ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

A nagybaracskai uszadékfogó mozgásvizsgálata.

OE-AMK **Kolláti Ferenc Tamás**

2022. **T000553/FI12904/A-G**

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kolláti Ferenc Tamás
Szakdolgozat száma: SZD22011414057640
Törzskönyvi száma: T000553/FI12904/A-G

Neptun kódja: [redacted]

Szak: földmérő és földrendező mérnök
Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Műtárgy mozgásvizsgálat
A dolgozat címe angolul: Motion Analysis of an Engineering Object
A feladat részletezése: Mutassa be egy műtárgy mozgásvizsgálatának lépéseit. Mutassa be az alkalmazott techikákat, mérési módszereket. Végezze el az eredmények összehasonlítását az előző évi eredményekkel.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

Külső konzulens neve: Dukai Dávid
Munkahelye: Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.
Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12. P.H

Alba Regia Műszaki Kar ÓBUDAI EGYETEM Geoinformatikai Intézet

.....
Intézetigazgató

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

.....
belső konzulens

Dukai Dávid, NPR9121 osztályvezető
.....
külső konzulens

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2022. 12. 07.

Kollár Péter Tamás

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 1

1.1. Mérnökgeodézia áttekintése 2

1.2. Különféle iparigeodéziai munkák 2

2. A mozgásvizsgálatról általánosságban 3

2.1. A mozgásvizsgálatok elve 3

2.2. A mozgásvizsgálat céljai 4

2.3. Alkalmazási területek 4

2.4. Mozgásvizsgálatok irányai 5

2.5. Mérési metódus kiválasztásának szempontjai 6

2.6. Mozgások csoportosítása 6

3. Vízszintes mozgásvizsgálatok lehetőségei 7

3.1. Távolságmérés 7

3.2. Egyenesre mérés 7

3.3. Függőleges vetítés 7

3.4. Poláris koordinátameghatározás 8

3.5. Előmetszés 8

3.6. Hátra metszés 8

3.7. Sokszögelés 8

3.8. Háromszögelés 9

3.9. Műholdas helymeghatározás 9

4. Magassági mozgásvizsgálat lehetőségei 9

4.1. Geometriai szintezés 10

4.2. Trigonometriai magasságmérés 10

4.3. Hidrosztatikai szintezés 10

5. A szabatos szintezés 11

5.1. A szabatos szintezés hibaforrásai 11

5.2. A szabatos szintezés szabályai 12

6. A kötőpontok és azok mozgása 14

6.1. A kötőpontokkal szemben támasztott követelmények 14

7. Mozgásvizsgálatok megrendelése és részei 15

8. Mozgásvizsgálatok tervezése 16

8.1. A teljesítendő feladat részletes leírása 16

8.2. A mozgással kapcsolatos lényeges információk gyűjtése.....17

8.3. A pontossági követelmények és megbízhatósági mérőszámok meghatározása 17

8.4. A mérésre megfelelő időpont kiválasztása.....19

8.5. Meghatározni a mozgásvizsgálatokhoz szükséges időt 20

8.6. Az állandósított pontok helyzetének meghatározása és állandósítási módja 21

8.7. Mérőműszerek és a cél elérésére alkalmas technológiák kiválasztása 22

9. A mérési eredmények feldolgozásának elmélete 22

10. A vizsgált műtárgy környezetének bemutatása 25

10.1. A Ferenc-tápcsatorna ismertetése 25

10.2. Történeti áttekintés.....26

10.3. Mi is azaz uszadékfogó? 28

11. A munkaterület és a felhasznált műszerek bemutatása29

11.1. A feladat elvégzéséhez használt műszerek és eszközök ismertetése 32

11.1.1. A vízszintes helymeghatározáshoz felhasznált műszerek.....32

11.1.2. A szintezéshez felhasznált eszközök.....34

12. Mérések végrehajtása 35

12.1. Vízszintes helymeghatározás 36

12.2. Magassági helymeghatározás 36

13. Mérések feldolgozása 37

13.1. Vízszintes helymeghatározás méréseinek feldolgozása 37

13.2. Magassági helymeghatározás méréseinek feldolgozása 41

14. Mérések összevetése az előző évekkel 43

15. Eredmények értékelése 46

16. Összegzés 47

17. Summary 48

18. Irodalomjegyzék 49

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

1. Bevezetés

A szakdolgozatom témájának kiválasztásánál a legfontosabb célom az volt, hogy a korábbi tudásomat hasznosítsam és megfelelően alkalmazzam a feladatok elvégzésénél.

Szerintem egy mozgásvizsgálat elkészítése a szakma legtöbb munkarészét tartalmazza, amely a terepi méréseket és az irodai feldolgozást is magában foglalja. Azon által rendkívül hasznos és manapság is sok területen használt vizsgálatról beszélünk hiszen felbecsülhetetlen ismerni egy objektum mozgását, hogy előre jelezzük a közelgő katasztrófát.

Az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatósággal együttműködve végeztem a mozgásvizsgálatát a Nagybaracskai uszadékfogónak a Ferenc-tápcsatornán.
Szintezést és vízszintes helymeghatározást hajtottam végre, majd az előző évek értékeivel összehasonlítottam.
Az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság rendelkezésemre bocsátotta a régebbi mérési eredményeket és a terepi mérés lebonyolításában is segédkeztek.
Ezt a mozgásvizsgálatot rendszeresen elvégzik visszamenőleg 2020-tól, ebbe a folyamatba kapcsolódtam bele 2022 őszén.

Dolgozatom a mérnökgeodézia áttekintésével kezdődik, azután a továbbiakban meghatározza a mozgásvizsgálati metódusokat és a geodéziai számítások elméleteit és a mérések hibalehetőségeit.
Ezt követi a munkaterület bemutatása, használt műszerek ismertetése, majd a mérések elvégzésének menete és feldolgozása ezután ezek értékelése következik végezetül összehasonlítás az elmúlt évek eredményeivel.

1.1. Mérnökgeodézia áttekintése

„Az ipari geodézia tárgykörébe tartoznak azok a geodéziai – geodéziai jellegű –munkák, amelyek a mérnöki létesítmények tervezésével, kivitelezésével, üzemeltetésével vagy a terep- és létesítmények mozgásvizsgálatával kapcsolatosak és nem tartoznak a geodéziai alapmunkálatok témakörébe."

(Detrekői Ákos - Ódor Károly, Ipari geodézia I., 1984) (8).

A mérnökgeodézia kifejezés megegyezik a definícióban szereplő ipari geodéziával.

Az angol megfelelője: engineering survey, a német fordítása: Ingenieurvermessung.

1.2. Különféle iparigeodéziai munkák

- A vizsgálandó terület előkészítése.
- Az alapponthálózat kialakítása.
- Részletmérések új hálózat segítségével.
- Új objektumok kitűzése a terepen.
- Felügyelni az építési folyamatot, és irányítani a munkát segítő méréseket.
- A kialakított építmények, létesítmények jelenlegi állapotának felmérése.

Az említett kategóriák szerint készítjük el a feladat elvégzéséhez szükséges munka fázisokat, beleértve a díjszámítási szabályzatokat és a műszaki terveket.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

2. A mozgásvizsgálatról általánosságban

2.1. A mozgásvizsgálatok elve

A vizsgálat alapelve, hogy az objektum kijelölt pontjaira rendszeresen végezzünk méréseket és ezek értékeléséből és összehasonlításából vonjuk le következtetéseket.

Az objektumok nem csak elmozdulhatnak de deformálódhatnak is. Elmozduláskor az objektum bármely két pontja ugyanabban az irányban mozdul el és ugyanakkora távolságot tesznek meg.

Ha a két pont elmozdulásának az iránya más akkor elfordulásról beszélünk. Deformáció (alakváltozás) esetében a tetszőleges két pont közötti távolság megváltozik.

Az elmozdulás és deformáció általában közösen fordul elő, azokat általában szét választjuk.

Akár alakváltozás vagy elmozdulás kimutatása a célunk, pontok térbeli helyzetének megállapítása különböző időpontokban a feladatunk, amelyekre a hagyományos geodéziai metódusok megfelelőek.

Ezért több kritériumot teljesítenünk kell:

- A vizsgálandó objektumot a kijelölt pontjaival reprezentáljuk, majd ezeknek a pontoknak a mozgását vizsgáljuk és interpretáljuk.
- Az alappontokat mozdulatlannak tekintjük.
- A mérés végbemenetele alatt az objektumot mozdulatlannak vesszük.

  (Detrekői Ákos - Ódor Károly. (1998). Ipari geodézia II. Budapest: Tankönyvkiadó) (9.)

2.2. A mozgásvizsgálat céljai

A gyakorlatban rendszeresen adódhat, hogy egy mesterséges vagy természetes objektum mozgásáról kell információt előállítani. Egy mozgásvizsgálat célja sokféle lehet, amit megszab az adott feladat jellege.

A mozgásvizsgálatokat jellemzően a következő célokból végezhetjük:

1) Előrejelzés: Szignifikáns erőhatások alatt álló objektumok elmozdulásának a vizsgálata. Például a gátak, célja a katasztrófák megakadályozása. Az ismert hatások alapján következtetünk a feltételezhető mozgásra és így előre jelezhetjük azt.
2) Közhasználat céljára adás: Bizonyos építményeknél (pl. hidak) kötelező a mozgásvizsgálat és terhelési teszt az igénybevétel elött.
3) Utólagos felmérés: A lezajlott károsodások, mozgások lehetséges okait vizsgáljuk.
4) Igazságügyi szakértés: Balesetek és a bekövetkezett károk felmérése és eredetének vizsgálata.
5) Tervezés elősegítése: A már elkészült épületeket vizsgáljuk meg és az így kapott adatokat felhasználjuk a további tervezéshez.

2.3. Alkalmazási területek

- Valamilyen alapozási vagy más hiba miatt végbement süllyedés vizsgálata.
- A közlekedést támogató objektumok közül a hidak és a föld alatti vasutak mozgásvizsgálatát említhetjük.
- A vízgazdálkodás körébe tartoznak a zárógátak és a partfalak mozgásvizsgálatai.

- Mozgásvizsgálati mérések a mozgásra érzékeny építmények például az atom- és hőerőművek megfelelő működéséhez.

2.4. Mozgásvizsgálatok irányai

A mozgásvizsgálattal meghatározott koordináták száma és dimenziója alapján a következő csoportosítások lehetségesek.

- **Egy vízszintes koordinátát határoznak meg (X vagy Y).**
  Ezt akkor használjuk, ha az objektum mozgásának iránya ismert, tehát a mérések csak abban az egy irányban történnek az erre merőleges koordináták mérése szükségtelen.
- **Csak a függőleges koordinátát (Z) definiálnak.**
  Épületek és létesítmények süppedésének mérésére használjuk a szintezés, trigonometriai szintezés és hidrosztatikus szintezés elvégzése során.
- **Determináljuk a vizsgálandó pontok mindkét vízszintes koordinátáját (X-et és Y-t).**
  A mozgás a koordinátarendszer mindkét irányában zajlik, erre minden vízszintes geodéziai módszer alkalmazható.
- **A vizsgálandó pont mindhárom koordinátáját (X-et, Y-t és Z-t) meghatározzák.**
  Ezt általános mozgásvizsgálatnak nevezik. A mozgásvizsgálathoz a fenti (második és harmadik) pontokban leírt metódust használjuk. Ezt akkor használják, ha a mozgás irányáról nincsenek elérhető információink.
- Az X és Y tengelyek körüli dőlést libellával esetleg ingával, a harmadik Z tengely körüli elfordulást pedig giro teodolittal lehet észlelni.

(Detrekői Ákos - Ódor Károly, Ipari geodézia II., 1984) (9).

2.5. Mérési metódus kiválasztásának szempontjai

A mozgásvizsgálati módszer kijelöléséhez több szempontot is meg kell vizsgálni. Az objektum megközelíthetősége, jellege és elhelyezkedése. A mozgás várható időtartalma is hatást gyakorol a mérések időpontjainak sűrűségéhez. A döntéshozatal szempontjából fontos a mozgás összetevők várható nagysága és a meghatározás pontossága. Nélkülözhetetlen fontosságú, hogy a kiválasztott módszer egyértelmű adatokat szolgáltasson az objektum mozgását tekintve.

2.6. Mozgások csoportosítása

A mozgások megkülönböztethetőek a végbemenetelük során eltelt idő alapján. Eszerint három csoportba rendezhetjük őket, amelyek különböző időintervallumokat tartalmaznak.

Ezek a *Lassú* és *Gyors* mozgások, valamint a *Rezgések*. A gyakorlatban ezek a mozgás csoportok egyszerre is előfordulhatnak, de vizsgálatuk során külön használjuk őket.
A *rezgések* nagyon rövid idő alatt végbe ment mozgások (0,001-10 másodperc) például gépek rezgése.
A *gyors* mozgások alatt pár perctől akár egy napig tartó elmozdulásokat értünk.
Végül a *lassú* mozgások pedig az akár évek alatt végbemenő mozgás ilyenek az épületek süllyedése.

A vizsgálatoknak időbeli végrehajtásának két típusa van, az egyik alkalomszerű, azaz meghatározott időközönként, a másik pedig a folyamatos mérés, amikor rövid szünetekkel végezzük a mozgásvizsgálatot.

3. Vízszintes mozgásvizsgálatok lehetőségei

A mozgásokat és alakváltozásokat vízszintes és függőleges irányú alkotórészekre bontjuk. Mindkét fajta mozgásvizsgálatnál számos mérési módszer fellelhető, ezekből kell kiválasztani azt amelyik kielégíti az elvégzendő feladat pontossági követelményeit. Az ebben a fejezetben felsorolt módszerek a vízszintes mozgások meghatározására használatosak és nagy részük építésirányításra is használható.

3.1. Távolságmérés

A távolságmérés akkor használatos, ha a vizsgált tárgy mozgásának iránya egyértelműen meghatározható és ha ezzel a mozgással megegyező irányú távolságok mérhetőek. Ehhez használhatunk invárszalagot vagy invárdrótot, a legpraktikusabb viszont az elektrooptikai távmérő használata.

3.2. Egyenesre mérés

Ezt a módszert akkor alkalmazzuk, ha a létesítmény pontjai nagyjából ugyanazon az egyenesen helyezkednek el, de az elmozdulások iránya merőleges erre az egyenesre. Fontos, hogy ezt az egyenest a lehető legközelebb helyezzük el az objektumhoz. Az ordinátaérték kétféleképpen is mérhető, közvetetten és közvetlenül.

3.3. Függőleges vetítés

Magas építményes felső pontjainak mozgását határozhatjuk meg vetítéssel. Ez a metódus a vizsgált pontok vízszintes helyzetét határozza meg a pontok függőlegesének közelében, egy referencia ponthoz képest.

3.4. Poláris koordinátameghatározás

Poláris koordinátameghatározást akkor alkalmazunk, ha mindig lehetőségünk távolságot mérni, amikor meghatározunk egy mérendő pontot. Kritériuma, hogy ezek a pontok jól irányozhatóak legyenek viszont nem szükséges a megközelítésük a mai műszereknél.

3.5. Előmetszés

Az előmetsztést akkor használják, ha a vizsgált objektumon nagy mennyiségű mérési pontot helyeztek el, és ezek a pontok a létesítmény nehezen megközelíthető részein találhatóak.

Ezt a módszert nagyobb építményeknél használják. Mérés előtt célszerű a pontokat állandósítani.

A gyakorlatban ma már ez egy gyakran előforduló metódus, amit egy mérőállomás segítségével nagyon gyorsan és hatékonyan el lehet végezni.

3.6. Hátra metszés

Ennek a módszernek a kritériuma, hogy a vizsgált pontokon minden alkalommal felálljunk a műszerrel. Ezt a módszert akkor alkalmazzák, ha a mozgás nagymértékű és jelentős területre terjed ki. A mai gyakorlatban előszeretettel használnak GPS technikát is.

3.7. Sokszögelés

Ez a módszer a vonalas objektumok vizsgálatára megfelelő. Lényeges, hogy a hálózat minden pontján fel kell állnunk a műszerrel és kényszerközpontosító használatával kell végre hajtanunk a méréseket. Igencsak gazdaságos vizsgálati módszer.

Sokszögelés alkalmazásánál a következő lépéseket szükséges betartani:

- A sokszögvonal túl hosszú ne legyen, tehát célszerű, hogy minimális számú vizsgálandó pontot tartalmazzon.
- Mindkét végpontról minimum három tájékozóirányt tudnunk kell mérni.

- A sokszögvonal alakja amennyire csak lehet nyújtott legyen, iránya pedig merőleges a mozgás irányára nézve.
- A kezdő és végpontok stabilok legyenek, amíg a mérés zajlik.

3.8. Háromszögelés

Ez egy geometriai művelet, a háromszög két csúcsának koordinátái és a belső szögek ismeretének meghatározható a harmadik csúcs koordinátája.

3.9. Műholdas helymeghatározás

Szabad ég alatti objektumok mozgásvizsgálati metódusa a GNSS technológia alkalmazásával. A koordináták vetületi rendszere más, mint a szokásos geodéziai vetületi rendszerek ezért a transzformációt elővigyázatosan kell végrehajtanunk.

4. Magassági mozgásvizsgálat lehetőségei

A függőleges mozgás egyik legfőbb oka, hogy egy objektum tömege nyomást gyakorol a talajra, és különböző mértékben összenyomja azt.

Ez a tömörítés az objektum süllyedését okozza. A tervezők gyakran számítanak erre a mozgásra. De a mozgásvizsgálatok továbbra is szükségesek, mert tudniuk kell, hogy mekkora a különbség az elméleti és a tényleges mozgás között.

A magassági mozgásvizsgálatot "süllyedésmérésnek" is nevezik, mert az elmozdulás nagy része süllyedés és csak töredéke emelkedés. A meghatározás lehet abszolút vagy relatív, attól függően, hogy azt alapszinthez vagy egy másik objektumhoz viszonyítjuk.

A magassági mozgásvizsgálatok elvégzésére három alapvető módszer található, a pontok elérhetőségétől és az épület alakjától függően.

Ha egy adott mozgásvizsgálat elvégzése hosszabb ideig tart, a használt alappontok közül legalább kettőnek az alapozásának nagyon mélynek kell lennie, ezáltal valószínűnek tarthatjuk, hogy az nem mozdult el jelentősen.

A magassági értelmű mozgásvizsgálat három leggyakoribb módszere:

4.1. Geometriai szintezés

Geometriai szintezés csak akkor végezhető el, ha a mérendő pont a vizsgálat időpontjában megközelíthető, és a pont magassága kis távolságon belül nem változik jelentősen. A szintezőrúd és a műszer kiválasztása a kívánt pontosságtól függ. A mozgásvizsgálatok legelterjedtebb módszere.

4.2. Trigonometriai magasságmérés

Trigonometriai magasságmérés akkor használatos, ha a szintezőléccel nem közelíthető meg a vizsgált pont, vagy ha a szintezés körülményes vagy valamilyen okból korlátozott. A zenitszöget egymástól függetlenül legalább kétszer kell mérni.

A távolságmérés közvetlenül vagy vízszintes koordinátákból is eredeztethető. A műszermagasságokat minden esetben milliméteres pontossággal kell mérni, de a jelmagasságot nem kell mérni, mivel általában közvetlenül az objektumon lévő jeleket alkalmaznak a gyakorlatban.

4.3. Hidrosztatikai szintezés

Előnye, hogy nem szükséges nagy és nehéz műszereket nagy távolságra szállítani, a magasságkülönbségek hidrosztatikus szintezéssel való meghatározásához.

A hidrosztatikus szintezés metódusát olyan épületeknél alkalmazzák, amelyek különösen érzékenyek a függőleges mozgásra (atomerőművek). A statikus nyomásszint szerkezeti jellemzői alapján csak kis magasságkülönbségek (kb. 10 cm) nagy precizitású (század mm) mérésekre használható. A mérési körülményekre tartozó feltétel, hogy az objektum konstans hőmérsékletű legyen.

További előnye, hogy a műszer végpontjai közötti rálátás nem lényeges.

A hidrosztatikus szintezőműszerek leggyakoribb típusai a hordozhatóak és beépíthetőek.

Geometriai és hidrosztatikai szintezések esetén mindig rendelkezésünkre állnak fölös mérések, így a koordináták kiszámítása kiegyenlítéssel történik.

(Detrekői Ákos - Ódor Károly, Ipari geodézia II., 1984) (9).

5. A szabatos szintezés

A „szabatos” szó a geodéziai zsargon alapján: „felsőrendű”. Ezért a nagy precizitást megkövetelő függőleges értelmű monitoringozás gyakran használt metódusa.

5.1. A szabatos szintezés hibaforrásai

A szabatos szintezésnél lehetséges hibák a következőek:

- személyi hibák
- mérőműszer hibái
  - irányvonal-ferdeség
  - horizontferdeség
- mérőfelszerelés hibái
  - léc talpponti hiba
  - lécosztási hiba
  - lécferdeség
- külső körülmények okozta hibák
  - műszersüllyedés
  - lécsüllyedés
  - refrakció
  - szintfelület görbültségének hatás

Az első és másod rendű méréshez csak kalibrált szabatos szintező műszereket szabad használni.

A mai mérnöki gyakorlatban a hagyományos libellás és a kompenzátoros szintezőműszerek háttérbe szorulnak az egyre elterjedtebb digitális szintező műszerek miatt. A digitális szintezők előnye, hogy a mérési folyamat "nagyrészt" automatizált és gyorsabb, mint a hagyományos szintezési módszerek.

Ha a méréseinkhez digitális szintezőműszert használunk, akkor a fenti hibákon túl még néhány hibalehetőséget (pl.: nem kellő megvilágítás, takarásban lévő léc) is szem elött kell tartani.

A fentebb felsoroltak közül a személyi hibák minimálisra csökkenthetőek, ha a munkavégzést egy olyan személy végzi, aki a kellő tapasztalt birtokában van.

Az egyéb hibák kiküszöbölhetők a mérési módszerrel történő szintezés gyakorlati szabályainak betartásával.

(Ágfalvi, M., Bekk, T., Busics, G., Farkas, R., Kiss, A., Tarsoly, P., és mtsai. (2009). Geodéziai mérési praktikum. Székesfehérvár) (3).

5.2. A szabatos szintezés szabályai

1. Az alap- és vizsgálati pontok mozdulatlanságáról mindig meg kell győződni.
2. Az egy műszerálláshoz tartozó léc és műszer távolságoknak egymással egyenlőknek kell lennie.
   - 2.1. Ha a magasságkülönbségek megengedett hibája kisebb, mint ±1 mm: a maximális műszer-léc távolság 25 m.
   - 2.2. ±1-2 mm: a műszer-léc távolság 40 m-nél hosszabb nem lehet.
3. Törekedni kell arra, hogy a szintezést zárt szintezési poligonba foglaljuk.
4. Ha az alap- és a vizsgálati pontok közötti magasság megengedett hibája:
   - 4.1. Kisebb, mint ±1 mm: a mérést egymástól függetlenül négyszer (kétszer oda-vissza) kell elvégezni; a poligon-záróhiba értéke maximum: ±0.7 mm

4.2. ±1-2 mm: a mérést egymástól függetlenül kétszer (oda és vissza) kell elvégezni; a poligon-záróhiba értéke maximum: ±1.5 mm

4.3. Nagyobb, mint ±2 mm: a mérést egyszer (oda-vissza) kell elvégezni, és a poligon-záróhiba pedig nem haladhatja meg a megengedett hiba ⅔-át

5. Ha az alap- és a vizsgálati pontok közötti magasságkülönbség-mérés maximális hibája ±1 mm, vagy ennél kisebb, akkor a mérés közben a levegő hőmérsékletének mérése szükséges.

6. A mérést arra alkalmas időben és megfelelő sebességgel kell elvégezni.

7. A szintezőműszert óvni kell az egyoldalú felmelegedéstől, és a gondoskodni kell a műszerláb mozdulatlanságáról.

8. A kötőpontokat előzetesen megfelelő módon állandósítani kell, szintezősaru használata nem megengedett.

9. Célszerű a hálózatot úgy kialakítani, hogy a kötőpont egyben vizsgálati pont is legyen.

10. A szintezőműszer és a szintezőléc esetében a szelencés libella buborékját minden esetben gondosan középre kell állítani.

11. A hátra és az előre irányzás között a parallaxiscsavarhoz feleslegesen hozzányúlni nem szabad.

12. Kettő szintezőléc használata esetén páros számú műszerállást kell létesíteni.

13. A magassági értelmű mozgásvizsgálati hálózatot célszerű bekapcsolni az országos rendszerbe

[Ágfalvi, M., Bekk, T., Busics, G., Farkas, R., Kiss, A., Tarsoly, P., és mtsai. (2009). Geodéziai mérési praktikum. Székesfehérvár] (3).

6. A kötőpontok és azok mozgása

Nem minden esetben tudjuk megmérni közvetlenül a két szomszédos alappont magasságkülönbségét.

Ebben az esetben egy kötőpont szükséges a magasságkülönbségének mérésére.

Ezeket a talajon kell elhelyezni, egymástól megfelelő távolságra. A mérés során ezekre a pontokra helyezzük a léceket. A gyakorlatban gyakran használnak gömbfejű vascöveket rögzítési pontként.

6.1. A kötőpontokkal szemben támasztott követelmények

- Jól jelölje meg a mérés során rögzítendő szinteket.
- Mindaddig mozdulatlannak kell maradniuk, amíg részt vesznek a mérési folyamatban.

Ha az első feltétel nem teljesül, az úgynevezett csatlakozási hibáról van szó, ha pedig a második feltétel nem teljesül, akkor a mérés „kötőpontsüllyedés” néven ismert hibával less terhelt.

A kettő közül az utóbbi okozhat nagyobb gondot, hiszen az első feltétel teljesülése könnyen biztosítható a kötőpontként használt pont alakjának megfelelő megválasztásával.

[Miskolczi L. (1973): Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezéssel] (10.)

A kötőpont elmozdulását általában a nem szakszerű léctartás, vagy a szintezőléc tömege idézi elő. A kötőpont abban az esetben tekinthető mozdulatlannak, ha rá ható erők hatása megszűnt, vagy azok egyensúlyban vannak.

7. Mozgásvizsgálatok megrendelése és részei

A mozgást figyelő méréseket két munkafázisban végzik, az egyik az építés közben, a másik pedig az elkészült objektumok és létesítmények rendeltetésszerű működése közben.

A beruházás kezdetekor az üzemeltető feladata, hogy ezeket a méréseket a tervező, kivitelező kérésére, illetve a létesítmény elkészültjekor megrendelje.
A balesetekhez vagy katasztrófákhoz vezető esetleges elmozdulások elkerülése érdekében a következő fontos helyzetekben javasolt a mozgásvizsgálat:

- A talaj egyenetlen mozgása.
- A talaj szerkezetének nem megfelelő összetétele.

A mozgásvizsgálat részei a következők:

1) Jegyzőkönyvek.
2) Mérési eredmények grafikus ábrázolása.
3) Egyéb mozgásvizsgálati adatok kijelölése.
4) Műszaki leírás.

A terepi mérések alatt produkált és feldolgozott adatokat a feladatot végző cég megtartja, azokat a megbízó cég nem kapja meg kivéve, ha az a szerződésben nincs rögzítve (kivételes estek).

8. Mozgásvizsgálatok tervezése

A mozgásvizsgálat tervezése számos lépésből áll, amelyek a feladattervezés során többször változhatnak, az összes lépés elvégzése után a terv véglegesnek minősül.

A tervezés során azt is meg kell határozni, hogy az egyes feladatok végrehajtása során milyen időintervallumban kell méréseket végezni (pl. többször is el kell végezni egy tartály feltöltése folyamán).

Ha egy pontot szeretnénk állandósítani, akkor azt a létesítmény szerkezeti elemeihez illeszkedő módon tegyük. Ezért alap- és vizsgálati pontokat helyezünk el az objektumon és környékén az elmozdulás mérésére

Az alappontokat az objektum közelében kell elhelyezni, hogy a vizsgálati pontok a lehető legjobban láthatóak legyenek, de az építmény mozgása ne befolyásolja a pontok helyzetét. Az alappontok elhelyezkedésének megválasztásánál ügyelnünk kell arra, hogy azok a mérés végéig mozdulatlanok legyenek.

A tervezésnek a következő lépéseit különböztetjük meg:

1) A teljesítendő feladat részletes leírása.
2) A mozgással kapcsolatos lényeges információk gyűjtése.
3) A pontossági követelmények és megbízhatósági mérőszámok meghatározása.
4) A mérésre megfelelő időpont kiválasztása.
5) Meghatározni a mozgásvizsgálatok elvégzéséhez szükséges időt.
6) Az állandósított pontok helyzetének meghatározása és állandósítási módja.
7) Mérőműszerek és a cél elérésére alkalmas technológiák kiválasztása.

8.1. A teljesítendő feladat részletes leírása

A megbízásnak tartalmaznia kell a területen található objektumok teljeskörű leírását. A tárgy mozgásához választott mozgásvizsgálati módszert, valamint a feladat elvégzéséhez szükséges előre meghatározott időpontot és időtartamot.

Az objektumok részletes jellemzésében fontos megemlíteni az épület alakját és megközelíthetőségét.

8.2. A mozgással kapcsolatos lényeges információk gyűjtése

A mozgással releváns információk összegyűjtése meghatározó feladat a tervezés során, mivel így határozzuk meg a feladatok végrehajtásának pontos metódusát.

Fontos paraméter a mérés pontossági követelményei, a mérések számának és a mérési időintervallumnak a meghatározása.

Ez magában foglalja a maximális és minimális várható elmozdulás, kritikus elmozdulási értékek meghatározását. Tájékoztatásért érdemes az objektumok tervezőivel, üzemeltetőivel konzultálni, és ha így sem tudunk megfelelő mennyiségű adatot szerezni, akkor az ide tartozó szakirodalmat kell használni.

8.3. A pontossági követelmények és megbízhatósági mérőszámok meghatározása

A mérési folyamat során egyidejűleg meghatározhatóak a koordináták és a távolságok.

A mérés feldolgozásának eredménye valamely vonatkoztatási rendszer koordinátája lesz.

A mérés eredményeként kapott koordináták különbségei lesznek a mozgásösszetevők.

Ezeket a változásokat összefoglalóan mozgáskomponenseknek nevezzük, ezért az átlagos koordináta középhiba kiszámításakor figyelembe kell venni a várható elmozdulás nagyságát.

Ahhoz, hogy a méréseinkkel az objektum mozgását ki tudjuk mutatni, ahhoz az alábbi feltételnek teljesülnie kell:

$$m_{max} = K \times M_{max}$$

ahol „M_{max}” a várható elmozdulás legnagyobb értéke, az „m” pedig ennek az elmozdulásnak a meghatározására irányuló mérés középhibája. A fenti képletben szereplő K tényező értéke 0.03-0.2 közötti érték lehet.

A gyakorlatban a mozgásvizsgálati mérés tervezésekor gyakran a kritikus elmozdulás értékét adják meg, a várható legnagyobb elmozdulás értéke helyett. A kritikus elmozdulás értékét olyan nagyságú kilengés vagy torzulásként határozzák meg, amelyet, ha nem észlelnek, rongálódást eredményez.

Ezáltal a fenti képlet a következőképpen módosul: $m_{krit} = 0{,}2 \times M_{krit.}$

Megbízhatósági mérőszámok:

Észlelési differencia: A szintezési szakasz kétszeri, egymástól függetlenül végzett méréséből kapott magasságkülönbségek.

Elsőrendű: $dI = 1.2\sqrt{L}$ mm, Másodrendű: $dII = 2.0\sqrt{L}$ mm, Harmadrendű: $dIII = 3.0\sqrt{L}$ mm.

L a szakasz hossza kilométerben.

A vonalat alkotó szakaszok észlelési differenciáiból a vonalra vonatkozó kilométeres középhiba az m_{km}.

$$m_{km} = \sqrt{\frac{1[dd]}{4n\,L}}$$

A poligonokon belül záróhibákat tudunk meghatározni, melyek megengedett hibahatárai:

$0.9\sqrt{L}$ mm elsőrendű szintezésnél. $2.0\sqrt{L}$ mm másodrendű szintezésnél,

$3.0\sqrt{L}$ mm harmadrendű szintezésnél

L pedig a poligon kerülete km egységben.

[Ágfalvi, M., Dobai, T., Csemniczky, L., Holéczy, E., Kiss, A., & Kovács, I. (2011). M.2. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet] (4).

8.4. A mérésre megfelelő időpont kiválasztása

A megfelelő időpont megválasztásánál el kell dönteni, hogy a méréseinknek melyek az alkalmas napszakok vagy a megfelelő évszakok. Minden az alsó légkör hőmérsékletéhez és annak változásaihoz kapcsolódik. Fontos az első mérést többször megismételni mivel ehhez viszonyítjuk a változásokat így szükséges a nagyobb megbízhatóság.

Ha nem áll rendelkezésünkre információ a mozgás jellegéről akkor érdemes egyenletesen elosztani a mérések időpontjait. Ha viszont vannak adataink akkor a gyors mozgásnál sűrű, a lassú mozgásnál ritka időpont kitűzést javasolt választani.

A szintezést olyan napszakban kell elvégezni, amikor a légkör káros hatásai nem befolyásolják a mérést és annak pontosságát.

Káros légköri hatások a levegő rezgése és a fénytörés (refrakció). A légrezgés jelensége meleg, tiszta időben jelentkezik, amikor a talaj közelében a levegő nagyon felforrósodik. Ebben az esetben a műszerben lévő léc képe folyamatos vibrációs mozgást végez.

Ilyen napokon csak késő délután kezdhetjük meg a méréseket, amikor megszűnik a légrezgés. Ez egy olyan jelenség, amely a nap bármely szakában előfordulhat. A légtömeg hirtelen hőmérséklet-változása, illetve a mérés helyéről meleg vagy hideg légtömeg elmozdulása okozza.

A refrakció legjellemzőbb a kora reggeli és kora esti időszakban, de a szintezés mérésekor a nap bármely szakában előfordulhat, mert a szintezési vonal két vége között különböző hőmérsékletű légtömegek helyezkedhetnek el.

A különböző hőmérsékletű légtömegeknek különböző mértékű a fénytörése így, ha az előre-hátra irányzás között más a fénytörés mértéke, a mért magasságkülönbség hibás lesz.

A fénytörés jelensége főként nagy magasságkülönbségű terepen jelentkezik, közel vízszintes terepen pedig a refrakció értéke közel nulla.

[Miskolczi L. (1973): Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezéssel] (10).

8.5. Meghatározni a mozgásvizsgálatokhoz szükséges időt

A mozgásvizsgálat során úgy tekintjük, hogy a létesítmény mozdulatlan marad a mérés alatt, bár tudjuk, hogy ez nem így van mivel azok folyamatosan mozognak. A mozgásból keletkező eltéréseknek nem szabad befolyásolniuk a mérés megbízhatóságát, ezért az időpontokat ennek megfelelően kell megválasztani. A következő képlettel számíthatjuk a méréshez ideális időszükségletet:

v: A legnagyobb várható sebessége a mozgásnak.

t: A mérés elvégzéséhez kellő idő.

k: Arányossági tényező.

μ_i: megengedett középhiba

$$t \leq \frac{k * ui}{v}$$

A képletből származó (t) érték nem fedi le a munka előtti és utáni időt, a konkrét méréshez szükséges időre vonatkozik csak.

A fenti képlet bizonyos esetekben tarthatatlanul sok időt tartalmaz, ami hatalmas objektumoknál vagy gyors mozgásnál jelentkezik. Például a nagy fémszerkezetek éjszakai mérése pontosabb eredményt adhat, mert elhagyható az egyenetlen felmelegedés és a napsugárzás hőhatása miatti gyors mozgás.

8.6. Az állandósított pontok helyzetének meghatározása és állandósítási módja

"Az általános elv az, hogy legalább annyi pontot kell elhelyezni és a pontok helyzetét pedig úgy kell megválasztani, hogy segítségükkel egyértelműen meghatározhatók legyenek a tárgy mozgását jellemző mennyiségek."

[Detrekői Ákos - Ódor Károly, Ipari geodézia II., 1984] (9).

A pontok számának meghatározásánál szem elött kell tartani:

- a pontok állandósításának állapotának romlását,
- a méréshez szükséges időt
- gazdaságosság.

A pontok helyzetének kiválasztásánál a célunk, hogy minél jobban bemutassa az elmozdulást a pontok helyzetének megváltozása. Olyan helyekre is érdemes pontokat elhelyezni, ahol előreláthatólag a pontok mozgása szélsőséges lesz (a legnagyobb és legkisebb elmozdulás területére).

A pontok állandósításának módjait befolyásoló tényezők:

- A feladat pontossági követelményei.
- A mérési technológia és metódus.
- A mozgásvizsgálat időintervalluma.

A mozgásvizsgálat során megállapított pontok meghatározásának két alapvető feltétele van. Az egyik, hogy a maradandóan megjelölt pont, az objektum tényleges mozgását mutassa, míg a másik az, hogy a mérés egész idejében fennmaradjanak.

8.7. Mérőműszerek és a cél elérésére alkalmas technológiák kiválasztása

A mérési technológiákat és a mozgásvizsgáló műszereket a megkívánt precizitást és a rendelkezésre álló időt betartva, illetve a gazdaságossági igényeknek megfelelése céljából válasszuk.

A következő három helyzetet soroljuk a Technológiákhoz:

- Geodéziai
- Fotogrammetriai
- Különböző folyamatos mérési módok.

9. A mérési eredmények feldolgozásának elmélete

A terepi mérések végeztével a következő lépésünk a nyers adatokból különböző programok segítségével végül koordinátákat számítani. Elsőnek kiszámoljuk az alap referencia adatokat ehhez viszonyítjuk majd a többi mérést. Fontos, hogy nagymértékű odafigyeléssel végezzük el ezt.

A mérési eredmények feldolgozásának első lépése, hogy meg győződjünk róla, hogy a méréseinket nem rontja durva hiba.

Ezeket úgy tudjuk ellenőrizni, hogy a szögzáró hibákat meghatározzuk majd a még megengedett értékekkel összevetjük. Ha meghaladja ezt, akkor újra kell csinálnunk a méréseket.

A feldolgozásnak következő lépése, hogy determináljuk a vizsgált pontok koordinátáit valamilyen referenciarendszerben.

A mérési alkalmak jellemzésére használhatjuk a mérési időpontokat, vagy más mennyiségeket.

Ha a mérési időpontokkal definiáljuk a mozgást, akkor azt a mérés metódusával összhangban kell elvégezni. Ha egy lassú mozgásról van szó, amihez csak havonta egyszer végzünk terepi méréseket, akkor elég, ha feltüntetjük azt a napot amikor a mérés készült ahhoz, hogy azonosítsuk a mérési alkalmakat.

Viszont gyors mozgás során jelentős lehet az óra vagy akár a perc megadása is. További jellemző mennyiség lehet például a hőmérséklet. Ha a valószínű elmozdulás irányával tisztában vagyunk, akkor a pontoknak csak az adott irányba eső összetevőjét szokás megadni.

A későbbi méréseket összehasonlítjuk az első mérés eredményeivel melyet alapmérésnek vagy referenciamérésnek nevezünk.

A mozgások ábrázolására több módszer is használatos, azonban a grafikus ábrázolási metódusok a legjobbak, hiszen ezek mutatják be az eredményt a leglátványosabban. Grafikus ábrázolásnál lényeges szempont, hogy csak olyan akkor használható, ha a mozgás mértéke nagyobb, mint az adott mérési technológia szórása.

Általános eljárás a grafikus ábrázolásnál, hogy a vizsgált objektumot kicsinyítjük, az elmozdulást pedig felnagyítva mutatjuk, így még szembe tűnőbbek a mérési eredmények.

A mérési eredmények ábrázolása történhet még vektoros ábrákkal is. Ilyenkor a vektorok mellett érdemes a nagyságukat feltüntetni számokkal. Sokszor megfelelően szemléltetheti a mozgást az izovonalas ábrázolás is.

Ezen kívül még grafikonokkal, metszetekkel, vagy csak egyszerűen számszerű adatokkal is bemutathatjuk a mozgásvizsgálat végeredményeit.

A kapott koordinátákat ajánlott különböző táblázatokban elhelyezni, ezáltal könnyen elkészíthetők a mozgási trendeket jelző grafikonok. A számítás során meghatározott koordináták terheltek a mérési hibákkal is. Ezért meg kell határozni a középhibákat, hogy ki tudjuk mutatni a tényleges mozgást.

A koordináta meghatározás történhet:

- *Kiegyenlítéssel*, amikor megkapjuk a koordináták középhibáit. A középhiba annál jobban leírja a mérésünk megbízhatóságát, minél több fölös mérést végeztünk.

- *Kiegyenlítés nélkül*, amikor a méréseink megbízhatóságát feltételezéssel számítjuk.

A koordináta-különbség nagyságrendje azonos a mért értékekből számított átlagos középhibák nagyságrendjével, amiket a koordináta-különbségek meghatározása céljából végzünk.

A mérnöki gyakorlat szerint akkor feltételezhető mozgás, ha a koordináta-különbség értéke meghaladja a rájuk vonatkozó középhiba háromszorosát.

Segíthet a vizsgált objektum szemrevételezése, észrevehetőek e a szemmel látható mozgásra utaló jelek (repedések).

De végezetül nekünk kell eldönteni, hogy valójában történik mozgás vagy a mérések alatt megjelenő hibák következtében a koordináták tévesek.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

10. A vizsgált műtárgy környezetének bemutatása

10.1. A Ferenc-tápcsatorna ismertetése

A Bajai-csatorna (más néven Baja-Bezdán tápcsatorna, Bezdán-csatorna, Ferenc-tápcsatorna, gyakran tévesen Ferenc-csatorna), mely Bajánál a Sugovicába torkollik, a vajdasági Bezdánál pedig a Ferenc-csatornába kapcsolódik (1. ábra). Szerbiai szakasza, a hajdani Baracskai-Duna folyóág a Felső-Dunamellék Természetvédelmi Rezervátum része, még magyarországi szakasza a Duna–Dráva Nemzeti Park területének része.

1. ábra: Ferenc-tápcsatorna elhelyezkedése. [https://odorhal.ewk.hu/ferenc---tapcsatorna/]

10.2. Történeti áttekintés

Hossza Magyarországon 32,2 km, Szerbiában 10,6 km és 2 km hosszú határt alkot a két ország mentén. A csatorna részben egy holt Duna-ág nyomvonalán, részben mesterségesen kiásott meder mentén halad.

A Duna torkolatánál található hazánk egyik legjelentősebb vízi építménye, a Deák Ferenc-zsilip (2. ábra). Baja, Szeremle, Bátmonostor, Nagybaracska, Csátalja, Dávod és Hercegszántó települések közigazgatási körzetén halad keresztül, Baja, Nagybaracska és Dávod esetében érinti a belterületet.

2. ábra: *A Deák Ferenc-zsilip a Sugovica és a Szeremlei ágak találkozásánál [https://grundonline.hu/blog/2020/08/30/befejezodott-a-deak-ferenc-zsilip-felujitasa/].*

A Ferenc-tápcsatorna 1794 és 1801 között épült Kiss József és testvére Gábor mérnöki és szervezői munkájának köszönhetően. Ma ez az egyetlen mesterséges meder, amely összeköti a Dunát és a Tiszát. A belvíz elvezető, öntöző és hajózási csatorna Monostorszegnél ágazik el a Dunából, átszeli Bácskát és Bács-földvárnál ömlik a Tiszába. Feladata a Duna-Tisza közi mocsár lecsapolása és a vízi közlekedés lehetőségének megteremtése volt.

Monostorszegen a Duna szabályozása miatt feliszapolódási gondok vannak. A helyzet javítása érdekében a kiágazást elköltöztették, és 1855-ben új torkolati zsilipet építettek Bezdán.

Ez azonban nem garantálja a folyamatos vízellátást a csatornarendszerből. A megoldást az jelentette, hogy a Duna egy magasabb pontjáról elágazó csatornát építenek, amely a bajai Sugovica folyóból ágazik ki. Új hajóút nyílt a Pandur-szigeten, melynek végén megépült a Deák Ferenc zsilip, amely nemcsak a víz bejutását szabályozta a bejövő csatornába, hanem a hajózást is lehetővé tette (2.ábra).

Az elágazó csatorna kialakításához új pályát kellett nyitni Bátmonostor felé, délebbre pedig a Duna mellékágának részleges kotrásával és átvágásával a természetes medret is hasznosították. A csatorna 1875. augusztus 13-án nyílt meg.

3. ábra: A Ferenc-tápcsatorna élőben [https://odorhal.ewk.hu/ferenc---tapcsatorna/].

Feltételezik, hogy a 16. századig a Duna Bátánál vált el: a baracskai mellékfolyó a Mohács-sziget keleti oldala mellett haladt el, de lassan megtelt és mocsarassá vált, míg

a nyugati Szekszői mellékfolyó lett az új fő ág A Baracskai-Duna egészen a 19. századi folyószabályozásig létezett. Bezdán mellett épült Sebesfoki zsilip.

A holtágak hajózhatóvá tétele érdekében az 1870-es években Türr István vezetésével Baján megszületett a Türr István átvágás, Bezdánban az úgynevezett "Keskeny". Ekkortájt gőz- és faevezős csónakok járják a csatornát. A 20. század végére betiltották a hajózást, majd 2010 körül a motorcsónakokat is betiltották.

[https://odorhal.ewk.hu/ferenc---tapcsatorna/] (11.).

10.3. Mi is azaz uszadékfogó?

Az uszadékfogó elött úszik a vízben egy akadály (4. ábra), amit srégen helyeznek el a vízen, ez a törmeléket (általában levágott hínár) megállítja és egy helyre tereli majd erre az uszadék fogóra áll egy markoló és kiemeli azt a vízből.

4. ábra: A Nagybaracskai uszadékfogó és a vízben úszó akadály [Saját fotó].

Ennek az uszadékfogónak masszívnak kell lennie, hogy markolóval rá lehessen menni és fontos, hogy mozgásvizsgálattal értesüljünk az esetleges elmozdulásokról.

11. A munkaterület és a felhasznált műszerek bemutatása

Az imént illusztrált képeken látszik a hely, ahol folyt a mérés elvégzése, amihez a Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság biztosította a területet.

Erre az uszadékfogó környékére 2020-ban helyeztek el állandósított pontokat a vállalkozó földmérők (6. ábra). Majd ezekre az elhelyezést követően méréseket végeztek.

Ebbe a munkába kapcsolódtam be az 2022 őszén.

A vízállás alacsonynak tekinthető mivel egész nyáron át kitartó aszályos időszak volt jellemző.

A műtárgy három sarokpontján kettő-kettő darab pont van, az egyik a betonban a másik a szádfalban helyezve ezek mind Hilti szegek (5. ábra).

5. ábra: A betonban és a szálfalban elhelyezett Hilti szegek [Saját fotó].

A vízszintes mozgásvizsgálatot ismeretlen álláspontból végeztük, amelyről két ismert pontra tájékoztunk majd ívmetszéssel határoztuk meg az álláspont helyzetét.

A magassági mozgásvizsgálatot pedig szintezéssel hajtottuk végre.

A feladatom először a vízszintes hálózat mérése volt majd ezután a szintezés.

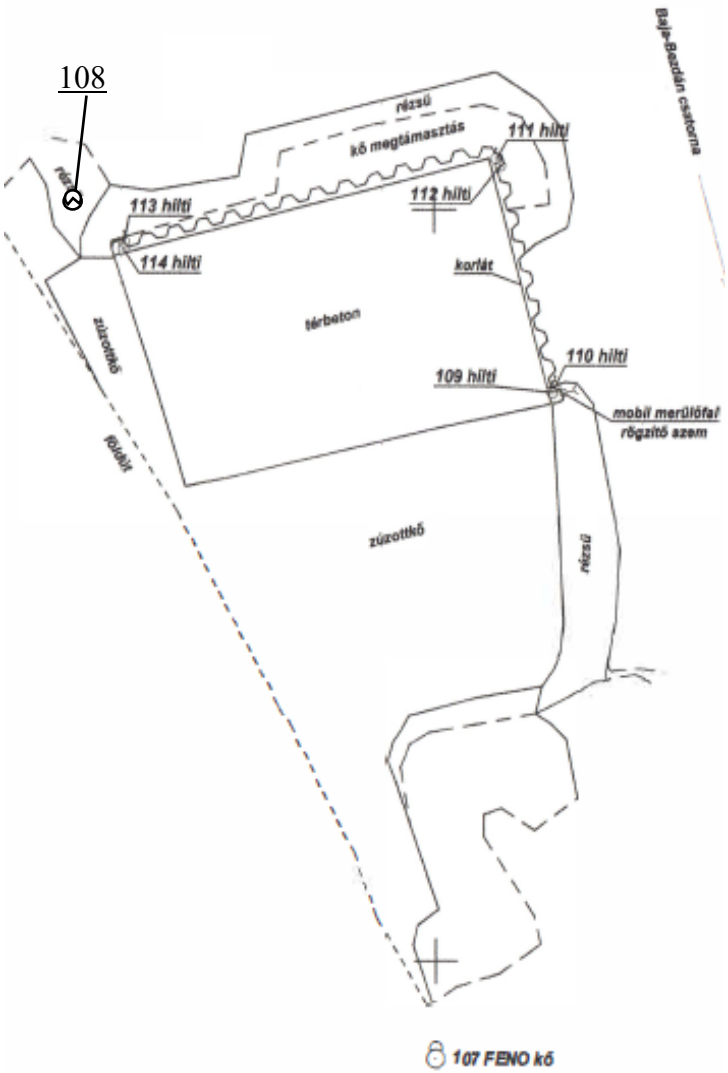
Összesen hat darab vizsgált pontra végeztük el a mozgásvizsgálatot ehhez rendelkezésünkre állt kettő ismert pont.

6. ábra: 107-es alappont (Feno kő) [Saját fotó].

7. ábra: Az uszadékfogó a terepen [Saját Fotó].

A 107-es pont egy FENO kő volt, ami egy elektromos vezeték tartó oszlop mellet volt található. A másik ismert pontunk a 108-as pont volt, ami szintén FENO kővel lett állandósítva, ami valamivel odébb a földút mellet lehetett fellelni (8. ábra).

Ezek jó állapotban lévő megfelelően állandósított alappontok ezért ezeket mozdulatlannak tekintettük a mérés során.



8. ábra: Az uszadékfogó szerkesztett rajzon [Saját fotó]

Az uszadékfogó melletti területen képesek voltunk több olyan álláspontot választani, ahol belátásunk volt mindkét alappontra és a mérendő Hilti szegekre is. A 109-es pont a műtárgy keleti részén lévő sarkán a térbetonba illesztett Hilti szeg. A 110-es pont pedig az előző ponthoz közeli szádlemez toldás.

Így tovább a 111-es szintén egy térbetonban lévő Hilti szeg volt csak az északi szélén a 112-es pedig ezen a sarkon lévő szádlemez toldás. A 113 és 114-es pontok hasonló képpen voltak állandósítva a 114-es a térbetonban lévő pont a 113-as pedig a szádlemez toldás pontja.

11.1. A feladat elvégzéséhez használt műszerek és eszközök ismertetése

Minden mérési feladatnál fontos, hogy a felszerelést megfelelően ellenőrizzük, azért, hogy mindig kéznél legyen az alkalmas eszköz a. Természetesen az ellenőrzést ki és bepakoláskor is elvégeztük.

11.1.1. A vízszintes helymeghatározáshoz felhasznált műszerek

- 1 doboz Leica Nova MS 60 mérőállomás (akkumulátorral, kontrollerrel, kiolvasó kábellel) (9. ábra).
- 1 db Leica műszerállvány.
- 1 db 360 fokos Leica prizma (10. ábra).
- 1db vízszintes meghatározási pontvázlat.
- 1 db műszertalp.
- 1 db centi (a műszer magasság éréséhez).

9. ábra: Leica Nova MS60 Mérőállomás [Saját fotó]

A Leica Nova MS 60 nevű műszerrel csupán másodjára dolgoztam ennél a feladatnál ezért különösen odafigyeltem, hogy szakszerűen tudjam kezelni a mérés végzése előtt.

A műszer pontossága normál mérés esetén prizmára 1 mm + 1.5 ppm, bármilyen egyéb felületre pedig 2 mm + 2 ppm.

10. ábra: Leica 360° prizma [https://www.mainetechnical.com/leica-grz4-360-degree-reflector-prism-p566.html].

Prizmára másfél métertől 10 000 méterig képes mérni, egyéb felületre pedig 1,5 m – 2000 m ig. A 360 fokos prizmára 1,5 m – 3000 méterig mér megbízhatóan. A méréseim során a képpen látható 360° prizmát használtam.

A távcső nagyítása harmincszoros és a legkisebb megirányozható távolság 1,7 méter. Ha a mérést a kontrollerrel (toughpad) irányítjuk akkor a mérési eredményeket a kontrollere menti el.

A prizma felállítását a hozzá tartozó libellák segítségével végeztük el, nélkülük nem lehet elvégezni a mérést.

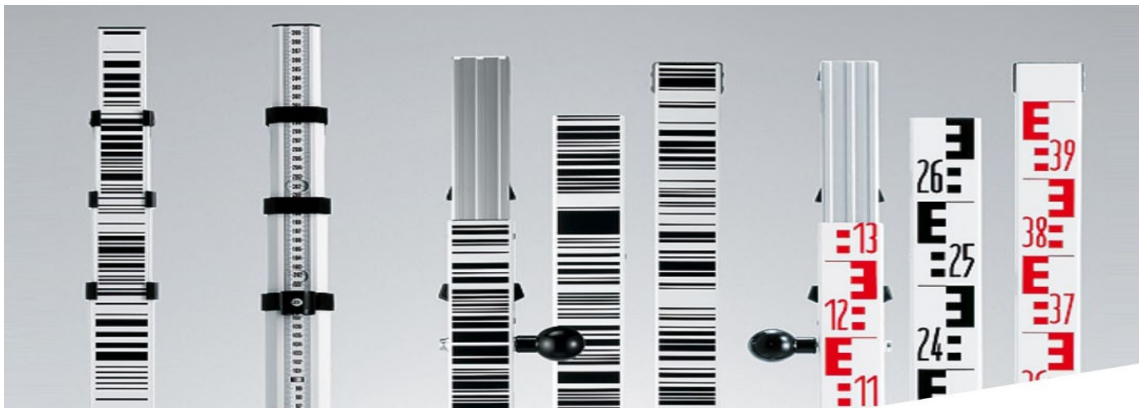
11.1.2. A szintezéshez felhasznált eszközök.

- 1 doboz Leica sprinter 250 m szintezőműszer (elemmel, kiolvasóval és kártyával) (11. ábra)
- 1 db műszer állvány
- 1 db műszertalp
- 2 db 2 méteres vonalkódos szintezőléc (12. ábra)
- 2 db kitámasztó bot
- 1 db vízszintes pontvázlat

A műszer nagyítása 24 szeres és a mérési adatokat kártyán tárolja.

A Leica sprinter 250 m szintezőműszer távmérési terjedelme 2 métertől 100 méterig terjed. A pontossága 0,6 mm/km.

11. ábra: Leica Sprinter 250m szintezőműszer [Saját fotó]



12. ábra: vonalkódos szintezőlécek [https://leica-geosystems.com/products/levels/accessories/dna-levelling-staffs].

12. Mérések végrehajtása

A mérési feladat elvégzése 2022. 09. 27.-én kapcsolódtam be. Ekkor voltam először a műtárgy helyszínén ezért elsőként terepi bejárást végeztem, felkerestem az alap és mérendő pontokat a vázlatok alapján.

A bejárás után a mérés következett két részre bontva az egyikben vízszintes helymeghatározást végeztünk a másikban pedig a szintezést.

Az előző évek vízszintes mozgásvizsgálata a következő időpontokban lettek elvégezve.

- 2020 május.
- 2020 június
- 2021 február
- 2022 szeptember

Az előző évek szintezése pedig a következő időpontokban lettek végrehajtva.

- 2020 május
- 2020 június
- 2021 február
- 2022 március
- 2022 szeptember

A méréseket nagyban befolyásolták az időjárás viszontagságai.

Hátrány volt, hogy néhol több mint egy év is eltelt a két mérés időpontja között, máskor pedig csupán pár hónap.

12.1. Vízszintes helymeghatározás

Először is felállítottam a műszert egy ismeretlen állásponton majd a műszer bekapcsolása után az állótengelyt függőlegessé tettem az elektromos libella segítségével és új álláspontot létesítettem.

A prizma segítségével ívmetszéssel határoztam meg az álláspontomat 107- és 108-as ismert alappontokkal.

Majd ezután bemértem a 109-től a 114-ig a részlet pontokat, ezzel végezve átálltam egy másik pontra és megismételtem az egész mérési folyamatot hasonlóképpen.

A pontokat vízszintes és magassági értelemben egyidejűleg, vagyis a szálkereszt közepével irányoztam meg. Az álláspontról könnyen és jó látási viszonyok mellett végeztem el a mérést.

A két mérés eredményeit szabad hálózatként egyenlítettem ki majd három paraméteres Helmert transzformációval az ismert alappontokra transzformáltam.

12.2. Magassági helymeghatározás

A szintezést a vízszintes helymeghatározás után végeztem.

A szintezőműszer egy Leica sprinter 250 m volt, ami egy digitális szintező.

A műszer lehetővé tette a digitális adatrögzítést és a beépített program segítségével még a helyszínen ellenőrzéseket kaptunk a méréseinkre mert a műszer képes volt kimutatni az oda és vissza szintezésből kapott eltérést (észlelési differencia) illetve a poligon és vonalas záróhibát.

A magassági hálózat mérése a következő lépéseket foglalja magában:

Első lépésként felállítottuk az ismert pontokon a szintező léceket majd olyan helyre állítottuk fel a szintező műszert, ahonnan egyenlő távolságra vannak a lécek.

A BIF programmal a 108-as pontra mértünk, mint hátra mérés (B) ezután a vizsgálandó pontokra mértünk, mint köztes pont (I) majd a másik ismert ponttal fejeztük be a mérést (F) ami a 107-es pont volt.

Megismételtük a mérést egy másik ponton is de ezúttal a 107-es ponttal kezdtünk a mérést, mint hátra mérés majd ismét a köztes pontokat mértük és a 108-as ponttal fejeztük be, mint előre mérés.

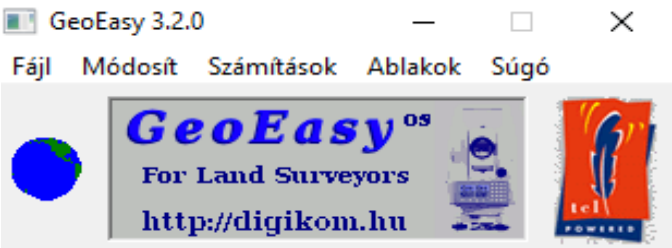
Összevettettük az alappont kiszámolt és az általunk ismert értékét, amelyek közötti különbség nem lépte túl a 0,5 mm, elfogadtuk a méréseket.

A két mérés eredményiét GeoEasy-be bevittem és szabad hálózatként kiegyenlítettem végül transzformáltam a két ismert pontra hasonlóképpen, mint a vízszintes helymeghatározásnál.

13. Mérések feldolgozása

13.1. Vízszintes helymeghatározás méréseinek feldolgozása

A mérések kiszámítását a GeoEasy nevű programmal végeztem (13. ábra). Elsősorban azért, mert a tanulmányaim alatt megismerkedtem ezzel a programmal, sőt lehetőségem volt a program készítőjétől elsajátítani annak használatát és ingyenesen használható.



13. ábra: A GeoEasy kezelőfelülete [Saját fotó].

Első lépésként bevittem az ismert pontokat a program koordináta jegyzékébe.

Majd a méréseket is bevittem, a 107-es és 108-as pontok tájékozó pontok, az irányzás ezekre a pontokra tájékozó irány ezért azokat pirosra változtam át (14. ábra).

Parancsok Számítások Súgó

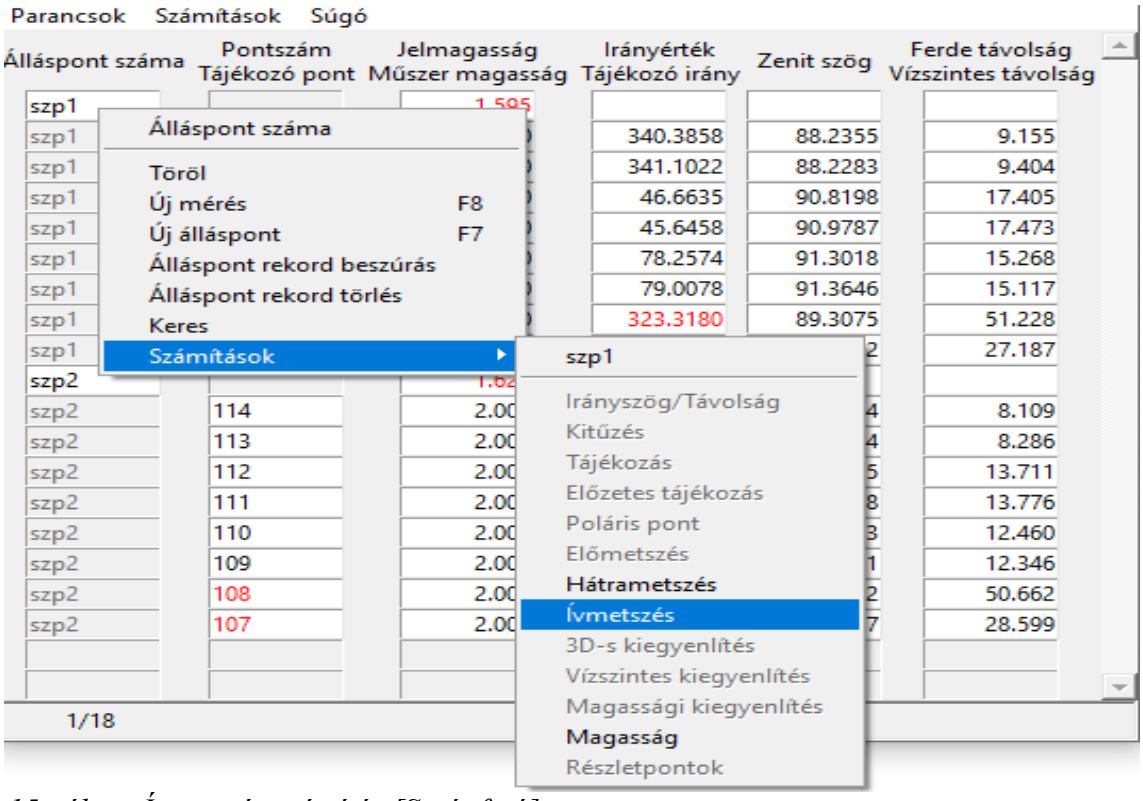
Álláspont száma	Pontszám Tájékozó pont	Jelmagasság Műszer magasság	Irányérték Tájékozó irány	Zenit szög	Ferde távolság Vízszintes távolság
szp1		1.595			
szp1	114	2.000	340-23-9.0	88-14-7.7	9.155
szp1	113	2.000	341-06-7.8	88-13-42.0	9.404
szp1	112	2.000	46-39-48.5	90-49-11.3	17.405
szp1	111	2.000	45-38-44.7	90-58-43.5	17.473
szp1	110	2.000	78-15-26.7	91-18-6.7	15.268
szp1	109	2.000	79-00-28.0	91-21-52.5	15.117
szp1	108	2.000	323-19-4.7	89-18-27.0	51.228
szp1	107	2.000	150-59-59.0	87-30-11.6	27.187
szp2		1.625			
szp2	114	2.000	316-35-56.5	86-56-57.7	8.109
szp2	113	2.000	318-01-16.7	86-57-8.7	8.286
szp2	112	2.000	47-50-21.9	90-24-55.9	13.711
szp2	111	2.000	46-32-29.1	90-37-3.9	13.776
szp2	110	2.000	88-17-49.9	90-54-26.2	12.460
szp2	109	2.000	89-18-55.3	90-58-34.1	12.346
szp2	108	2.000	319-11-52.1	89-07-48.9	50.662
szp2	107	2.000	158-03-45.0	87-19-32.7	28.599

1/18

Az *14. ábra: A terepi mérések táblázata [Saját fotó].*

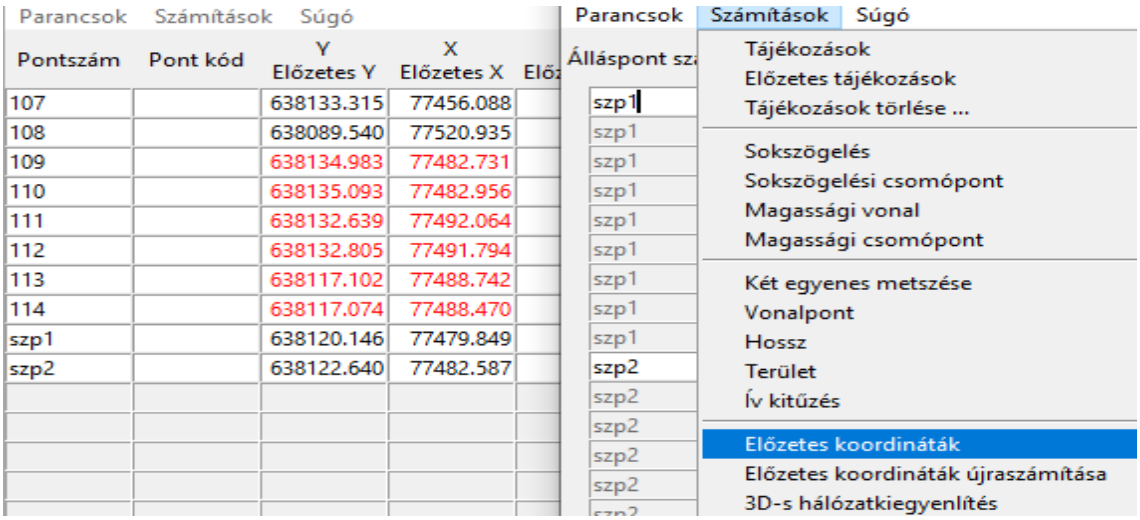
A jelmagasságot pedig műszer magasságra kellet állítanom az álláspontokon ezért ezek úgyszintén piros színt kaptak.

Ezután az álláspontok vízszintes koordinátáit határoztam meg ívmetszéssel a két ismert pont segítségével (15. ábra). Tájékozást is számítottam a két ismert pontra.

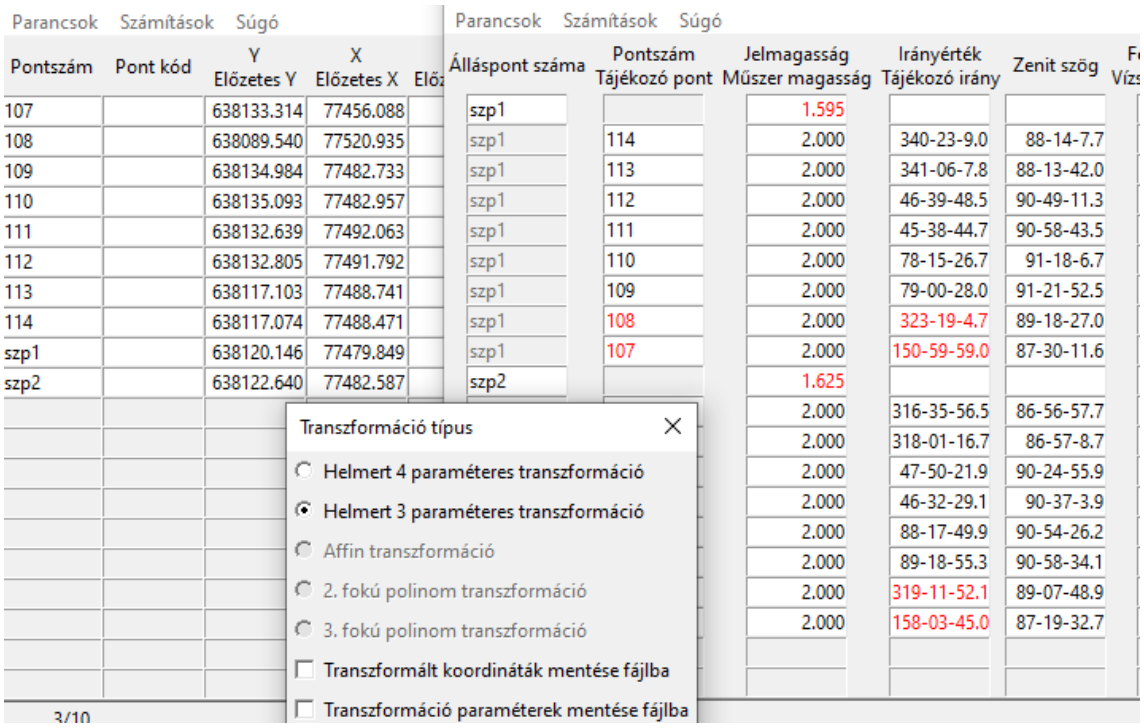


15. ábra: Ívmetszés számítás [Saját fotó].

Majd előzetes koordinátákat számítottam (16. ábra) és szabad vízszintes hálózatként kiegyenlítést végeztem.



16. ábra: Előzetes koordináta számítás [Saját fotó].



Parancsok Számítások Súgó

Pontszám	Pont kód	Y Előzetes Y	X Előzetes X	Elő
107		638133.314	77456.088	
108		638089.540	77520.935	
109		638134.984	77482.733	
110		638135.093	77482.957	
111		638132.639	77492.063	
112		638132.805	77491.792	
113		638117.103	77488.741	
114		638117.074	77488.471	
szp1		638120.146	77479.849	
szp2		638122.640	77482.587	

3/10

Parancsok Számítások Súgó

Álláspont száma	Pontszám Tájékozó pont	Jelmagasság Műszer magasság	Irányérték Tájékozó irány	Zenit szög	F Vízs
szp1		1.595			
szp1	114	2.000	340-23-9.0	88-14-7.7	
szp1	113	2.000	341-06-7.8	88-13-42.0	
szp1	112	2.000	46-39-48.5	90-49-11.3	
szp1	111	2.000	45-38-44.7	90-58-43.5	
szp1	110	2.000	78-15-26.7	91-18-6.7	
szp1	109	2.000	79-00-28.0	91-21-52.5	
szp1	108	2.000	323-19-4.7	89-18-27.0	
szp1	107	2.000	150-59-59.0	87-30-11.6	
szp2		1.625			
		2.000	316-35-56.5	86-56-57.7	
		2.000	318-01-16.7	86-57-8.7	
		2.000	47-50-21.9	90-24-55.9	
		2.000	46-32-29.1	90-37-3.9	
		2.000	88-17-49.9	90-54-26.2	
		2.000	89-18-55.3	90-58-34.1	
		2.000	319-11-52.1	89-07-48.9	
		2.000	158-03-45.0	87-19-32.7	

Transzformáció típus

- Helmert 4 paraméteres transzformáció
- Helmert 3 paraméteres transzformáció
- Affin transzformáció
- 2. fokú polinom transzformáció
- 3. fokú polinom transzformáció
- Transzformált koordináták mentése fájlba
- Transzformáció paraméterek mentése fájlba

17. ábra: Koordináta transzformáció számítás [Saját fotó].

Három paraméteres Helmert transzformációt végeztem a két ismert pont felhasználásával (17. ábra).

Vízszintes helymeghatározás mérés eredményei (18.táblázat).

Pontszám	X	Y
109	638 134,986	77 482,733
110	638 135,096	77 482,957
111	638 132,642	77 492,063
112	638 132,807	77 491,792
113	638 117,105	77 488,741
114	638 117,077	77 488,471

18. táblázat: Vízszintes koordináták [Saját táblázat].

13.2. Magassági helymeghatározás méréseinek feldolgozása

Sprinter Fieldbook Report

Units: [m]

BIF

PtID	BS_HEIGHT	IS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	MEAN_dH	Elevation	BS_DIST	IS_DIST	FS_DIST
107	0,7872					86,2300	38,294		
109		2,3360		-1,5488		84,6812		23,701	
110		2,3241		-1,5368		84,6932		23,786	
111		2,2762		-1,4890		84,7410		21,127	
112		2,2263		-1,4391		84,7909		21,243	
113		1,6848		-0,8976		85,3324		5,224	
114		1,6938		-0,9066		85,3234		5,163	
108	1,2998		1,3517	-564,4720		85,6655	38,808		38,985
109		2,2823		-0,9825		84,6830		22,741	
110		2,2703		-0,9704		84,6951		22,790	
111		2,2227		-0,9229		84,7426		19,681	
112		2,1725		-0,8727		84,7929		19,812	
113		1,6314		-0,3316		85,3339		3,910	
114		1,6413		-0,3414		85,3241		3,891	

19. ábra: Szintezőműszer nyers adatai [Saját fotó].

A magassági helymeghatározást a műszer kiszámolta, az adatkártyájából a már tengerszint feletti magasságokat kapjuk meg az ismert pontokból kiindulva (19. ábra).

A méréseket bevittem a GeoEasy-be azért, hogy kiegyenlítsem azokat.

Parancsok Számítások Súgó

Álláspont száma	Pontszám Tájékozó pont	Mag. kül. trigmag Mag. kül. szintezés	Ferde távolság Vízszintes távolság
szint1			
szint1	114	-1.694	5.163
szint1	113	-1.685	5.224
szint1	112	-2.226	21.243
szint1	111	-2.276	21.127
szint1	110	-2.324	23.786
szint1	109	-2.336	23.701
szint1	108	-1.352	38.985
szint1	107	-0.787	38.294
szint2			
szint2	114	-1.641	3.891
szint2	113	-1.631	3.910
szint2	112	-2.172	19.812
szint2	111	-2.223	19.681
szint2	110	-2.270	22.790
szint2	109	-2.282	22.741
szint2	108	-1.300	38.808
szint2	107	-0.732	38.508

20. *ábra: A terepi magasságmérések táblázata [Saját fotó].*

Mivel szintezésről és nem trigonometriai magasság mérésről beszélünk pirosra kellett váltanom a magasságokat szintén emiatt nem ferde hanem vízszintes távolságokról beszélünk így azokat is píros színben szerepelnek (20. ábra).

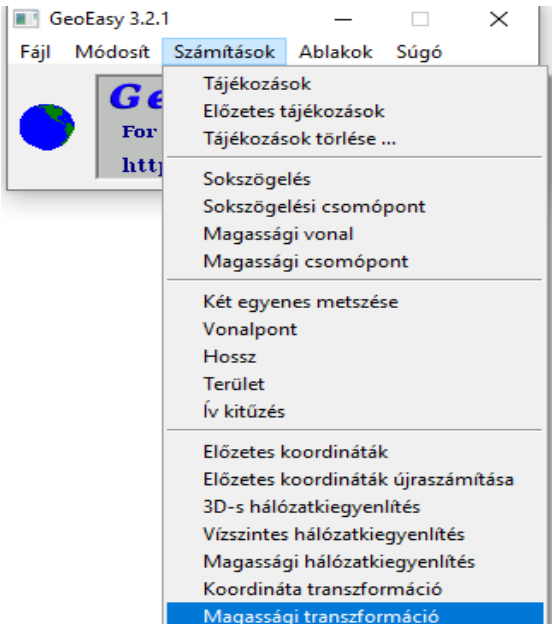
A két álláspontom magasságát kiszámoltam a két ismert pont segítségével (107 és 108-as) pontosabban ezek nem az álláspontok magassága, hanem a szintezőműszer tengerszint feletti magassága.

Ugyanígy kiszámoltam a részlet pontok előzetes magasságát (21. ábra). Ezt követően a hálózatot szabad hálózatként egyenlítem ki és transzformálom a két ismert pontra (22. ábra)

Parancsok Számítások Súgó

Pontszám	Pont kód	Y Előzetes Y	X Előzetes X	M Előzetes M
107				86.230
108				85.667
109				84.682
110				84.694
111				84.742
112				84.792
113				85.333
114				85.323
szint1				87.018
szint2				86.964

21. *ábra: Előzetes magasságok táblázata [Saját fotó].*



22. *ábra: Magassági transzformáció számítás [Saját fotó].*

A kiegyenlített és elfogadott magasságok (23. táblázat).

Pontszám	Magasság
109	84,682
110	84,694
111	84,742
112	84,792
113	85,333
114	85,324

23. táblázat: Magassági értékek [Saját táblázat].

14. Mérések összevetése az előző évekkel

Vízszintes koordináták (24. és 25. táblázat).

2020 május			**2020 június**	
Pontszám	Y	X	Y	X
109	638 134,983	77 482,732	638 134,985	77 482,730
110	638 135,093	77 482,954	638 135,091	77 482,956
111	638 132,641	77 492,064	638 132,636	77 492,067
112	638 132,803	77 491,794	638 132,797	77 491,798
113	638 117,104	77 488,740	638 117,100	77 488,737
114	638 117,071	77 488,475	638 117,074	77 488,472

24. táblázat: Előző évi vízszintes koordináták [Saját táblázat].

2021_feburár			**2022_szeptember**	
Pontszám	Y	X	Y	X
109	638 134,985	77 482,733	638 134,986	77 482,733
110	638 135,095	77 482,959	638 135,096	77 482,957
111	638 132,647	77 492,062	638 132,642	77 492,063
112	638 132,810	77 491,793	638 132,807	77 491,792
113	638 117,103	77 488,735	638 117,105	77 488,741
114	638 117,068	77 488,464	638 117,077	77 488,471

25. táblázat: Előző évi vízszintes koordináták [Saját táblázat].

	2020 június		**2021 február**		**2022 szeptember**	
	dy	*dx*	*dy*	*dx*	*dy*	*dx*
109	2	-2	2	1	3	1
110	-2	2	2	5	3	3
111	-5	3	6	-2	1	-2
112	-6	4	7	-1	4	-2
113	-4	-3	-1	-5	1	1
114	3	-3	-3	-11	6	-4

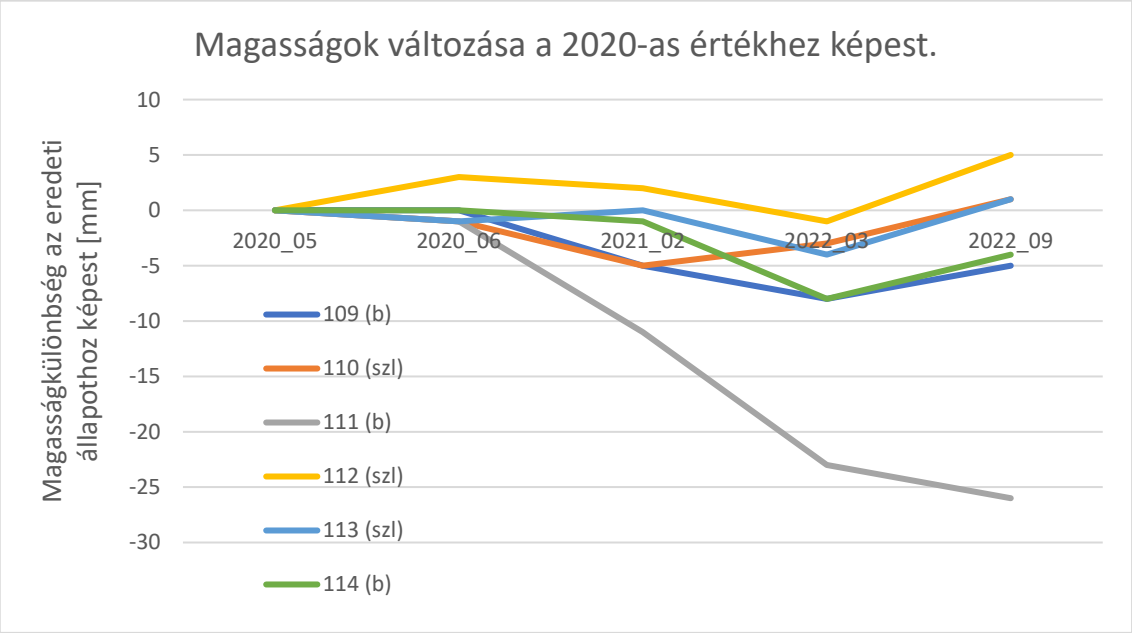
26. táblázat: Vízszintes koordináták eltérése [Saját táblázat].

A részletpontok vízszintes koordinátáinak eltérése az első (2020 május) méréshez viszonyítva milliméterben (26. táblázat).

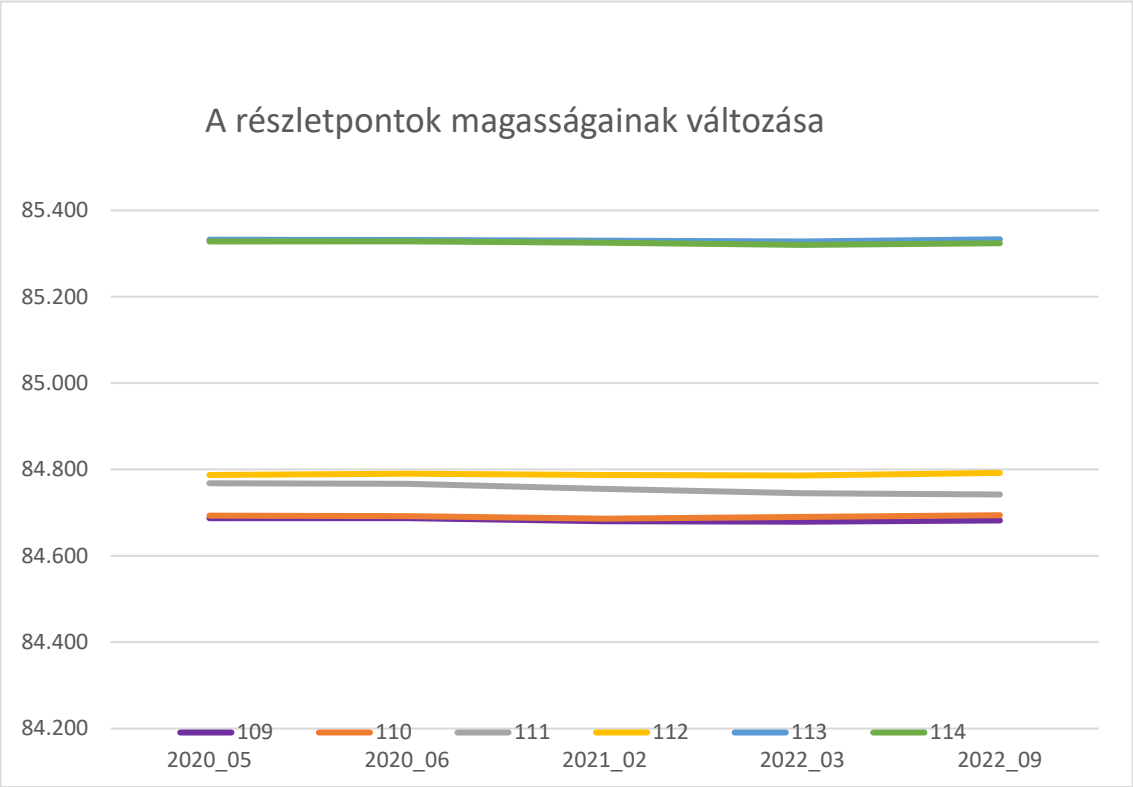
Magasságok beillesztése az eddigi eredmények sorozatába (27. táblázat).

Pontszám	**2020 május**	**2020 június**	**2021 február**	**2022 március**	**2022 szeptember**
109	84,687	84,687	84,682	84,679	84,682
110	84,693	84,692	84,688	84,690	84,694
111	84,768	84,767	84,757	84,745	84,742
112	84,787	84,790	84,789	84,786	84,792
113	85,332	85,331	85,332	85,328	85,333
114	85,328	85,328	85,327	85,320	85,324

27. táblázat: Előző évi magassági értékek [Saját táblázat].



28. diagram: Magasságok változása [Saját diagram].



29. diagram: Részletpontok magasságainak változása [Saját diagram].

15. Eredmények értékelése

Számottevő eltérés magassági értelemben a **111. számú pont** esetében érzékelhető a két évvel ezelőtti (2020 május) magasságokhoz képest 26 milliméterrel süllyedt, az utóbbi másfél évben 15 millimétert.

Ez a pont egy betonba süllyesztett Hilti szeg, a mellette lévő szádfalban lévő pont nem mutatott jelentős mozgást, ez azért lehetséges mert valószínűleg a szádfal olyan mélyre leütötték a földbe, hogy az stabil kőzettel érintkezik.

A többi magassági részletpont, eltérési határon belüli értékeket mutat mind két mérési módszernél. Összehasonlítottam az egymást követő méréseket és az első méréshez viszonyítva az összeset (28. és 29. diagram).

Az említett 111. számú pont mozgást végez, látszik, hogy az előző években is már elkezdte a mozgását pontosabban a süllyedését, ami mostanra számottevő mértéket ért el (28. diagram). Ez a sarokpont az amelyik a csatorna irányában helyezkedik el és bele is nyúlik.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

16. Összegzés

Összességében a szakdolgozatom célja egy műtárgy mozgásvizsgálatának menetének a bemutatása volt.

Szakdolgozatom első részében összefoglaltam azokat az elméleti információkat, amelyek általánosan tartalmazzák, hogy mit kell tudni a mozgásvizsgálatokról és a mérések elméletéről.

Olyan uszadék fogót választottam, amelynek visszamenőleg több évre megvannak a mozgásvizsgálati eredmények ezáltal hosszú távú változásokat tudtam bemutatni. Viszont a régebbi mérések nem ugyanebben az időszakban történtek, vannak tavaszi és őszi mérések is és nyáriak is. Mind mérőállomással történő vízszintes mind szintezővel végzett magasságmeghatározást is végeztem.

A műszerem egy Leica Nova MS60-as volt a szintező műszerem pedig egy Leica Sprinter 250m volt. Szembesültem azzal, hogy a környezeti viszonytagságok mennyire befolyásolják a műszerek pontosságát gondolok itt a felmelegedés miatti műszerhibákra.

Nagyon hasznos volt, hogy a műszer követte a prizmát és a pontokon furatokat helyeztek el ezért könnyedén bele illeszthettük a prizmabotot.

Végül a mérőállomás elektromos ellátásával kapcsolatban megjegyezzük, hogy szükséges minden esetben tartalék akkumulátor, esetleg külső tápegység használni, mert gyorsabban merülnek az akkumulátorok, mint gondolnánk, sőt még inkább hideg időben.

Számos tapasztalattal gyarapodtam a mérések során és ezeket a megfelelően fel is használtam a kiértékeléskor.

Szeretném megköszönni a konzulensemnek Tóth Zoltánnak és az Alsó-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatóság munkatársainak, Dukai Dávidnak, Hangya Lászlónak, Erdélyi Györgynek a mérhetetlen segítségüket.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

17. Summary

Overall, the aim of my thesis was to present the process of motion analysis of an object. In the first part of my thesis, I summarized the theoretical information that generally contains what you need to know about movement tests and the theory of measurements.
I chose such a driftwood tongs, which has movement test results for several years, so I was able to present long-term changes. However, the older measurements were not made in the same period, there are spring and autumn measurements as well as summer ones.
I also carried out both horizontal height determination with a measuring station and height determination with a leveler.
My instrument was a Leica Nova MS60 and my leveling instrument was a Leica Sprinter 250m.
I was confronted with the extent to which environmental conditions influence the accuracy of instruments, I mean instrument errors due to heating.
It was very useful that the instrument followed the prism and holes were placed at the points, so we could easily insert the prism stick.

Finally, regarding the electrical supply of the measuring station, we note that it is always necessary to use a spare battery or an external power supply, because the batteries drain faster than we think, even more so in cold weather.
I gained a lot of experience during the measurements and used them properly during the evaluation.
I would like to thank my consultant Zoltán Tóth and the staff of the Lower Danube Valley Water Directorate, Dávid Dukai, László Hangya, and György Erdélyi for their immeasurable help.

18. Irodalomjegyzék

1. *Ágfalvi Mihály. (2011). Mérnökgeodézia I. Székesfehérvár: TÁMOP.*

2. *Ágfalvi Mihály. (2011). Mérnökgeodézia II. Székesfehérvár: TÁMOP.*

3. *Ágfalvi, M., Bekk, T., Busics, G., Farkas, R., Kiss, A., Tarsoly, P., és mtsai. (2009). Geodéziai mérési praktikum. Székesfehérvár.*

4. *Holéczy, E., Kiss, A., Kovács, I., Takács, B., & Tóth, Z. (2021). M.2. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet. Budapest: Magyar Mérnöki Kamara.*

5. *Csepregi, S., & Busics, G. (1992/3). Geodézia és Kartográfia. Hálózati szemlélet a vízszintes alappontsűrítésben, 157-166.*

6. *Csepregi, S., Gyenes, R., & Tarsoly, P. (2013). Geodézia I. Székesfehérvár: NymE Geoinformatikai Kar.*

7. *Tarsoly P. (2011): Geodézia főiskolai jegyzet, 9. és 12. modul.*

8. *Detrekői Ákos - Ódor Károly. (1984). Ipari geodézia I. Budapest: Tankönyvkiadó.*

9. *Detrekői Ákos - Ódor Károly. (1998). Ipari geodézia II. Budapest: Tankönyvkiadó.*

10. *Miskolczi L. (1973): Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezéssel.*

11. *https://odorhal.ewk.hu/ferenc---tapcsatorna/*