elfogadható el

Lokális teszt - u próba

Álláspont	Ir. pont	Statisztika		
		Szám.	Elméleti	Mérés
2001	2004	-3.64	1.96	Távolság

A lokális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem elfogadható el

KOORDINÁTA-JEGYZÉK

Felhasznált vízszintes alappontok			
Pontszám	Jelölés	Y	X
2001	1	601487.410	205236.430
2002	8	601536.720	205271.720
2003	14	601561.040	205208.230
2004	21	601569.760	205154.350
2005	27	601618.900	205093.650

2022. évben meghatározott vízszintes alappontok

Pontszám	Jelölés	Y	X	Középhiba				
				my	mx	max	min	szög

	601690.240	205336.213	15	13	19	6	49°
	-0.000	-0.000					
54-4515D	601690.240	205336.213					
	601679.871	205350.239	15	15	20	6	45°
	0.000	-0.000					
54-4515E	601679.871	205350.239					

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Álláspont száma : 2001

Jele : 1

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
2002 8	306.4246	54.2435	107.4149	60.650 60.637	-38 -13	(81) (25)	7 0	- -
54-4515E	311.4148	59.2410	107.4222	223.593	-5 -12	(42) (17)	7 0	-1.67 0.44 - -
54-4515D	316.0551	63.4818	107.4227	226.045	-0 -2	(42) (31)	7 0	-0.01 0.44 -0.97 1.00
2003 14	3.1419	110.5724	107.4305	78.850 78.846	38 -4	(71) (28)	7 0	- -2.24 1.00
2004 21	27.1126	134.5421	107.4255	116.277 116.270	28 -7	(59) (34)	7 0	- -3.64 1.00
2005 27	29.3853	137.2126	107.4233	194.107 194.102	6 -5	(45) (44)	7 0	1.67 0.51 -2.29 1.00
zk = 107.4227								

Álláspont száma : 2002

Jele : 8

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
2001 1	79.3717	234.2435	154.4718	60.655 60.637	5 -18	(81) (25)	7 0	0.61 0.81 - -
54-4515D	272.2542	67.1247	154.4705	166.516	-8 -2	(49) (31)	8 0	-2.53 0.32 -0.97 1.00
54-4515E	266.2801	61.1518	154.4717	163.271	5 11	(49) (26)	8 0	1.44 0.32 5.51 1.00
2003 14	4.1515	159.0226	154.4711	67.985 67.989	-2 4	(77) (26)	7 0	-0.21 0.79 1.77 1.00
2004 21	9.2925	164.1641	154.4716	121.932 121.932	3 -0	(57) (35)	7 0	0.60 0.62 -0.11 1.00
zk = 154.4713								

Álláspont száma : 2003

Jele : 14

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
2001 1	124.0545	290.5724	166.5139	78.848 78.846	-5 -2	(71) (28)	6 0	-0.66 0.82 -1.24 1.00
2002 8	172.1119	339.0226	166.5107	67.986 67.989	-37 3	(77) (26)	6 0	- 1.27 1.00
54-4515E	233.0334	39.5519	166.5145	185.168	2 -1	(46) (22)	7 0	0.48 0.52 -0.69 1.00

54-4515D					9	(47)	7	2.45	0.52
	238.2423	45.1616	166.5153	181.858	-5	(41)	0	-2.50	1.00

2004				54.586	-9	(86)	6	-0.98	0.88
21	3.5650	170.4825	166.5135	54.581	-5	(23)	0	-2.47	1.00

2005				128.366	-9	(56)	6	-1.73	0.71
27	346.2052	153.1227	166.5135	128.360	-6	(36)	0	-2.87	1.00

zk = 166.5144									

Álláspont száma : 2004 Jele : 21

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Irány [mp] Távolság [mm]	Hhat. mU	Stat.	f
2001 1	65.3216	314.5421	249.2205	116.271 116.270	-11 (59) -1 (34)	6 0	-1.91 -0.64	0.74 1.00
54-4515E					-2 (42)	6	-0.48	0.46
54-4515D					5 (43)	7	1.68	0.47
2002 8	94.5421	344.1641	249.2220	121.934 121.932	3 (57) -2 (35)	6 0	0.63 -1.11	0.73 1.00
2003 14	101.2609	350.4825	249.2216	54.587 54.581	-0 (86) -6 (23)	6 0	-0.03 -2.97	0.88 1.00
zk = 249.2216								

Álláspont száma : 2005 Jele : 27

Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
2001 1	177.5125	317.2126	139.3001	194.106 194.102	34 (45) -4 (44)	8 0	- -1.79	- 1.00
2003 14	193.4244	333.1227	139.2943	128.365 128.360	16 (56) -5 (36)	8 0	3.62 -2.37	0.48 1.00
54-4515E	233.5233	13.2200	139.2927	263.733	0 (39)	7	0.19	0.27
54-4515D	236.5402	16.2321	139.2919	252.836	-8 (40)	7	-3.63	0.27
zk = 139.2927								