

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**GEODÉZIAI HÁLÓZAT KIALAKÍTÁSÁNAK
LEHETŐSÉGEI TESZTPONTOK TÉRBELI
KOORDINÁTÁINAK
SZABATOS MEGHATÁROZÁSA
CÉLJÁBÓL**

Szerző(k): **Epresi Konrád**
Földmérő és földrendező mérnök szak
Bsc 2. évf.

Konzulens(ek): **Dr. Busics György**
egyetemi docens

Székesfehérvár
2016

Tartalom

1.	Az UAV-król és a tesztmező szükségességéről	3
1.1	Tesztmező szükségessége	3
1.2	Iszka-hegyi tesztmező „hullámain”	4
2	A geodéziai hálózatokról	5
3	Munkaterület bemutatása és terepi előkészítés.....	7
3.1	A munkaterület bemutatása	7
3.2	Terepi előkészítés	8
4	A mérés folyamata	12
5	Számítás.....	15
5.1	Jegyzőkönyv előkészítése, tisztázása, tájékozó irányok beazonosítása	15
5.2	A számítás folyamata.....	17
5.2.1	Szabad hálózat kiegyenlítése.....	17
5.2.2	Kötött hálózat számítása	21
6	Eredmények.....	23
6.1	A hálózatkiegyenlítés elemzése, tapasztalatai	23
6.2	Koordináta transzformációk	24
6.3	Bodajki kőfejtő DDM	26
7	Összegzés, köszönetnyilvánítás	27
7.1	Összegzés.....	27
7.2	Köszönetnyilvánítás.....	28
8	Források.....	28

1. Az UAV-król és a tesztmező szükségességéről

1.1 Tesztmező szükségessége

Napjainkban a fotogrammetria aranykorát éli; gondoljunk arra, ha elmegyünk egy földmérőknek szóló nagyobb kiállításra, az újítások döntő többsége ebben a témában születik. Az UAV-k ilyen robbanásszerű elterjedése betudható annak is hogy manapság viszonylag olcsón minőségi hordozó- illetve érzékelő eszközök vehetők hozzá, ezen felül a gyártók nyitnak a manapság igen elterjedt hobbi UAV-k gyártása felé is, hiszen csak annyi a dolguk, hogy a hordozóhoz egy rosszabb minőségű kamerát adnak vagy egy olyat, aminek belső tájékozó adatai nem állandóak, így ezek olcsóbbak lesznek. A probléma azzal van, hogy ezeket a szerkezeteket nem lehet minősíteni, mivel ez egy integrált mérőrendszer így csak alkotóelemeit lehet külön-külön minősíteni.

Maga az UAV 3 fő részből áll: egy légitárműből (adattároló, kamera, információs rendszer) a következő rész a földi irányító állomás (távirányító, GPS, kommunikációs rendszerek), a harmadik elem a szoftver, amely az egész rendszer agya. Magával a rendszerrel elérhető pontosság a következő tényezőktől függ.

- Kamera: belső-külső adatok hibái, pixelhibák
- GPS: GNSS vevő, illetve GNSS módszer pontossága
- Felvétel készítésekor fellépő hibák: sebességből-, repülési magasságból-, széllekeések által fellépő- hibák
- Szoftver: automatizált funkciók hibái (Automatizált illesztés)
- Felépítésből eredő: merevszárnyú vagy kopterek

Ezek a tényezők külön is vizsgálhatók, de egyszerre csak akkor, ha kialakítunk egy olyan tesztmezőt, ami ezek a szabályos hibák kiküszöbölésére és az UAV-k pontosságára ad felvilágosítást ezúton lehet pontos adatokat kapni a valós pontosságról. A tesztmező kialakításánál fontos, hogy a terep változatos legyen, hogy maximális spektrumban vizsgálja a rendszert. Ezért esett a választás egy felhagyott kőbánya területére, ahol létre lehet hozni vízszintes és függőleges helyzetű pontokat.

1.2 Iszka-hegyi teszthez „hullámain”

2015 novemberében az OE AMK Geoinformatikai Intézet munkatársai a Székesfehérvár közelében lévő Iszka-hegyen egy ideiglenes teszhálózatot hoztak létre. Azért nevezhető ez ideiglenesnek, mert a mintegy 50 darab, 50×50 cm méretű műanyaglapos pontjel szegekkel van a terephez rögzítve, így a pontjelek könnyen elpusztulhatnak akár emberi beavatkozás, akár időjárási körülmények (szél, eső, fagy) hatására. Az iszka-i teszthez kiépítéséről két szakcikk (Balázsik és társai 2016, Busics 2016) és szakdolgozat (Bájhóber 2016) készült.

A többféle UAV tesztrepülését követő vizsgálat alapján a következő megoldandó feladatokat fogalmazták meg: „A vizsgálatok további kérdéseket vetnek fel, amelyek érdekesek lehetnek mind az eszkögyártók, fejlesztők és a felhasználók számára. Így például további vizsgálatokra számot tartó kérdés, hogy a repülési irány mentén ténylegesen nagyobb pontatlanság várható-e (ez megfelelő repülési irány megválasztásával csökkenthető). Azt is érdemes vizsgálni, hogy a topográfia és a lejtviszonyok mutatnak-e kapcsolatot a hibákkal. A magassági meghatározás még kritikusabb kérdéseket vet fel, hiszen ez esetben nagy, decimétert meghaladó eltéréseket is tapasztaltunk, amelyek durva hibára utalnak” (Balázsik és társai 2016).

Ebből kiindulva értünk el arra a következtetésre, hogy valószínűleg számítanak a terep lejtésviszonyai, ezért kell a tesztheznek egy viszonylagosan változatos terepmodellt mutatni. Ezen felül ezen teszthez kialakítói és elemzői egyetértenek abban, hogy ezeket a kutatásokat folytatni kell, hiszen ezek a kérdések sürgetően fontosak lettek napjainkban.

Melyek is ezek a kérdések? Felhasználhatóak ezek az adatok vízszintes, illetve magassági értelemben? Mekkora hibahatárral lehet számolni, illetve tapasztalati úton mik számítanak durva hibának? Melyek azok a helyzetek, ahova már lehet használni őket és melyek azok a területek, amik még fejlesztésre szorulnak?

Első szempont a terület kiválasztásánál a domborzat változatossága. Gondolok itt egy kőfejtő sziklafelületeire, amelyek lehetővé teszik a legkülönbözőbb lejtésű és felületű vizsgálati pontok elhelyezését. Előnyös az is, hogy ebből a területből különböző teszthezök kifejlesztése is valóra váltható, mint például a térszkenelés, akár földi álláspontról, akár valamilyen hordozóról legyen az UAV, vagy személygépkocsi.

A második szempont az illesztőpontok állandósága: amíg az előző teszthezön könnyen elmozdítható műanyag lapok voltak, helyettük most betonlapokat állandósítottunk, amelyek mozdulatlanak tekinthetők. Mivel a Bodajki teszthezön még nem repültek UAV-k ezért még nincsen bizonyítva a fent említett kérdés miszerint befolyásolja-e a terep lejtése a magassági értelmű meghatározást, de belátható időn belül erre is fény fog derülni.

2 A geodéziai hálózatokról

A geodéziai hálózatok kiépítésének célja nagyon változatos; lehetnek alappontsűrítésre szolgáló, a kataszteri térképezést segítő, a mérnökgeodézia területét kiszolgáló, vagy a geológiában monitorozásra szolgáló, úgynevezett geodinamikai hálózatok. A mi hálózatunk mérnökgeodéziai hálózatnak tekinthető, vagy szabatos felmérési hálózatnak, mert illesztőpontok és részletpontok koordinátáit akarjuk meghatározni nagy pontossággal.

A másik csoportosítási lehetőség, hogy hálózatunknak mekkora a területi kiterjedése. Lehet lokális hálózat, jellemző rá a viszonylag „kicsi” munkaterület. Üzemek, épületek, ipari létesítmények megvalósításához, illetve üzemeltetéséhez alakítják ki. Beszélhetünk mikrohálózatról, ami néhányszor tízméteres, vagy akár csak méteres kiterjedtségű. A következő lehetőség az országos hálózat, ami már egy egész országnyi területet lefed. Magyarországi vonatkozásban ilyen az Egységes Országos Magassági Alapponthálózat (EOMA) vagy az Egységes Országos Vízsíntes Alapponthálózat (EOVA). A következő csoport a regionális hálózat, amely egy egész kontinens területére kiterjed. Európában található hálózatok az Egységes Európai Szintezési Hálózat, vagy az EUREF és az EPN. Az EPN valósítja meg az európai térbeli vonatkoztatási rendszert, az ETRS89-et. A legnagyobb területet lefedő hálózat a világhálózat, ami a felsőgeodézia hatáskörébe tartozik. Ilyen világhálózatot tart fenn az IGS, amely a nemzetközi földi vonatkoztatási rendszer az ITRF-et valósítja meg a gyakorlatban (legújabb változata az ITRF2008 és az ITRF2014). A GPS rendszernek is van követőhálózata, ennek vonatkoztatási rendszere a WGS84. A WGS84 és az ITRF rendszerek cm-es szinten azonosnak tekinthetők.

A hálózatom egy helyi koordináta-rendszerben meghatározott mikrohálózat, amit az országos vonatkozási rendszerbe (EOVA/EOMA), az európai rendszerbe (ETRS89) és a világrendszerbe (WGS84) is szándékozok beilleszteni.

A következő csoportosítás, hogy mennyi helymeghatározó adatunk van és ezeket milyen módszerekkel tudjuk előállítani. Az adatok száma szerint lehet 1D (szintezési hálózat, trigonometriai magassági hálózat és gravimetriai hálózat) ezekre jellemző, hogy csak egyetlen helymeghatározó adattal rendelkeznek (tengerszint feletti magasság, nehézségi gyorsulás). A következő a 2D (háromszögelési hálózat az alapfelületen, irány-távmeréses hálózat a síkban) itt már két helymeghatározó adattal dolgozunk (ellipszoidi földrajzi szélesség és az ellipszoidi földrajzi hosszúság, vagy síkbeli derékszögű koordináták). A 3D hálózatok esetében (például a GPS hálózatokban) három helymeghatározó adata van minden pontnak (X, Y, Z derékszögű koordináták, vagy ellipszoidi földrajzi szélesség, ellipszoidi földrajzi hosszúság, ellipszoid feletti magasság). A számítás folyamán mi egy irány- és távméréses hálózatot létesítettünk trigonometriai magasságméréssel kombinálva.

A mérés végeztével következik a számítás, aminek két esetét különböztetjük meg: pontonkénti számítás vagy együttes számítás. A régebbi módszer az úgynevezett pontonként meghatározás, ami csak kevés pont esetén alkalmazható. Elve egyszerű: új pontról új pontra halad a számítás, mindig csak egy pont koordinátái számítandók, majd, ha egy pontnak meghatároztuk a helymeghatározó adatait, akkor azt utána adott pontnak vesszük a következő pont kiszámításánál és így tovább addig, amíg ki nem számoljuk a hálózat összes pontját. Ez időigényes munka, így csak olyan helyzetekben lehet használni, ahol kevés pontot akarunk kiszámolni. A következő lehetőség a számítástechnika fejlődésével vált lehetővé: ez az együttes kiegyenlítés, ahol egyszerre történik meg a pontok kiegyenlítése. A hálózatomat az utóbbi módszerrel fogom feldolgozni a hálózat nagyságára és a számítási hiba elkerülése érdekében.

További csoportosítási lehetőség az ismert pontok darabszáma szerinti elkülönítés. Ha minta területünk nem tartalmaz adott pontot (csak új pontjai vannak) akkor egy úgynevezett szabad hálózatot kapunk, ha pedig van megfelelő számú adott pontunk, akkor kötött hálózatról beszélünk. Esetünkben a hálózatot szabadként és kötöttként is kiszámoltam. Szabadként azért, hogy az adott pontok kerethibái ne terheljék az eredményt.

A geodéziai hálózatok csoportosíthatók aszerint is, hogy azokat egyszeri méréssel vagy folyamatos méréssel határozzák meg. Az előbbi módon létrehozott hálózatot passzív hálózatnak, az utóbbit aktív hálózatnak nevezzük. Aktív hálózatot jelentenek a GNSS permanens állomáshálózatok, általában elsődlegesen hálózati RTK szolgáltatások céljából. Aktív hálózatokat mozgásvizsgálati célból is kiépíthetnek. Napjainkban a passzív hálózatok ritkábbak, de régebben az országos hálózatok kiépítése több évtizeden keresztül elhúzódott, így a pontokat nem határozták meg újra, hiszen így is nagyon időigényes volt egy ekkora hálózat kialakítása.

Az időtényező figyelembevétele azt jelenti, hogy az egyszeri mérésből számított koordinátákat változatlanok tekintjük-e, vagy többször mérjük újra a hálózatot és pontosítjuk a koordinátákat, mert figyelembe vesszük a pontok esetleges saját mozgását, illetve a többszöri mérésből (több mérési adatból) számítjuk a végleges koordinátákat.

A most létrehozott és állandósított hálózat első mérése alapmérésnek tekinthető, amit további mérések követnek majd. Egyrészt azért, mert a tervek szerint a mostani munka az első lépés volt egy sokkal nagyobb és szélesebb felhasználási területű tesztmező kialakítására, vagy bővítésre kerül sor. Másrészt a pontjelek esetleges elmozdulására is adatokat kapunk így. A további méréseket ugyanazokon az álláspontokon célszerű végezni, mint az alapmérést, ezért az álláspontok tartós jelöléséről (állandósításáról) is gondoskodni kell.

3 Munkaterület bemutatása és terepi előkészítés

3.1 A munkaterület bemutatása

A kiválasztott területet Bodajk város belterületének déli szélén, egy korábban használt, de felhagyott kőfejtő körül helyezkedik el. Bodajk település a Dunántúli-középhegység második fő vonulatának, a Bakonynak aljában, a Móri-árok peremén fekszik ennek köszönhető, hogy a terepi viszonyok változatosak, a volt kőbánya oldalfalán pedig függőleges felület menti pontok is elhelyezhetők. Befolyásoló tényező volt a jó megközelíthetőség is, valamint a viszonylag elzárt terület, ahol nem zavarja a lakosságot a későbbi munka. További cél volt a további terjeszkedésre való lehetőség, a munkaterület bővítése. Ezen feltételeknek így tökéletesen megfelel egy régi kőbánya területe, ami napjainkban már csak szoborparkként üzemel. Ugyanis néhány évvel ezelőtt egy nyugdíjas kohómérnök nyaranta kőfaragó tábort szervezett ide, ahol különböző kőszobrokat faragtak és hagytak a helyszínen. Ez a mi szempontukból azért előnyös, mert maguk a kőszobrok (azok egyértelműen azonosítható pontjai) is felhasználhatók tesztpontként.



3.1. ábra A tesztmező terepviszonyai



3.2. ábra A tesztmező elhelyezkedése
(Forrás: Google Earth)

A volt kőbánya sziklafalán különböző formájú és elhelyezkedésű sziklák nyúlnak ki, amik lehetővé teszik a fóliák elhelyezését a legváltozatosabb helyzetekben, így „próbára téve” az UAV érzékelőit. A terület nagyjából egy 300×300 méteres rész, ami tartalmazza az elhagyatott kőbányát és az előtte fekvő szántó egy részét, ezen kívül tartalmazza még az állandósított illesztőpontokat a festett és fóliával megjelölt részletpontokat és az álláspontjainkat, amik műanyagfejű vascsővel vannak állandósítva.

3.2 Terepi előkészítés

Az terepi előkészítés lényegében tartalmazza az álláspontok kijelölését, az illesztőpontok és részletpontok megtervezését és állandósítását. A munkaterületen először a 101-es pontot kelöltük ki mivel az a pont biztosít kapcsolatot a kőbánya keleti és nyugati része között, így az egy kiemelt fontosságú pont lett. Erre a pontra ezután állítottunk egy kitűzőrudat és kerestük azokat a pontokat a terepen, amelyekből látható az a pont és azon felül minél több leendő részletpont, például a sziklafal. Ha megtaláltuk a megfelelő helyet, oda is kiteszünk egy kitűzőrudat, majd a következő pontnál már mind a két kitűzőrúd helyzetét figyelembe kell venni. Ezt addig folytatjuk, amíg a teljes mintaterületünket lefedi a hálózatunk. Így kaptuk meg a 101-es sorszámától a 108-asig tartó álláspont-hálózatunkat.



3.3. ábra A 101-es pont kitűzése



3.4. ábra A pont állandósítása fémcsővel

Az alappontokkal szemben 10 követelményt támasztunk (Busics 2010), ezek a mi esetünkben a következő módon érvényesülnek

1.) Állandó módon van megjelölve. Esetünkben az álláspontok fémcsővel vannak megjelölve, amelynek tetejébe egy kör alakú „Mérési pont” feliratú műanyag lap rögzíthető, ennek közepe 2 mm-es furattal van jelölve. A vizsgálati pontok (illesztőpontok) pedig 40×40 cm méretű, előre gyártott vasbeton lapok, amelyek közepét 3 mm-es rézcső jelöli. A vasbetonlapok állandósításának folyamata:

1. Kiöntöttük előre a betonlapokat, felső közepében a rézcsővel.
2. Kiástuk a megfelelő mélységű és széles lyukat a földben a terep viszonyai megfelelően; ásót, lapátot és csákányt is bevetettünk.



3.5. ábra A betonlap kiöntése és a földmunka

3. Beton kikeverése, beöntése.
4. Betonlap behelyezése, besüllyesztése talajszintre.
5. Rések földdel való kitöltése, föld elhordása.
6. Betonlap tisztítása, festése.
7. Pont bemérése.



3.6. ábra A kőlap állandósításának befejező lépései

A sziklákon elhelyezett vizsgálati pontoknál (részletpontoknál) kétféle pontjelölést használtunk. Az egyiket a sziklafal közel függőleges részein, ezek fóliák voltak; itt egy direkt erre kifejlesztett ragasztót használtunk, hogy mozdulatlanok lehessen tekinteni ezeket. Vízszintes vagy közel vízszintes sziklafelületen pedig festést alkalmaztunk. Ha a terep adottságai lehetővé teszik ezt az olcsó és jól látható pontjelölést, pazarlás lenne nem kihasználni.

Ezekon felül található még két különleges részletpont, ugyanis ezen kőbánya egy szoborparkként is üzemel az egyiknek a tetején egy gomb volt található a másikon pedig a csúcsát lehetett nagy pontossággal irányozni valamennyi álláspontból. Ezekre értelemszerűen csak irányt lehet mérni, a magasságukra való tekintettel is ami nagyjából 5 méterre tehető.

- 2.) Mozdulatlanok tekinthető. Az álláspontokon használt fémcső nagyjából 20 centiméteres hosszúsága biztosítja a pont mozdulatlanságát, hiszen a területen földmunka, illetve mezőgazdasági tevékenységet nem folytatnak. Betonlap esetében ezt az alapzat lebetonozása (lényegében az alapközethez, sziklakibúváshoz kötése) biztosítja. A fóliánál a speciális ragasztó, a festésnél pedig maga a sziklatömb. A szobrok több mint 10 éve állnak háborítatlanul, lebetonozva és előreláthatólag nem is fogják bolygatni azokat.
- 3.) Kicsi azonosítási hiba terheli. Az álláspontok s a betonlapok közepének jelölése is egyértelmű, a furat közepe milliméteres pontossággal azonosítható. A fóliák és festett pontok is 1-2 milliméter pontosan azonosíthatók (a festett pontok közepét a fehér festésen egy fekete pont jelöli). A szobor jele (teteje) szintén 1-2 milliméter pontosan azonosítható. Ezek mind megfelelnek a tesztmező későbbi használatára.



3.7. ábra A szobron irányzott pont magassági és vízszintes értelemben

- 4.) Fölös számú méréssel van meghatározva. Az álláspontok között az összes látható irányt mértem, a távolságokat is, oda-vissza. A vasbetonlapok átlagosan öt helyről vannak bemérve polárisan. A fóliás és a festett részletpontokat is lehetőleg 2-4 irányból polárisan mértem, kivéve, ha csak egyetlen álláspontból látszódott a jel. A szobor-pontokat is 4-5 előmetsző iránnyal határoztam meg.
- 5.) A meghatározott mérések hibahatáron belül vannak. Mivel ez egy önálló helyi mikrohálózat, első lépésben nincs beillesztve az EOVA pontok közé, ezért hibahatár nem vonatkozik rá. Az irány-és távolságtérésekre ilyen rövid oldalak esetén nem érvényesíthető hibahatár, de a koordináta középhibákra megadható egy 5 mm-es határérték. A hibahatárt a hálózat megrendelője szabhatja meg, jelen esetben ez a Mikovinyi Sámuel Szakkollégium projektje, ahol az 5 mm-es maximális ponthibát szabták meg pontossági mérőszámként.
- 6.) Magasabb rendű (esetleg azonos rendű) pontokból származik. Ezt a tesztmező használatakor valószínűleg helyi rendszerben fogják meghatározni így az egymáshoz való viszonyuk a pontoknak azonos rendű így megfelel ennek a kritériumnak is.
- 7.) Az adott pontok ugyanabban a vonatkozási rendszerben tartoznak: A hálózatunkat négyféle vonatkoztatási rendszerben fogom megadni helyi rendszerben, HD72-ben, ETRS89-ben és WGS84-ben. A helyi rendszerben nem lesznek adott pontok, a HD72-ben pedig csak EOVA rendszerű adott pontok lesznek.
- 8.) A helymeghatározó adatok nagy pontossággal ismertek. Mint fentebb szó volt róla. a helyi rendszerben 5 milliméter alatti az elvárt vízszintes és magassági ponthiba. A további (EOVA, ETRS89, WGS84) rendszerben ezt további, a felhasználás szempontjából elhanyagolható transzformációs hiba terheli.
- 9.) A koordinátaszámítás számszerű eljárással, az összes mérés figyelembevételével történik. Méréseimet a hálózat együttes kiegyenlítésével végeztem.
- 10.) A mérés és számítás folyamata megfelelően dokumentált. Esetemben mellékelem a TDK dolgozatomhoz a meghatározási vázlatokat, a számítási- és mérési jegyzőkönyveimet digitális formában.

Mérés előtt még fontos volt azonosítani azokat a magaspontokat, amelyek az álláspontokról tájékoztató irányként használhatók. Ilyenek voltak például a bodajki és a móri templomtornyok és a Csóka-hegyi mérőtorony. Az mérés segítségét szolgáló mérési vázlatot is rajzoltam a terepen, amit a mérés napjáig gépi szerkesztéssel is megcsináltam, hogy a terepen a mérés minél gyorsabban és gördülékenyebben mehessen.

4 A mérés folyamata

Az irány- és távmérés végrehajtása

A mérést Geomax (Leica licenz alapján gyártott) típusú műszerrel végeztem. Az új beszerzésű műszer kalibrált. Törekedtem arra, hogy a mérés folyamán csak egyfajta (Leica típusú) prizmát használjak, amelyek ismert az összeadóállandója Esetemben ezen prizmák körprizmák voltak 0.00 összeadóállandóval (egy normál és egy mini prizmát használtam). Fóliák irányzásakor a fóliára vonatkozó összeadóállandót használtam.



4.1. ábra A Normál és mini prizma

Fontos még, hogy kényszerközpontosan felállított műszerállvánnyal kell elvégezni a mérést és csak a prizmát és a műszert cseréljük az álláspontokon. Ez esetben a Leica felszerelésénél azonos a műszermagasság és a jelmagasság, így csak a műszermagasság szabatos méréséről kell gondoskodni. A műszermagasságot a Leica GPS-vevőhöz rendszeresített kampós szalaggal mértük, ami mm-es pontosságú műszermagasság meghatározást tesz lehetővé. Az álláspontok, illetve a jelmagasság pontos ismeretéhez ezt a kampós szalagot használtuk; a mérőszalag egyértelműen illeszthető a középszerkezetbe (Wild-csúcsba) és milliméter pontossággal leolvasható a magasság, amihez 36 cm-es külpontossági javítás tartozik.

A mérés közben egyszerre kell mind vízszintes, mind magassági értelemben irányozni a prizmát, illetve a jeleket. Mivel a hálózat-mérés egyik legfontosabb követelménye a megfelelő számú fölös mérés biztosítása, ezért az álláspontok között is oda-vissza irányú távmérésre és iránymérésre törekedtem, de a poláris pontok (illesztőpontok, fóliák, szobrok) esetében is az volt a cél, hogy több álláspontból mérjem azokat polárisan.



4.2. ábra Terepi mérés Geomax mérőállomással

A méréseimet az álláspontok között normál körprizmára végeztem és kényszerközpontosan cseréltem. A fóliákra direkt reflex üzemmódban mértem távolságot a vízszintes és magassági irányzason felül. A festett jelekre és az illesztőpontokra egy mini prizmát tettünk és azt mértem, aminek szabatos magassága 40 centiméter. A szobrokra távmérést nem csak iránymérést végeztem (vízszintest és magasságit), 6 álláspontból.

Az álláspontok EOVS koordinátáinak meghatározása hálózatos RTK-val

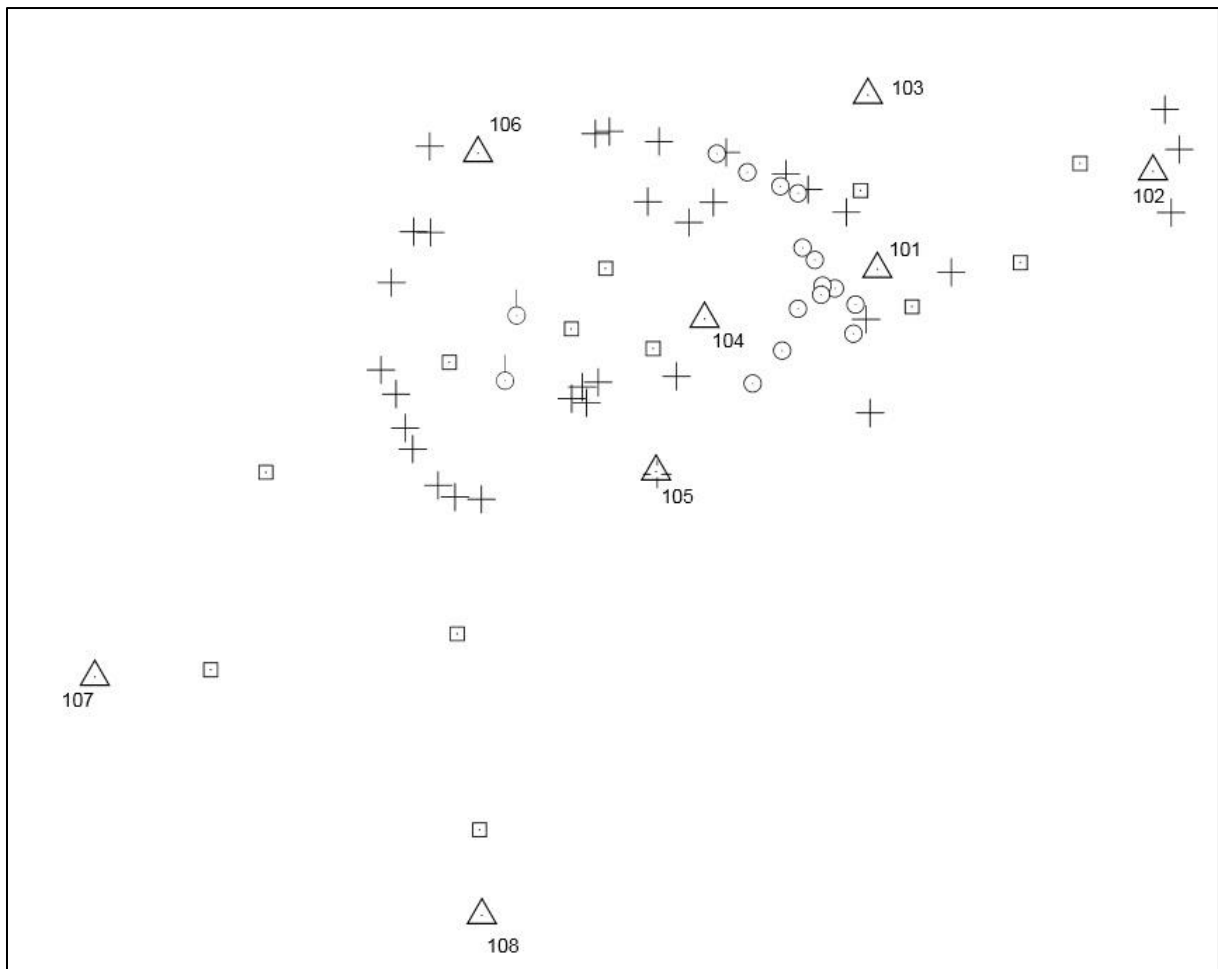
A terepen az összes álláspontot GNSS technológiával is megmértük. Hálózatos RTK-t használtunk, minden pontot kétszer mérve VRS beállítással. A vízszintes ponthiba ez esetben 2 cm-re tehető. Az RTK mérés eredménye a VITEL2014 eljárással transzformált EOVS koordináta és Balti magasság.

A kétszeri mérés átlagából számoltam a végleges EOVS koordinátákat és magasságokat cm élességgel. Az RTK mérésre azért volt szükség, hogy mikrohálózatunkat be lehessen helyezni a HD72 vonatkozási rendszerbe. Ehhez esetünkben elegendő lett volna egyetlen pont mérése (ahonnan egy tájékozó pontra mértünk irányt), így viszont ellenőrzésre, illetve az RTK koordináták tényleges pontosságának becslésére lesz lehetőségünk.

Maga a hálózat közel 400 irányt tartalmaz, vagyis háromszor ennyi irányérték, zenitszög és ferde távolság feldolgozása a feladat.

pontszámozás	darab	jelölés	térképi jelölés (4.4)
11-26	14	fólia	⊙
31-71 és 121-124	33	festés	+
81-92	12	betonlap	□
98-99	2	szobor	⊙
101-108	8	fémcső	△

4.3. ábra Terepi pontok jellemzői



4.4. ábra Pontok eloszlása a tesztmező területén

5 Számítás

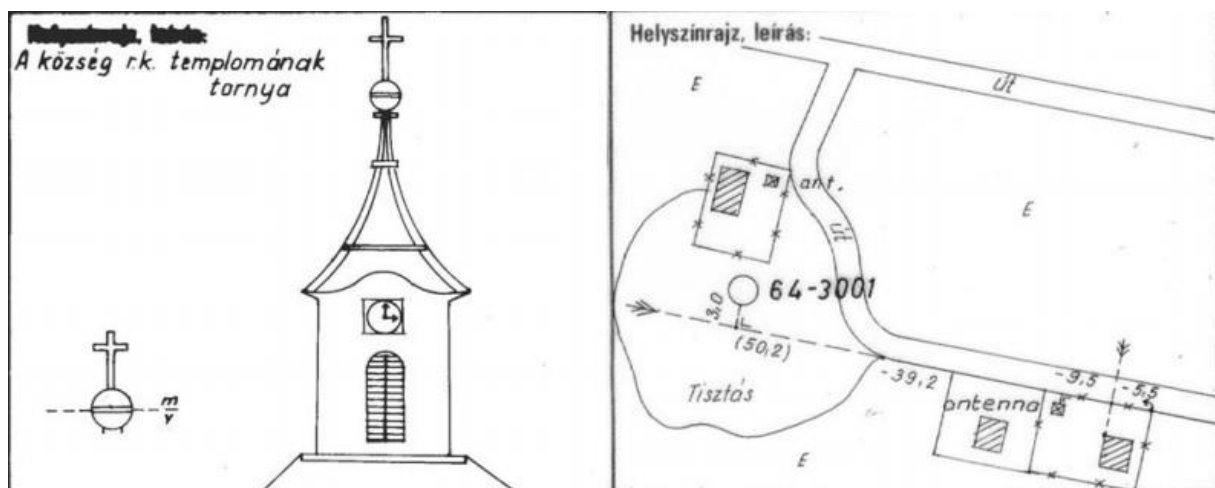
5.1 Jegyzőkönyv előkészítése, tisztázása, tájékozó irányok beazonosítása

Első lépésben a hálózatunkban durva hibát kerestünk; kényszerközpontos, szabatos mérés esetén például a távmérésben az oda-vissza mér távolságokban nem lehet néhány mm-nél nagyobb eltérés. Azt vizsgálatuk, hogy az oda-vissza távolságok egyeznek-e miután vízszintesre redukáltuk őket. Miután lefuttattam az előzetes kiegyenlítést azt tapasztaltam, hogy a 101-106 távolságnál három centiméter az eltérés. Ebben az esetben arra gondoltam, hogy a mérés folyamán direkt reflex üzemmódban mértem a prizmára és ez okozta a hibát, mivel ezt teljes bizonyossággal nem tudjuk bizonyítani ezért a mérésből a hibás értéket kizártam. A következő a szögmérésben elkövetett esetleges durva hiba keresése volt, itt mikrohálózatnál 30 másodperc fölöttit tekintettem annak, hiszen minden ponton kényszerközpontosan állítottuk fel a lábakat. Ez a szűrés is talált egy hibát az egyik iránynál (44 másodperc) aminek feltételezett oka hibás irányzás.

A jegyzőkönyv előkészítéséhez hozzátartozott a műszermagasságok megadása, ellenőrzése. A kampós szalaggal mért távolságok mindegyikéhez hozzá kellett adni a mérőszalag összeadó-állandóját ami esetünkben ennél a Leica típusú kampós mérőszalagnál 36 centiméter volt, ezeket be kellett írni a jegyzőkönyvbe, mind jelmagassághoz, mind a műszermagassághoz (értelemszerűen, mikor irányoztunk rá akkor jelmagasságként, mikor a ponton mértünk, akkor álláspontként). A jegyzőkönyvben be kellett még azonosítani azokat az irányokat, amelyeket kétszer mértünk; itt elsősorban a 101-es ponton történt két irányosorozat mérésére gondolok. A műszer, ha egy adott pontot többször akarunk megmérni, akkor 3 opció van az egyik hogy átlagot von a két mérés között, a másik hogy felülírja az előzőt a harmadik pedig hogy elmenti másik néven mivel mi ezt azért alkalmaztuk hogy ezen a ponton a mérés mindenféleképpen durva hiba mentes legyen ezért az utolsó lehetőséget választottuk és minden pontnak amit kétszer irányoztunk más nevet adtunk és itt a feladatunk ezen pontok beazonosítása volt és átírása az eredeti pontszámra amivel az általunk választott program már dolgozni tud.

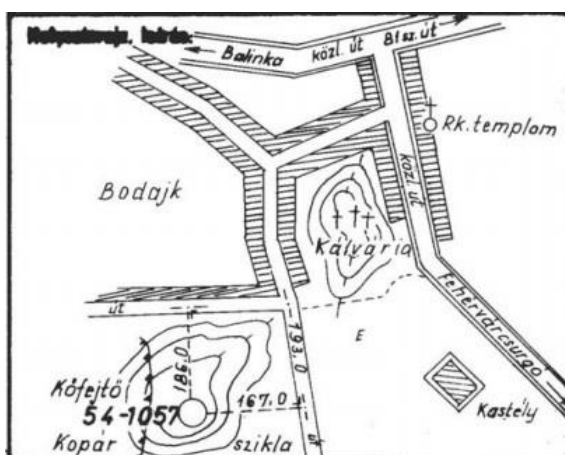
A következő utolsó simítás az illesztőpontokon és a részletpontokon való jelmagasság beírás a jegyzőkönyvbe a fóliás jeleknél ez az érték nulla, hiszen ott közvetlenül tudtunk mérni rá. A festett jeleknél ott ugye a miniprizma bot magasságát kellett beírni ami 40 centiméter, a vasbetonlapoknál viszont már ennél egy centiméterrel kisebb magasságot, mivel ezen lapok közepén egy furat található amibe ennyire süllyed bele a prizmabot vége.

Az utolsó lépés azért volt fontos, hogy a helyi rendszerben lévő pontoknak később legyen EOY-koordinátái is. Mivel a terepi előkészítés és a mérés között alig telt el 12 óra ezért a templomokat előzetesen nem tudtuk beazonosítani csak a feldolgozás folyamán. Összesen öt tájékozó irányt használtam fel a számítás folyamán ezek között volt elsőrendű pont is, a csókahegyi mérőtorony, a többi bodajki illetve móri templomok tornyai voltak melyek negyedrendű főpontok. Ezek koordinátáit a geoshop.hu oldalról szereztük be és azonosítottuk be őket az oldalon található helyszínrajz alapján.



5.1. ábra A bodajki római katolikus templom és a csókahegyi mérőtorony helyszínrajza

Mint később a feldolgozás során kiderült a kőfejtő területén is található volt egy negyedrendű főpont, amire mi csak később döbbszünk mikor már a mérés megtörtént. Annyira elhanyagolt volt a pont azt hittük, hogy egy kút, vagy valamiféle tűzrakó hely lehet; mint kiderült egy kútgyűrű védőberendezéssel ellátott pont volt az. Méréseink folyamán mértünk a körgyűrűjére de magára a pontra nem, hiszen televolt szeméttel.



Meghatározás:	-32768
Állandósítás:	kő
Állandósítás éve:	1955
Pontvédő:	kútgyűrű
Rendűségi:	IV. rendű főp.
Helyszínelés:	2008, 2006
	Magasság
egyéb:	214.69
felső kő:	214.02
kő, vasszékreny fedőlapja:	213.14
Változás átvezetés:	02/11/10 10:46:00
Megjegyzés:	/a Op k./b Op k.106., 1, 188, 65



5.2. ábra Főpont pontleírása és terepi képe

5.2 A számítás folyamata

A számításomat az egyetemi éveim alatt megismer szoftverrel, a Geocalcal végeztem el, ami geodéziai programcsomag, manuálisan vagy adatrögzítővel tárolt adatok feldolgozására hivatott. Leggyakrabban használt négy modulja:

- Adatrögzítő
- Geodéziai számítások
- Hálózat kiegyenlítés
- Térbeli transzformáció

Ezek közül a feladatomhoz a hálózatkiegyenlítést kellett felhasználnom, ami vízszintes és trigonometriai magassági hálózat kiegyenlítésére továbbá a hálózatméréssel egyidejűleg mért poláris részletpontok automatikus számítására hivatott.

Hálózatomat kiegyenlítettem mind szabad-, mind beillesztett hálózatként is. Maga a cél az volt, hogy mind vízszintes mind magassági értelemben 5 milliméter alatti pontosságot (koordináta középhibát) érjek el, minden mérést felhasználva. A számítás elvégezhető úgy, hogy csak az álláspontokat (esetleg a vasbetonlapos pontokat) tekintem alappontnak a többi pontot pedig részletpontnak (poláris pontnak), de úgy is, hogy minden mért pontot alappontnak veszek. Ezeket a lehetőségeket ki is próbáltam.

5.2.1 Szabad hálózat kiegyenlítése

Legelső lépésben ki kellett tölteni az általános adatokat (felhasználó neve, munkaszám, vetületi rendszer, terület neve, fekvése). Ezekből számunkra csak a vetületi rendszer volt lényeges, ugyanis ebben az esetben itt nem volt vetület, mert önálló, helyi rendszerben dolgoztunk. Ezután be kellett hívni az előzőleg kijavított GMJ állományt, ami a Geocalc saját adatformátuma, majd a beállításoknál át kellett állítani az alapértelmezett vetületi javítást, hogy a távolságokat csak vízszintes értelemben redukálja.

Mivel azt szeretttük volna, hogy a helyi rendszerben lévő helymeghatározó adatok pozitívak legyenek, hasonlóan az EOVS hálózathoz, az egyik koordinátát kisebb számtól kezdtem a másikat nagyobbtól, így ránézésre meg lehet különböztetni, hogy az adott pont az adott hely x vagy y koordinátájára vonatkozó adat-e. A magasságot pedig úgy határoztam meg, hogy ne legyenek negatív magasságú pontjaim, ezért megadtuk a szabadhálózat központi elemének az adatait (101 pont: $y=500$ $x=200$ $M=50$) ez egy jegyzetömbbe szóközzel elválasztva megadtuk és behívtuk a programba ezután átkellett konvertálni magába a hálózat kiegyenlítő modulba.

Az alapbeállítások (a kiegyenlítés kiinduló adatai) a következők:

- Kiegyenlítés előtti középhiba iránymérésre: 6 szögmásodperc
- Kiegyenlítés előtt középhiba távmérésre: 2 mm + 1 mm/kilométer, ami maga a műszer pontossága
- Számítás élességénél a koordináta-kijelzés milliméter élességű, az irányoknál szögmásodperc élességű, távolságoknál milliméteres
- Meg kellett adni még az átlagos távolságot, ami 70 méter
- Iránymérés súlya az irány hosszával legyen arányban
- A távmérés súlya pedig független legyen a távolságtól
- A méréseket együttesen vegye figyelembe
- Legkisebb négyzetek módszerével dolgozzon
- A hibahatárt is be lehetett állítani, esetemben erre nem volt szükség hiszen szabad hálózatként számoltam.

Ezeket az értékeket ezután el kellett menteni, hogy minden számításnál ezeket a paramétereket vegye figyelembe. Az első kiegyenlitésem során csak az alappontok közötti kapcsolatot vizsgáltam durva hibát keresve és a többi pontot részletpontnak tekintettem. Ezután a programmal ki kellett számoltatni az előzetes koordinátákat (ehhez poláris pont számítást és különböző metszéseket számol a program automatikusan). Az első számításnál két pontot adottnak tekintettem, hogy az előzetes koordinátaszámítást el lehessen végezni. Ez esetben a 101-es és 104-es pont volt ismert koordinátájú. Amint megszülettek az előzetes koordináták, e két pontot is új ponttá nyilvánítottam.

Ezután lehetett tovább haladni a vízszintes kiegyenlítésre. Miután rámentünk a kiegyenlítésre, kiírta az irányjavításokat és távolságjavításokat. Itt fontos kiemelni, hogy mivel szabadhálózatról beszélünk be kellett állítani a hálózati dátumot, ami megegyezik a 101-es pontnak adott előzetes helymeghatározó adataival ($y=500$ $x=200$ $M=50$); a dátum másik része egy innen mért irány irányszögének megkötése. Mivel alkalmazkodni kívántunk az EOV hálózati északi irányhoz, ezért kiszámolva a GNSS koordinátákból a 101-esről a 107-re menő irányszöget, ezért annak 10 fokra kerekített értékét, 240 fokot adtunk meg irányszögnek. Ezek elfogadása után a jegyzőkönyvet kimentettem és tovább haladtam a magassági kiegyenlítésre, ahol a számítás élességét milliméterben írtam ki és az átlagos távolságot 70 méternek vettem a távolsághoz tartozó középhibát pedig 0.5 centimétert vettem fel.

A kiegyenlítés után azt tapasztaltam, hogy a 8 pontos hálózatoknak a távolságjavításai átlagban 5 milliméterre adódtak, ami köszönhető a szabatos műszermagasságnak a nulla összeadóállandóval rendelkező prizmának és a pontos irányásnak. Ezt a jegyzőkönyvet is kimentem és tovább mentem a következő munkaszakaszra, a részletpont-számításra. Ezt a modult azért kellett lefuttatni, hogy mielőtt bevonnánk a többi pontot is a hálózatba meggyőződjünk róla, hogy nincs-e benne durvahiba. Ezt úgy tehettem meg, hogy a számítás végén azokra a poláris pontokra, amiket több álláspontból mértem, a jegyzőkönyv végén pontszám szerint rendezve láttam az egyes álláspontokról külön-külön számított koordinátákat. Ellenőriztem, hogy ezen koordináták cm-en belül egyeznek-e, nincs-e közöttük durva eltérés (ami pontszám elazonosítást jelentene). Esetünkben ilyen nem találtam.

41	131.105	478.909	32.954
104	131.103	478.910	32.956
105	131.107	478.909	32.955
106	131.104	478.906	32.951

5.3. ábra A 41-es részletponton durva hiba keresése

A munka koordináta-jegyzék mentése után a szabad hálózati kiegyenlítés véget ért.

Most azzal folytattam a számítást, hogy a következő formációknál (számítási változatoknál) az eddig részletpontként kezelt pontokat (illetve egy részüket) is bevontam az alappontok közé.

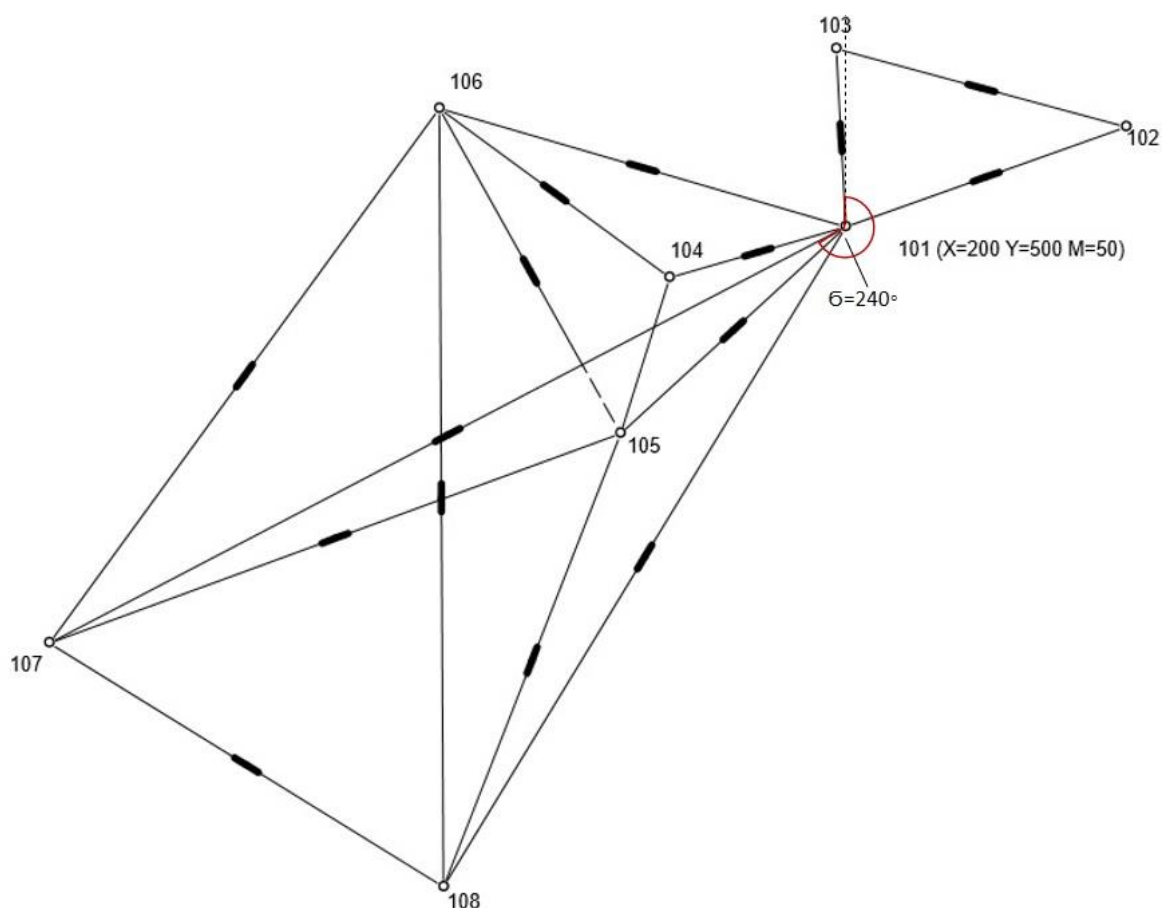
Először csak a vasbetonlapos pontokat (illesztőpontokat, 81-92 pontszámmal) és a szobrokat (98, 99 számú pontok) vontam be, mivel nem voltam biztos abban, hogy a szobrokat megfelelőképpen tudtam minden pontról megirányozni és ez elrontja a végleges kiegyenlítést. Várakozáson felüli eredmény született: nem, hogy rontották a hálózatot, hanem tovább erősítették és növelték a pontjaim megbízhatóságát vízszintes és magassági értelemben (magassági értelemben külön be kellett venni a szobrokat a számításba, hogy azok magasságát is számítsa, mert különben csak azt vonja be, amikre távmérés is volt).

A következő számítási változatnál belevontam azokat a részletpontokat is, amiket több helyről határoztam meg. Ezeket a pontokat az munka koordináta-jegyzékből tudjuk kikeresni ott különválasztja a csak polárisan meghatározott pontokat és azokat is amelyek több helyről itt még közepeléssel határozott meg. Ezeket belevonva a hálózatunkba már a végleges hálózat kiegyenlítést is elkezdhetjük volna, ha maga a programnak ez a 67 pontból álló hálózat nem okozott volna problémát, ezért csak 57 pontot tettem bele a hálózatot a maradék 10 pontot részletpontként számítottam ki a programmal.

Szabad hálózat koordináta-jegyzék

	X	Y	M	jelölés
12	176.035	515.753	43.259	fólia
13	180.571	513.252	44.384	fólia
14	185.441	511.428	45.080	fólia
15	188.004	510.490	46.349	fólia
16	189.036	502.678	42.428	fólia
17	190.870	500.916	43.625	fólia
18	192.145	497.293	44.140	fólia
19	192.012	495.913	44.436	fólia
20	193.922	496.945	46.135	fólia

5.4. ábra Szabad hálózat koordináta-jegyzék kivágat



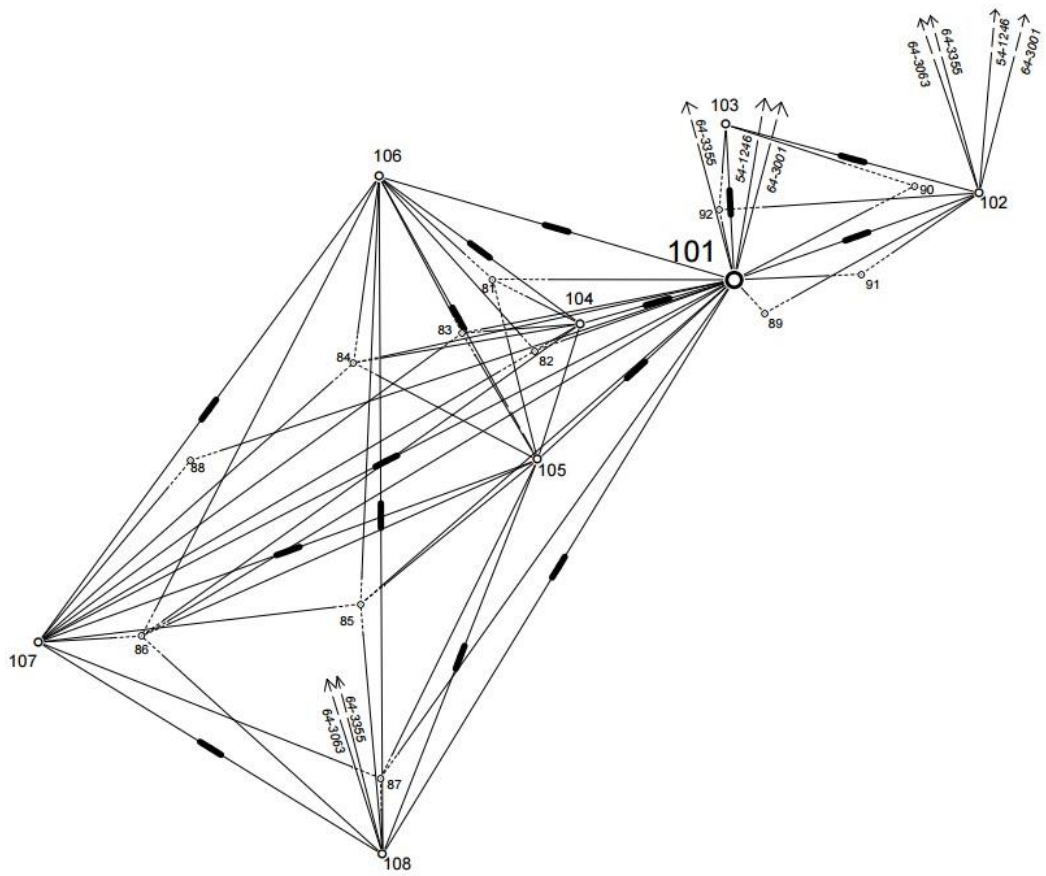
5.5. ábra Meghatározási vázlat szabad hálózatnál (csak az álláspontok feltüntetésével)

5.2.2 Kötött hálózat számítása

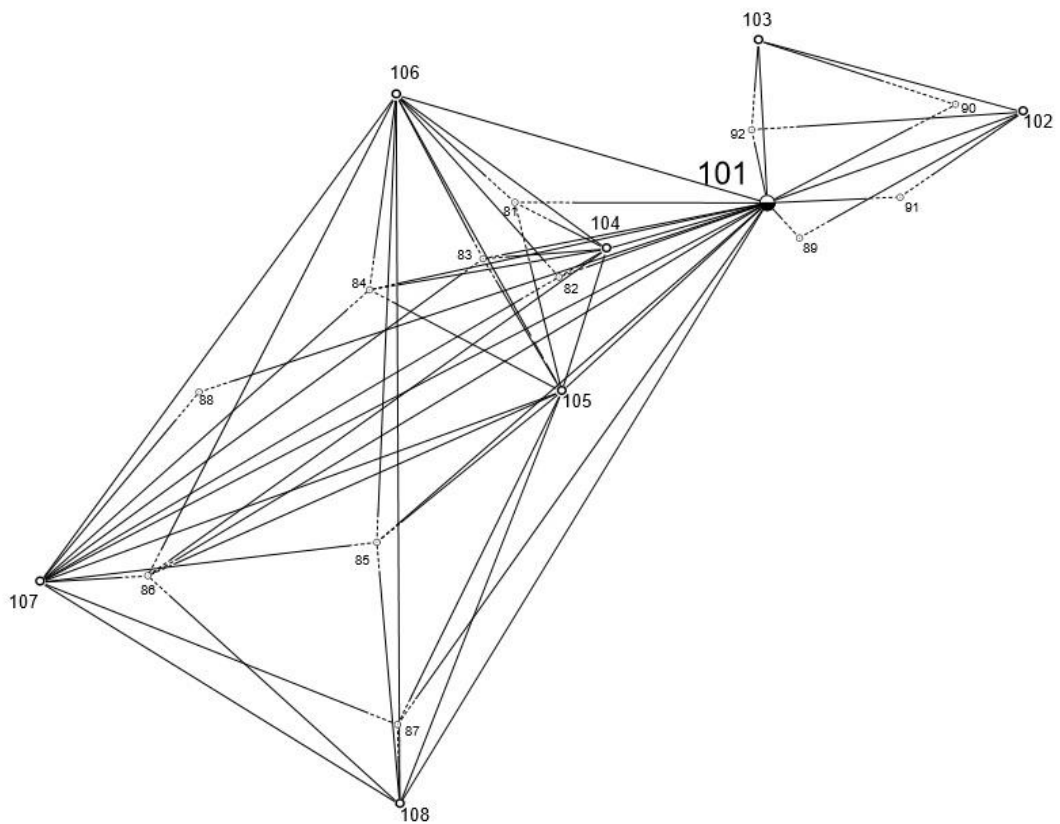
Itt a kezdeti lépések azonosak voltak, mint a szabad hálózat esetén, annyi eltéréssel, hogy a koordináta-jegyzéknek, amit be kell hívni a programba, tartalmaznia kellett a tájékozó irányok koordinátáit is (54-1057, 64-3063, 64-3355, 64-3001). Ezen felül beírtuk még a GNSS technológiával megmért 101-es pontnak az EOVS koordinátáit (jelen esetben ezt hibátlannak tekintjük). Azért csak egyetlen RTK-pont adatait adtuk meg, mert az RTK-méréseket 2 centiméteres hiba is terhelheti, és ha a többi álláspontnak is a koordinátáit bevisszük, a hálózat olyan nagy javításokat fog generálni, amelyek okozója nem maga a táv- és iránymérés, hanem a kerethiba. A szabad hálózatnál nem kellett figyelembe venni a vetületi javítást, itt viszont a kezdeti beállításoknál a vetületi és alapfelületi redukciónak is be kell állítani, vagyis meg kell adni a munkaterületre jellemző átlagos EOVS x koordinátát és Balti magasságot (200 méter Bodajkon). Az EOVS hosszredukciónk esetünkben 6 centiméter/kilométer hossz rövidülést jelent. Ennek a (kötött) hálózatnak nincsen hálózati dátuma, vagyis a tájékozó irányok segítségével beilleszti a hálózatunkat EOVS rendszerbe. A számításhoz itt (a szabad hálózat tapasztalatai alapján) 57 pontos kiegyenlítés alkalmaztam (ennyi alappontot adtam meg), amikbe belevontam a tájékozó irányokat is amik a hosszú irányok miatt erősítették a hálózatot.

EOVS/Balti koordináta-jegyzék				
	y	x	H(balti)	jelölés
12	588610,775	219578,005	207,528	fólia
13	588615,199	219575,313	208,654	fólia
14	588619,986	219573,282	209,350	fólia
15	588622,505	219572,235	210,619	fólia
16	588623,201	219564,386	206,698	fólia
17	588624,958	219562,548	207,895	fólia
18	588626,076	219558,873	208,410	fólia
19	588625,884	219557,500	208,706	fólia
20	588627,836	219558,450	210,405	fólia

5.6. ábra Kötött hálózat koordináta-jegyzék kivágata



5.6.ábra Meghatározási vázlat kötött hálózathál (csak az álláspontok és a betonlapos pontok feltüntetésével)



5.7.ábra Magassági meghatározási vázlat kötött hálózathál (csak az álláspontok és a betonlapos pontok feltüntetésével)

6 Eredmények

6.1 A hálózatkiegyenlítés elemzése, tapasztalatai

A hálózat kiegyenlítése után mind magassági mind vízszintes értelemben elmondható, hogy igen szép eredmények születtek, magassági értelemben a relatív középhiba 0.4 milliméter lett, ami bebizonyította, hogy a magassági kiegyenlítés kis területen, szabatosan alkalmas felmérési magassági alappont sűrítésre is a vízszintes mellett, ha az alábbi szabályok betartásra kerülnek:

- Kényszerközpontos felállások
- Műszer és a prizma azonos gyártótól lehetőleg 0.0 milliméter prizma állandóval
- Műszermagasság szabatos ismerete (Kampós mérőszalag)
- Precíz irányzás és mérés (Ha adott a lehetőség két távcsőállás)
- A hálózat egyetlen pontjának megadása, így nem terhelik kerethibák (Szabad hálózat)
- Nagyon rövid távolságok kerülése (pontatlan irányzás)
- Ha valamilyen vonatkoztatási rendszerben dolgozunk akkor vetületijavítások pontos ismerete és alkalmazása
- Részletpontok mérésekor prizmatot precíz függőlegessé tétele esetleg kitámasztása
- Nagy távolságok esetén meteorológiai javítások figyelembe vétele

Az irány- és távméréses hálózat vízszintes értelmű pontosságához nem férhet kétség, csak gondoljunk az EOVA kialakítására. Magassági értelemben viszont adódik a kérdés, hogy megfelelő pontosságot tudunk -e vele biztosítani. Eredményeim alapján igen, természetesen nem olyan pontos, mint egy szintezés de ez nem is várható el tőle hiszen vízszintes értelemben sem tud ilyen körülmények között 1-2 milliméter alatti eredményeket produkálni egy 70 pontos hálózatban de kijelenthetem, hogy tudja ugyan azt hozni, mint vízszintes értelemben, ha odafigyelünk a fent említett pontok betartására.

Kiegyenlítés előtti középhiba	= 5.0 [mm]
Egységnyi súlyú méréshez tartozó távolság	= <u>70</u> [m]
Javítások súlyozott négyzetösszege	= 16.550
Pótnormálegyenletből	= 16.550
Súlyegység középhibája	= <u>0.383</u>

6.1. ábra Kivágat a magassági kiegyenlítésből

6.2 Koordináta transzformációk

A számítások befejeztével két rendszerben kaptuk meg a pontjaink helymeghatározó adatait; az egyik egy helyi rendszer volt a másik pedig a HD72(EOV koordinátákat és Balti magasságokat jelent). Mivel vannak olyan UAV rendszerek, amelyek RTK üzemmódban dolgoznak, ezért számukra WGS84 rendszerben is célszerű megadni az illesztőpontok koordinátáit. Az RTK üzemmód azt jelenti, hogy vagy hagyományos RTL rendszer használ az UAV, amikor saját bázist kell telepíteni vagy hálózatos RTK-t. Előbbi esetben amikor saját bázist kell telepíteni ez egy kvázi WGS84 rendszerbe kell, hogy történjen, ami lehet az ETRS rendszer is. Hálózatos RTK rendszer esetén csak ETRS84-ben lehet dolgozni.

Az EOV-ETRS89 transzformációhoz GNSSnet.hu weboldalon elérhető transzformációs programot az EHT-t használtuk. A program kétféle oda -vissza transzformációra képes (az egyik, hogy EOV-ból ETRS89-be transzformáljunk a másik pedig, hogy ETRS89-ből EOV rendszerbe transzformáljunk). Első lépésben nekünk az EOV-ból történő átszámító modulra volt szükség. Ide feltöltöttünk egy txt kiterjesztésű fájlt, ami tagolva tartalmazza az x, y, H (balti) helymeghatározó adatokat. Transzformálás után kiolvashatóak voltak az adatok négy féle képpen. Az első esetben X, Y, Z koordinátás jegyzőkönyvet kaptunk, a maradék 3 esetben pedig fi, lambda, h helymeghatározó adatokat (tisztán fokban, fok-perc, illetve fok-perc-másodperc formátumban).

A következő lépés ezen koordináták átszámítása a földi vonatkoztatási rendszerben, amelynek legújabb megvalósítása az ITRF2014. Erre azért volt szükség, mivel az európai kontinens évente, mint egy 2,5 centimétert vándorol észak-keleti irányba. Mikor létrehozták az ETRS89-et, vagyis 1989-ben, akkor ez a két rendszer teljes mértékben megegyezett, de napjainkban ez közel 80 centiméteres eltérést eredményezne vízszintes értelemben. (6.2. ábrán).

Kezdeti EOV koordináták				Vissza transzformált EOV koordináták				Kimutatások				
pontszám	y	x	H(balti)	pontszám	y	x	H(balti)	Δy	Δx	$\Delta H(\text{balti})$	I	irányszög
12	588610,775	219578,005	207,528	12	588611,359	219578,490	207,528	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
13	588615,199	219575,313	208,654	13	588615,783	219575,798	208,654	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
14	588619,986	219573,282	209,350	14	588620,570	219573,767	209,350	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
15	588622,505	219572,235	210,619	15	588623,089	219572,720	210,619	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
16	588623,201	219564,386	206,698	16	588623,785	219564,871	206,698	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
17	588624,958	219562,548	207,895	17	588625,542	219563,032	207,895	-0,584	-0,484	0,000	0,758	50,375
18	588626,076	219558,873	208,410	18	588626,660	219559,358	208,410	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317
19	588625,884	219557,500	208,706	19	588626,468	219557,985	208,707	-0,584	-0,485	-0,001	0,759	50,317
20	588627,836	219558,450	210,405	20	588628,420	219558,935	210,405	-0,584	-0,485	0,000	0,759	50,317

6.2. ábra Lineáris eltérés kimutatása az eredeti EOV koordináták és az ITRF-ből visszatranszformált EOV koordinátái között, ami megfelel az ETRS89 és az ITRF2014 lineáris eltérésének

ETRS89(ETRF2000) koordináta-jegyzék				
	X	Y	Z	jelölés
12	4114430,777	1355574,023	4665941,144	fólia
13	4114431,956	1355579,099	4665940,178	fólia
14	4114432,283	1355584,269	4665939,346	fólia
15	4114433,021	1355587,176	4665939,587	fólia
16	4114435,728	1355588,887	4665931,388	fólia
17	4114437,214	1355591,247	4665931,034	fólia
18	4114439,741	1355593,297	4665928,929	fólia
19	4114440,948	1355593,507	4665928,215	fólia
20	4114440,756	1355595,489	4665930,122	fólia

6.2. ábra ETRS89 koordináta-jegyzék kivágata

Az ITRF2014-es koordinátákhoz úgy jutunk hozzá, hogy egy angol nyelvű honlapot a www.epncb.oma.be hívjuk segítségül ide a már áttanszformált ETRS89 koordinátákat visszük fel a megszokott X, Y, Z formátumban és ezeket számítja át több lépcsőn keresztül a megfelelő paraméterekkel a cél rendszerbe így végeredmény képpen ITRF2014 koordinátákat kaptam, amelyek gyakorlatilag azonosak a WGS84 koordinátákkal (ezeket használja a Google Earth is). Végeredményül így négyféle vonatkoztatási rendszerben adtam meg a tesztpontok koordinátáit.

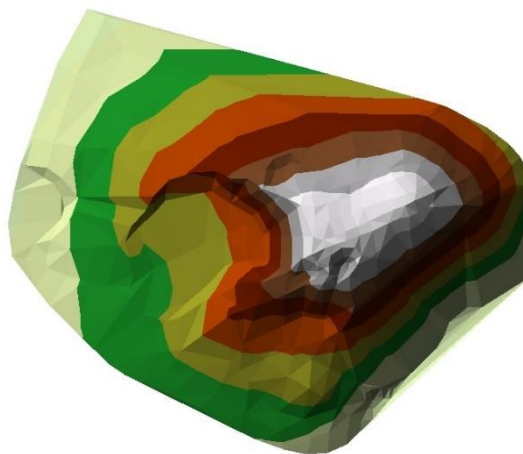
WGS84 (ITRF2014) koordináta-jegyzék				
	X	Y	Z	jelölés
12	4114430,253	1355574,460	4665941,477	fólia
13	4114431,432	1355579,536	4665940,511	fólia
14	4114431,759	1355584,706	4665939,679	fólia
15	4114432,497	1355587,613	4665939,920	fólia
16	4114435,204	1355589,324	4665931,721	fólia
17	4114436,690	1355591,684	4665931,367	fólia
18	4114439,217	1355593,734	4665929,262	fólia
19	4114440,424	1355593,944	4665928,548	fólia
20	4114440,232	1355595,926	4665930,455	fólia

6.3. ábra WGS84 koordináta-jegyzék kivágata

6.3 Bodajki kőfejtő DDM

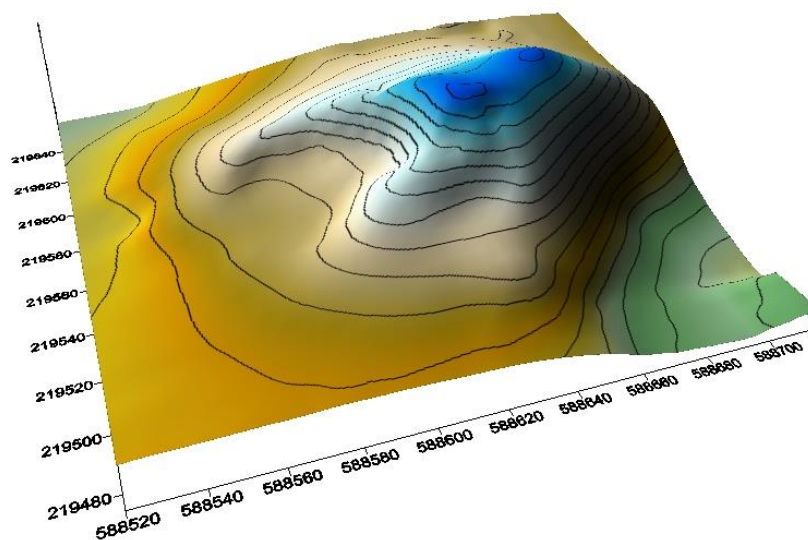
A hálózati kiértékelés mellett úgy gondoltam, hogy hasznos melléktermék lehet egy digitális domborzatmodell is a területről, ha később ortofotót akarnának a UAV-s repülések után készíteni. Így GNSS technológiával (hálózati RTK-val) terepfelmérést végeztünk, több mint 320 pontot mértünk meg a kőfejtő sziklafal peremén és alján valamint annak 50 méteres környezetében. A pontokból két szoftverrel, két típusú modellt készítettem.

Az elsőt az ArcGIS nevű programmal készítettem. Ez egy TIN (Triangulated Irregular Network) amit Tom Poiker dolgozott ki, ahol Thiessen poligonok érintkeznek egymással. A program itt próbálja úgy kialakítani a háromszögeket, hogy a legközelebb álljanak az egyforma oldalhosszúságú szabályos háromszögekhez.



6.4. ábra TIN modell

A másik módszer a Surfer nevű programban GRID modellként hoztam létre, ahol szabályos rácshálót alkotnak a magasságok.



6.5. ábra GRID modell

7 Összegzés, köszönetnyilvánítás

7.1 Összegzés

Az előző fejezetekben mért és számított hálózatot sikerült szabatosan meghatározni, azaz 5 milliméter alatti ponthibával. Ezt igazolják a szabadhálózati kiegyenlítés koordináta középhibái és hiba ellipszis adatai az y irányú koordináta középhibák átlagosan 1.5 milliméter meg az x irányú 1.3 milliméter.

Pontszám	középhiba		P
	my[mm]	mx[mm]	
101	1	1	1,4
102	1	2	2,2
103	1	1	1,4
⋮			
98	1	1	1,4
99	1	1	1,4
Átlag	1,5	1,3	2,1

7.1 ábra Átlagos középhiba számítása

A terep adottságait teljes mértékben kihasználtuk, gondolok itt arra, hogy a kőbányai vízszintes és függőleges szikla felületeit mind természet adta állandósítási helyeket festéssel vagy fóliák ragasztásával megjelöltük, így költséghatékonyan tudtuk kialakítani ezt a hálózatot. Ugyan akkor ezek a pontjelek egyértelműen és jól azonosíthatók. A tesztmező jövőbeli lehetőséget ad arra, hogy a későbbiekben a pont jelölések nagyságával, formájával, színével tovább foglalkozzunk (milyen festés a legalkalmasabb, melyik szín kompozíció a legjobb a terepi azonosításra, a jel központja milyen módon legyen megjelölve, milyen felhívó jelzést alkalmazunk a könnyebb azonosítás érdekében).

Végeredményül bebizonyosodott, hogy szabatos hálózat létrehozására csak az irány- és távmérési módszer alkalmas a pontossági követelmények miatt. Az RTK-GNSS módszer még kitámasztott antennarúddal sem biztosít 2 centiméter alatti pontosságot. Mivel a drónokkal kapcsolatos fejlesztéseknek a jövőbeni célja a 2 centiméter alatti pontosság elérése, ezért, hogy hibátlannak lehessen tekinteni a tesztmező pontjait, a dolgozatomban bemutatott technológiára volt szükség. Ezért mondhatom azt, hogy ez a próbaként létesített tesztmező alkalmas további más felhasználásra is, vagy a további bővített tesztmező „magjaként” területbővítésre.

7.2 Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretném megköszönni a konzulens tanáromnak Dr. Busics Györgynek a támogatást és a sok segítséget, amit ez alatt a rövid idő alatt kaptam tőle és Dr. Tóth Zoltán tanáruknak a felszerelést és segítséget. Nem utolsó sorban pedig a legkedvesebb figuránsaimnak is név szerint: Sebők Olivér, Sasvári István, Tóth Sándor hallgatóknak.

8 Források

- Csepregi Sz. – Busics Gy. (1991): Vízszintes hálózat kiegyenlítése személyi számítógéppel. *Geodézia és Kartográfia*, 1991/2. 55-62.
- Busics Gy. – Csepregi Sz. (1992): Hálózati szemlélet a vízszintes alappontsűrítésben. *Geodézia és Kartográfia*, 1992/3. 157-166.
- Busics Gy. – Csepregi Sz. (1992): Alsógeodéziai pontmeghatározások megoldása hálózatkiegyenlítéssel. *Geodézia és Kartográfia*, 1992/6. 402-407.
- Csepregi Sz. – Busics Gy. (1998): A felmérési hálózatokról. *Geodézia és Kartográfia*, 1998/5. 13-19.
- Busics Gy. (2010): *Geodéziai hálózatok. Jegyzet. NymE GEO, Székesfehérvár, 2010.*
- Busics Gy. (2016): Tesztmező kialakításának lehetséges geodéziai technológiái. *Remote Sensing Technologies and GIS Online (ISSN: 2062-8617) (eISSN: 2062-8617) 6: (4) pp. 455-458. (2016)*
- Balázsik V; Busics GY; Engler P; Farkas R; Földváry L; Jancsó T; Kiss A; Tóth Z; Verőné Wojtaszek M: Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-k pontossági vizsgálatának első eredményei. *Remote Sensing Technologies and GIS Online (ISSN: 2062-8617) (eISSN: 2062-8617) 6: (3) pp. 448-454. (2016)*
- Engler P. (2017): Pilóta nélküli rendszerek. *Fotogrammetria I. előadás, Székesfehérvár, 2017. április 9.*
- Ágfalvi M. (2010): *Mérnökgeodézia. Jegyzet. NymE GEO, Székesfehérvár, 2010.*
- Engler P. (2010): *Fotogrammetria I. Jegyzet. NymE GEO, Székesfehérvár, 2010.*