

Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Kar

**A mogyoródi kilátótorony geodéziai meghatározása
GPS segítségével**



SZAKDOLGOZAT

Konzulens tanár:
Dr. Busics György

Készítette:
Molnár Péter
Lev. tagozat

**Székesfehérvár
2003**

Tartalomjegyzék

1. Az alappontok és magaspontok szerepe a geodéziai munkáknál.....	3
1.1 A témaválasztás előzményei	3
1.2 A magyar vízszintes alapponthálózat kialakulása, mérési és számítási módszerek.....	6
1.3 A magaspontok jelentősége az alapponthálózatokban.....	14
1.4 A pontpusztulás, pontpótlás problémái	16
2. Előkészítő munkálatok	18
2.1 Irodai előkészítés	18
2.2 Helyszíni előkészítés	19
2.3 Az órhálózati pontok kitűzése, megjelölése	21
3. A hagyományos és GPS mérések végrehajtása.....	23
3.1 Az alkalmazott műszerek bemutatása	23
3.2 Irány- és távmérések végrehajtása az órhálózati pontokon.....	24
3.3 Statikus GPS mérések végrehajtása az ideiglenes alappontokon	27
4. A magaspont koordinátáinak és magasságának számítása	29
4.1 GPS vektorszámítás és transzformáció	29
4.2 A torony koordinátáinak számítása	31
4.2.1 Vízszintes értelmű kiegyenlítés	31
4.2.2 Magassági meghatározás	35
5. Végleges munkarészek elkészítése	37
6. Összefoglalás	39
7. Irodalomjegyzék	41
8. Mellékletek	42

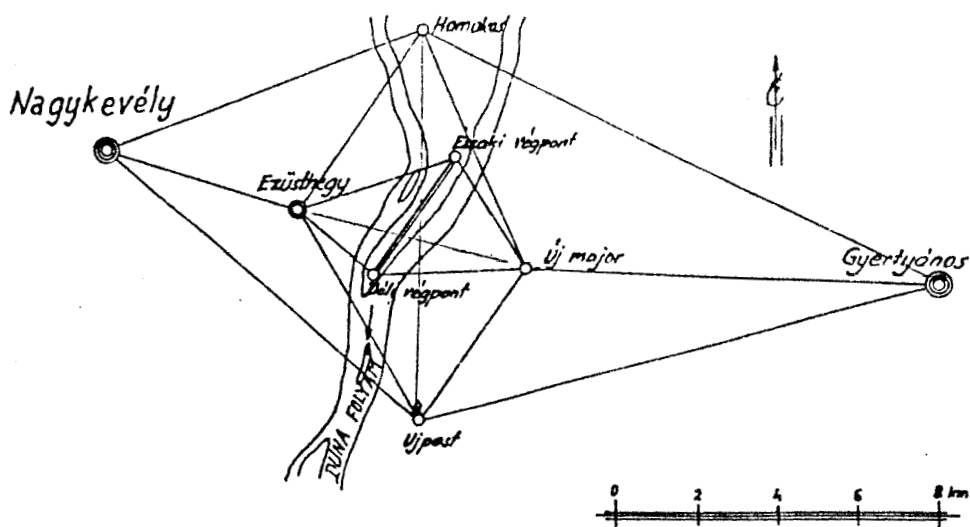
1. Az alappontok és magaspontok szerepe a geodéziai munkáknál

1.1 A témaválasztás előzményei

Szakedolgozatom témáját személyes élményeim és tapasztalataim alapján választottam. A földmérésben mindig az alappontsűrítést tartottam – tartom ma is – a legizgalmasabb feladatnak. Bármerre is járok az országban, a szemem mindig a földmérési alappontokat keresi. Ha meglátok egy távoli templomtornyot, azonnal arra gondolok, hogy milyen jó tájékozó irány lenne belőle. A földhivatali kollégáim szerint ez szakmai ártalom. Körzeti földhivatalban dolgozva legtöbbit telekalakítási munkákkal és panaszbeadványok vizsgálatával foglalkozom. Ezen feladatok terepi munkáiban is mindig az alappontsűrítés érdekes számomra. A többi: felmérés, kitűzés az esetek kilencven százalékában rutinmunkának számít. Persze tudom, hogy ezzel a kijelentésemmel sokan vitatkoznának. A földhivatali adatgyűjtés, adatszolgáltatás alkalmával sok pontleírás kerül a kezembe. Ilyenkor kicsit irigylem azokat az embereket, akiknek a neve szerepel a leírásokon, mint a pont meghatározója. Mindig is szerettem volna, hogy az én nevem is szerepeljen ott, vagyis ismertté váljak, mint alappont-meghatározó földmérő.

Szakedolgozatom keretében – az előzőeknek megfelelően – Mogyoród községben, a Gyertyános nevű magaslaton lévő Szent László kápolnát (mely egyben kilátó is) határoztam meg úgy vízszintes, mint magassági értelemben. A Gyertyános domb a Hungaroring versenypálya északi részén helyezkedik el. A rajta álló kápolna 2000-ben épült Makovecz Imre tervei alapján. Magaslati elhelyezkedésének köszönhetően a tornyot számtalan helyről látni, kitűnő célt szolgál, mint geodéziai magaspont. A gödöllői, váci de még a budapesti körzetben dolgozó földmérők is gyakran tudják használni tájékozó irányként. Ezen kívül segítséget nyújthat a különböző földmérési feladatok végzéséhez. Egy „biztos pont” lehet. A Gyertyános kedvező magaslati adottságait már régen felismerték. A kilátótorony közvetlen közelében található az 1933-ban létesített 65-2011 számú felsőrendű vízszintes alappont. Ez a pont részét képezte a budapesti alapvonal-fejlesztő hálózatnak (1. sz. ábra). Ugyanakkor Budapest felsőrendű hálózatának, amely hatszög alakú centrális hálózat - egyik kerületi

pontja volt. (2. sz. ábra). Ezen felsőrendű alppontot felhasználták még Magyarország kitöltő hálózatának mérése folyamán is, mint harmadrendű pontot. Az alppontra először egy ötméteres, majd 1956-ban egy hatméteres állványos magyar gúlát építettek. Ez a gúla 1990-ben villámcsapás következtében sajnos leégett. Az alppont azonban ma is megvan, sértetlenül. Mindezekről tanúskodik a felsőrendű alppont törzskönyve. (1. sz. melléklet).

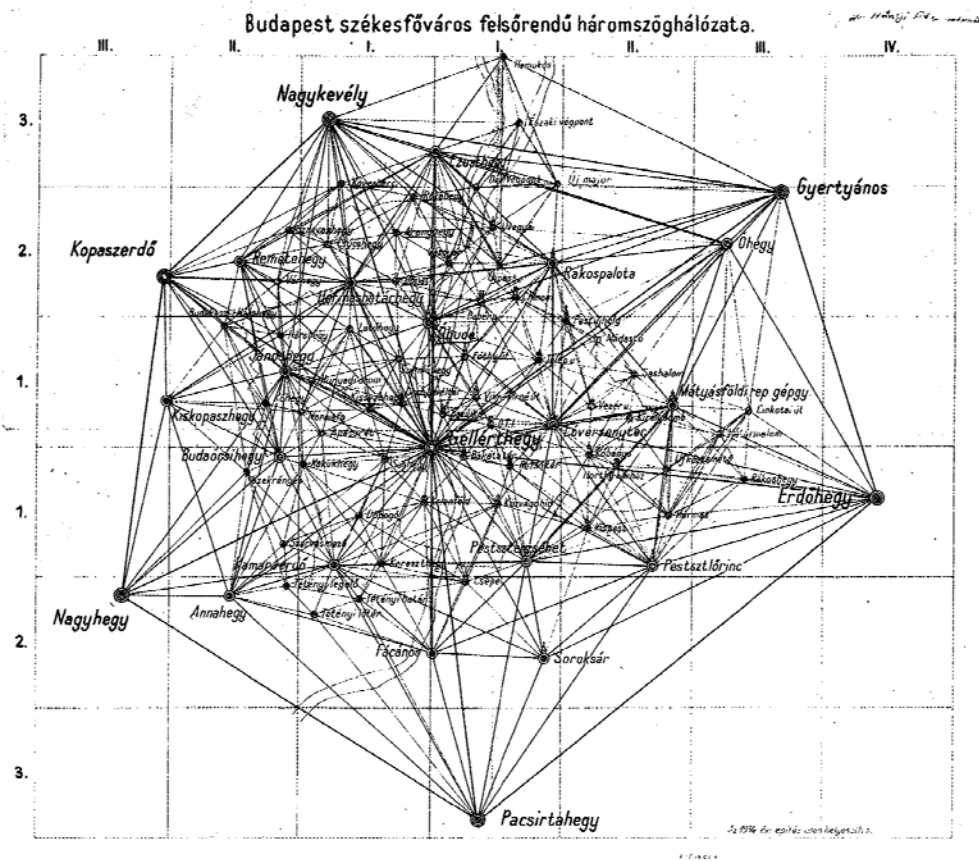


1. ábra

A budapesti alapvonal-fejlesztő hálózat

Megbeszélést folytattam több földhivatali kollégával, illetve földmérő vállalkozóval és egyöntetűen örültek, hogy a kilátó meghatározását választottam szakdolgozatom témájának. Az idősebbek még emlékeztek a felsőrendű ponton álló gúlára, és elmesélték, hogy milyen jól kiszolgálta őket. A község geodéziai koordinátákkal rendelkező templomtornyát – alacsony fekvése miatt – nem mindig lehet magaspontként felhasználni. A földhivatalok jövőbeli feladatát képezi, a 3000 négyzetméternél nagyobb részarány-tulajdonok kimérése, tulajdonközösségek megszüntetése. Ezen kitűzési munkákhoz is nagy segítséget jelent a geodéziailag meghatározott mogyoródi kilátótorony.

Szakdolgozatom kitűnő példa arra, hogy miként lehet alkalmazni a GPS-technikát a magaspontok gazdaságos meghatározására, és talán rámutat majd, a földmérési alppontok jelentőségére, és ösztönöz megóvásukra.



2. számú ábra

Budapest felsőrendű háromszöghálózata

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet Holló Annának a Gödöllői Földhivatal hivatalvezetőjének és Pénzváltóné Forrás Évának a földmérési osztály vezetőjének, hogy támogattak a szakdolgozatom elkészítésében. Segítséget nyújtottak azzal, hogy biztosították számomra a földhivatal mérőállomását, amit az irány és távmérések során használtam. Továbbá köszönetemet fejezem ki Bige Zoltánnak a FÖMI munkatársának, aki a GPS mérések végrehajtásában és feldolgozásában volt a segítségemre. Köszönöm szüleimnek a sok türelmet és odaadást, amit a szakdolgozatom elkészítése során kaptam tőlük. Hálás vagyok édesanyámnak, aki lelki támaszt nyújtott akkor, amikor valami problémába ütköztem. Köszönöm édesapámnak azt a rendkívül sok segítséget, amelyet a terepi munkák alkalmával kaptam tőle. Ha kellett segédmunkás volt, máskor pedig betöltötte a figuráns szerepét. Végül, de nem utolsósorban köszönetemet fejezem ki Dr. Busics György főiskolai tanáromnak, aki a konzulensem volt és szakmai segítséget nyújtott a szakdolgozatom elkészítése folyamán.

1.2 A magyar vízszintes alapponthálózat kialakulása, mérési és számítási módszerek

Magyarország az első világháború előtt a Habsburg birodalom, majd 1867 után az Osztrák-Magyar Monarchia része volt. Ennek köszönhetően ezen időszakban fejlődését a birodalom illetve monarchia érdekei határozták meg. Az érdekek a vízszintes alapponthálózat kialakításánál is érvényre jutottak.

Alappontok meghatározására már az 1700-as években készített megyetérképek készítéséhez is szükség volt. III. Károly császár megbízta Bél Mátyást a birodalmon belüli magyar területek történeti földrajzának megírásával. Ezen munkához tartozó térképeket Mikovínyi Sámuel (1700-1750) magyar-szlovák polihisztor készítette el. Munkája során alappont-meghatározásokat is végzet. Nevéhez fűződik még az első magyar kezdőmeridián meghatározása, amely a pozsonyi vár egyik tornyán ment keresztül. Ezen kívül földrajzi helymeghatározást, alapvonalmerést és mágneses méréseket is végzett.

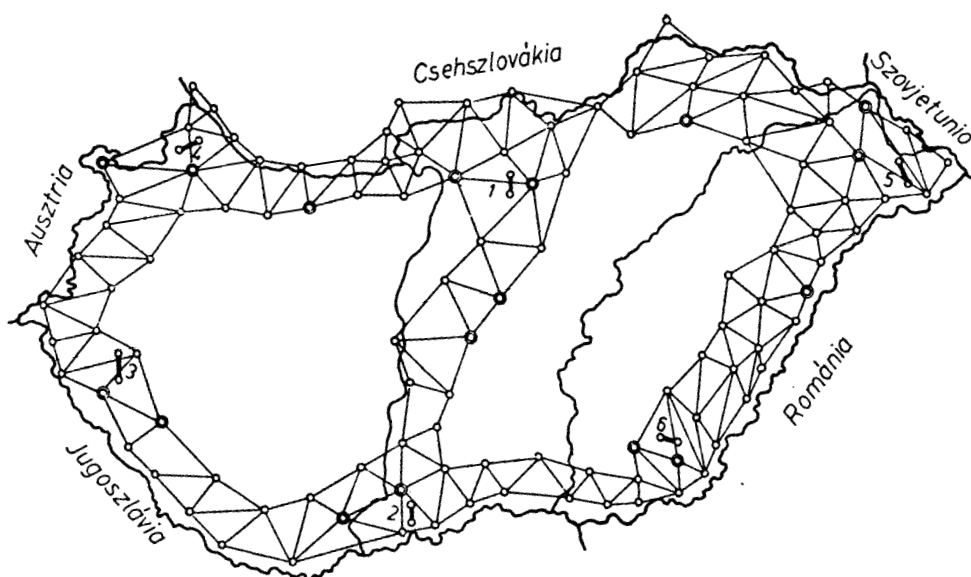
Az első – egész birodalomra kiterjedő – vízszintes alapponthálózatot 1853 és 1863 között készítették el. A hálózatot a kataszteri felmérések céljára tervezték. A méréseket a Bécsi Katonai Földrajzi Intézet (MGI) végezte. Ez a hálózat több részre oszlott. Részleges láncolatokból épült fel, azonban ezek a láncolatok nem csatlakoztak egymáshoz törésmentesen. A hálózatot nem vetítették síkra. A háromszögdalok hosszának a gömbi hosszakat tekintették, így nem lehetett azokat egységesen továbbfejleszteni. Ebben a vetület nélküli hálózatban a pontokat nem állandósították. A hálózatot a területtartás figyelembevételével alcsoportonként egyenlítették ki. A kiegyenlítést azonban – megfelelő ismeretek hiányában – kísérletezések és tapasztalat alapján végezték el. A területtartás következményeként jelentkező deformációk és az ebből adódó nehézségek rámutattak arra, hogy a háromszögelést új alapokra kell helyezni, egy egységes összefüggő alapponthálózatot kell kialakítani.

Az 1863 után kifejlesztett új főhálózat pontjait már síkra vetítették. Létrejött a szögtartó, sztereografikus vetületi rendszerű hálózat. Ez a hálózat már törés illetve deformáció mentes volt. A vetületi hossztorzulás azonban a kezdőponttól 127 kilométeres sugárral húzott körön elérte a megengedett 1/10000 értéket. Ezért a történelmi Magyarország területét három sztereografikus rendszerrel fedték le.

1908 után a hálózat egyes részeit az újonnan bevezetett ferdetengelyű hengervetületi rendszerekbe transzformálták. Az érintő, szögtartó három hengervetületi rendszerben (HKR, HÉR, HDR) a torzulások kedvezőbbek voltak. A felsőrendű hálózat első- és másodrendű pontjait továbbra is sztereografikus vetületi rendszerben határozták meg. A harmad- és negyedrendű alappontok meghatározását – amelyek a felmérések közvetlen célját szolgálták – mindig a felmérés vetületi rendszerében végezték.

Az első világháború folyamán az eddig elkészített hálózat pontjainak nagy része elpusztult. A földmérési munkákkal szemben támasztott igények megnövekedtek, valamint új, pontosabb műszerek jelentek meg. Mindezek hatására 1925-ben egy új háromszögelési hálózat tervezéséhez, kifejlesztéséhez kezdtek hozzá. A munkálatokat a Háromszögelő Hivatal végezte. Az új hálózat pontjainak a legtöbb esetben a régi pontokat jelölték ki. A bizonytalanabb felsőrendű pontokat újramérték és újabb másod-, harmadrendű hálózatokat hoztak létre. A felsőrendű pontok megjelölésére ekkor alkalmazták először a Papp Gyula-féle állványos gúlát. Az elsőrendű hálózatban a szögeket Schreiber-féle módszerrel Starke-Kammerer ismétlődő rendszerű teodolittal mérték meg. Az 1930-as évek közepétől kezdték alkalmazni a WILD gyár T2 és T3 jelzésű precíziós műszereit. A háromszögelési mérések előrehaladtával gondolni kellett alapvonalmérésre is. Az invádrótok komparálására egy összehasonlító alapvonal létesítését rendelték el. A feladattal Regőczy Emilt bízták meg. Az összehasonlító alapvonal helyét Gödöllőn a máriabesnyői templom közelében, egy elhagyott vasúti bevágásban választották ki. Az eredeti méréseket 1940-ben végezték német felszereléssel. Az alapvonal hosszát a potsdami alapvonalból vezették le, amelyre 863,979016 méter adódott. A részletes felmérés a felsőrendű hálózatra támaszkodó negyedrendű pontsűrítést is igényelt. Ennek célja elsősorban a kataszteri felmérésekhez kapcsolódott, de készült katonai célból is. A negyedrendű háromszögelést – mindig az adott igénynek megfelelően – rajonokban végezték. E pontok állandósítására a részletes felmérési munka befejezése után került sor. Sajnos a második világháborúban az alappontok nagy része megsérült vagy elpusztult. Az eddig elvégzett felsőrendű mérések írott anyagait a Vörös Hadsereg (Szovjetunió) elvitte. Ezeket a dokumentumokat – melyek felbecsülhetetlen értékűek voltak – később sem lehetett visszaszerezni.

A második világháború után azonnal világossá vált, hogy az új, korszerű hálózat létrehozását nem lehet sokáig halogatni. Így 1949-ben megindultak a felsőrendű munkálatok. Ennek keretében az ország határa mentén körülfutó és a Duna-Tisza közén kialakított elsőrendű láncolatrendszer határozta meg. A 112 pontból álló, átlagosan harminc kilométer oldalhosszúságú láncolatot 1949 és 1952 között WILD T3 típusú teodolittal mérték meg a lehető legnagyobb pontossággal. A láncolatban hat alapvonalat mértek és tizenhét ponton történt földrajzi helymeghatározás. A hat nagy pontosságú bázist invádróttal mérték meg és az úgynevezett alapvonal-fejlesztő hálózattal kapcsolták be a láncolatokba. A láncolat kiegyenlítését Moszkvában végezték, amely 1958-ban fejeződött be. A láncolat északi, nyugati és délnyugati részét klasszikus elvek alapján építették fel: az elsőrendű hálózat átlagosan 30 kilométeres oldalhosszal, a másodrendű hálózat átlagosan 15 kilométeres oldalhosszal, a harmadrendű



hálózat átlagosan 7 kilométeres oldalhosszal (3. sz. ábra).

3. számú ábra

Az új I. rendű láncolat

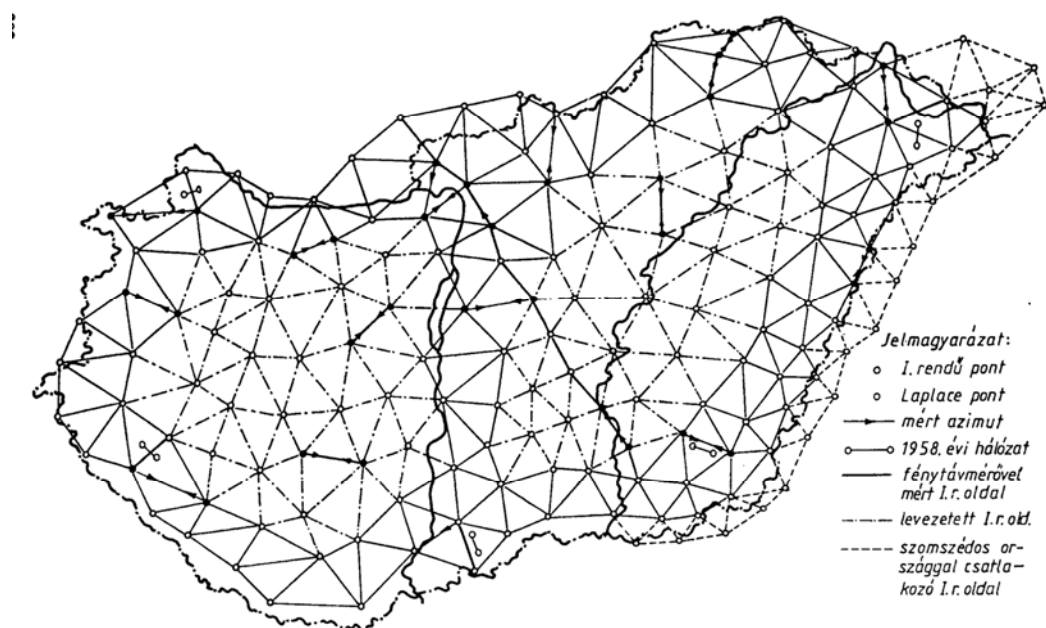
Az új láncolatváz kitöltése az akkoriban nagy nemzetközi érdeklődést is kiváltó – Regőczy Emil által javasolt – magyar módszer szerint történt. Ez azt jelentette, hogy a láncolat által körülzárt területet közvetlenül az átlagosan 7 – 8 kilométer oldalhosszúságú, harmadrendűnek megfelelő hálózattal fedték le,

tehát az első-, másodrendű hálózat mérése elmaradt. Kitöltő hálózatként tehát harmadrendű homogén háromszögelést alkalmaztak. A mért háromszögekből fiktív elsőrendű hálózatot vezettek le. A módszer lényege, hogy a harmadrendű hálózatot részekre osztják és kiegyenlítik. Így a kiválasztott, fiktív elsőrendű pontok koordinátákat kapnak és a koordináták segítségével a fiktív elsőrendű háromszögek belső szögei számíthatók. E belső szögeket, mint mérési eredményeket vették figyelembe a fiktív elsőrendű pontok következő, végleges kiegyenlítésénél. A kiegyenlítési számítások az elgondolás sikerét igazolták. Az eljárás előnye az volt, hogy a mérési és számítási munkák jelentősen csökkentek. A méréseket kisebb gúlamagasságokkal lehetett elvégezni. Ebben az időben kerültek először alkalmazásra az Illés István-féle állványos gúlák. Ezeknek a gúlának a műszerállványa fából az észlelőállványa pedig szögvasból készült. Előnyük, hogy gyorsan összeszerelhetőek és többször felállíthatóak voltak. Az elsőrendű hálózatban a szögeket Schreiber-féle szögméréssel mérték, a harmadrendű háromszögelésben iránymérést alkalmaztak négy fordulóban. Minden harmadrendű háromszög súlypontjában úgynevezett negyedrendű főpontokat létesítettek, melyeket a felsőrendű hálózat pontjaival együtt határoztak meg. Az ily módon kialakított kitöltőhálózat már csatlakozott az elsőrendű lánccal. Így alakult ki Magyarország homogén elsőrendű asztrigeodéziai hálózata.

A felsőrendű hálózat kialakítása után – a megbízhatóság növelése érdekében – megkezdődtek a felsőrendű hálózat korszerűsítését megvalósító munkálatok. Ennek során további elsőrendű oldalak hosszát mérték meg távmérő műszerekkel. Egyes kiválasztott felsőrendű pontokon újabb csillagászati észleléseket végeztek. Újratervezték a kitöltőhálózatot azon okból, hogy az elsőrendű domináns pontok összelássanak. Megmérték a Pulkovó – Potsdam – Szófia kozmikus geodéziai nagyháromszög Magyarországra eső részét. Ez lényegében közvetlen távméréseket jelentett a Duna-Tisza közén elhelyezkedő szomszédos oldalak között. Az előzőeket tekintve egy még értékesebb elsőrendű felületi asztrigeodéziai hálózat jött létre (3 sz. ábra). Az így kialakított – most már felületi – elsőrendű hálózatot 1972-ben együttesen egyenlítették ki. A kiegyenlítés korrelációs módszerrel történt a Kraszovszkij-féle ellipszoidon. Kezdőpontja a Szőlőhegy nevű pont, kezdőirány pedig a Szőlőhegy – Erdőhegy oldal. A pontok közül 37 Laplace-féle pont, azaz ezeken a pontokon csillagászati

módszerekkel szélességet, hosszúságot és azimutot mértek. A hálózat méretarányát a 23 mért elsőrendű oldal határozta meg. A kiegyenlítés során bevitt hosszak tehát nem kaptak javítást. A kiegyenlítés alapján az egységsúlyú mérés középhibája $m_0=0,434''$ lett, ami kiemelkedően jónak mondható. Az Egységes Országos Térképrendszer (EOTR) bevezetése előtt a felületi asztrogeodéziai hálózatot az eredeti mérési anyag felhasználásával egy új alapfelületre, az 1967-ben nemzetközileg elfogadott referencia ellipszoidon helyezték el és tájékozták. Ez az ellipszoid az Egységes Országos Vetület (EOV) alapfelülete.

A felsőrendű hálózat pontjainak közelében két, egymásra merőleges irányban tájékozó pontokat (iránypontokat) létesítettek. Az iránypontokat az egykori szocialista országok honvédelmi igényei miatt kellett létrehozni. Ezeket az anyaponttól 0,5 – 1 kilométer távolságra kellett elhelyezni úgy, hogy átlagos sűrűségük elérje az 1 pont / (16-20) négyzetkilométert. Az anyaponttól az irányzást jelölés nélkül lehetett elvégezni, tehát földről földre lehetett irányozni. Az irányokat az anyapont meghatározásához mért iránysorozatba foglalták. Ezen pontok koordinátái eredetileg nem kerültek meghatározásra, később azonban negyedrendű pontossággal meghatározták.



4. számú ábra

Magyarország asztrogeodéziai hálózata

Magyarországon a felmérés tárgyát képező részletpontok átlagos sűrűsége 10^3 pont / négyzetkilométer. E pontok helyzetét meghatározni közvetlenül a felsőrendű hálózat alappontjaira támaszkodva nem lehet. Ezen okból - a felsőrendű hálózat pontjai és a negyedrendű főpontok között - egy megfelelő sűrűségű negyedrendű alapponthálózatot kellett létesíteni. Ennek szükségességét már az 1800-as évek közepén, a kataszteri felmérések alkalmával felismerték.

A negyedrendű vízszintes alapponthálózat az országos alapponthálózat legsűrűbb hálózata. Sűrűségük a szabályzatnak megfelelően átlagosan 1 pont / 2 km². A negyedrendű vízszintes alappontok létesítésének fő szempontja a terület jellegének megfelelő, egyenletes pontsűrűség biztosítása volt. A negyedrendű hálózat pontjainak meghatározása többféle módszerrel történt.

Az első időszakban 1957 és 1964 között irányméréses háromszögelést alkalmaztak pontmeghatározásra. A pontok ideiglenes megjelölésére fajeleket, jelrudat is használtak. 1963-tól csak az előzőeknél szabatosabb tripódokat illetve árbócokat lehetett alkalmazni. Ennek hatására a pontosság növekedett. 1965 után megjelentek a fénytáv mérők. Ekkor a hosszúoldalú szabatos sokszögelés vált jellemző pontmeghatározási módszerré. A megjelenő műszaki utasítások engedélyt adtak a különféle technológiák vegyes alkalmazására. Ennek köszönhetően az ország mintegy 60% - án készültek a hosszúoldalú szabatos sokszöghálózatra épülő vegyeshálózatok. A hetvenes évek végén megjelentek a csak távmérésre alkalmas fém létraállványok, melyeket könnyen, gyorsan lehetett összeszerelni. A vegyeshálózatok alapja a távméréses (trilaterációs) hálózat lett. Ezt az eljárást az 1980-as évek végéig alkalmazták. Az így készült hálózatok pontossága elérte az 1/60000 értéket.

1990-ben egy kijelölt munkaterületen háromdimenziós pontmeghatározást végeztek. A kedvező pontossági és gazdaságossági eredmények miatt úgy döntöttek, hogy a hátralévő hálózatrészek meghatározását e módszerrel fejezik be. Ennek megfelelően a negyedrendű alapponthálózat utolsó, mintegy 4000 pontját GPS technikával létesítették 1990 ősze és 1992 vége között. A pontmeghatározás két ütemben történt: Első ütemben az illesztőhálózat mérésére került sor (I-III. rendű vízszintes alappontokon), majd ezt követte a negyedrendű alapponthálózat mérése. Így alakult ki Magyarország vízszintes

alapponthálózata, melyet a következő táblázat foglal össze:

1. számú táblázat

rendűség	pontok száma	átlagos távolság (km)
I.	139	25-30
III.	2120	7-10
IV. főpont	4790	3-4
IV.	44000	1,5

A részletes felmérés, kitűzés és térképezés gazdaságos végrehajtását szolgáló ötödrendű és felmérési alappontok már nem alkotnak összefüggő hálózatot. A pontmeghatározás módját és pontosságát előírások szabályozzák, a meghatározott pontokat pedig nyilvántartás céljából be kell jelenteni. A GPS technika fokozatos elterjedésével a hagyományos pontmeghatározások egyre inkább háttérbe szorulnak. Az országos hálózaton belül – igény szerint – az ötödrendű és a felmérési alappontsűrítést ma már jórészt GPS technikával végzik.

Magyarországon 1991. novemberében került sor arra a mérési kampányra, amelynek eredményeként létrejött az országos GPS hálózat 20 pontból álló kerethálózata. Az országos GPS hálózat létrehozására a következők miatt volt szükség.

- A GPS mérések relatív jellege. Egységes hálózat hiányában a GPS mérésekkel különálló, helyi térbeli rendszereket hozunk létre, amelyek összekapcsolásáról minden alkalommal gondoskodni kell. Emiatt a gazdaságosság romlik.
- Az egységes térbeli rendszer abszolút elhelyezéséről gondoskodni kell, ezért az egységes országos rendszert világhálózatokhoz kell kapcsolni.
- A gyakorlati alkalmazásokhoz a globális rendszerhez képest helyi rendszerű koordinátákra van szükség (EOV). Ha a két rendszer kapcsolatát minden egyes mérés alkalmával a felhasználónak kell megteremtteni, akkor a hatékonyság nagymértékben romlik.
- A gazdaságos GPS mérési módszerek a munkaterülettől 10-15 km-nél nem nagyobb távolságra lévő referenciapont meglétét igénylik.

Még az országos hálózat szükségességének felvetése előtt jelentkezett az az igény a geotudományok részéről, hogy a GPS technikát regionális

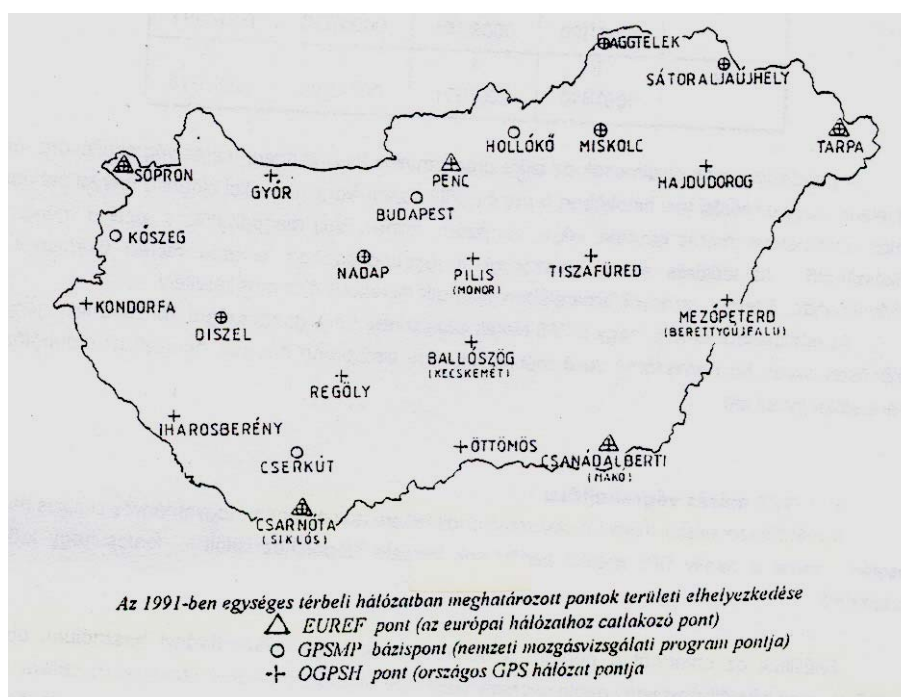
mozgásvizsgálati célokra is felhasználják, tehát létrejön Magyarország geológiai nagyszerkezeti egységeket reprezentáló bázispontokból a GPS mozgásvizsgálati hálózat. Az előbb említett célokat kielégítő, 24 pontból álló hálózat mérésére egyidőben került sor. A 24 pontos hálózat létrehozása hármast célt szolgált.

- Csatlakozás az európai GPS hálózathoz (EUREF)
- A magyarországi mozgásvizsgálati hálózat megvalósítása
- Az országos GPS hálózat 20 pontos kerethálózatának létrehozása

A 20 pont mindegyike EOVS koordinátákkal és EOMA magassággal rendelkezik. Az országos GPS hálózat az EUREF magyarországi sűrítőhálózatának tekinthető.

A 24 pontból álló hálózat mérésére 1991. november 5-8. között került sor, 15 db Trimble SST típusú kétfrekvenciás műszerrel. Egy mérési napon két, egyenként hatórás periódust mértek. A meteorológiai adatokat óránként rögzítették.

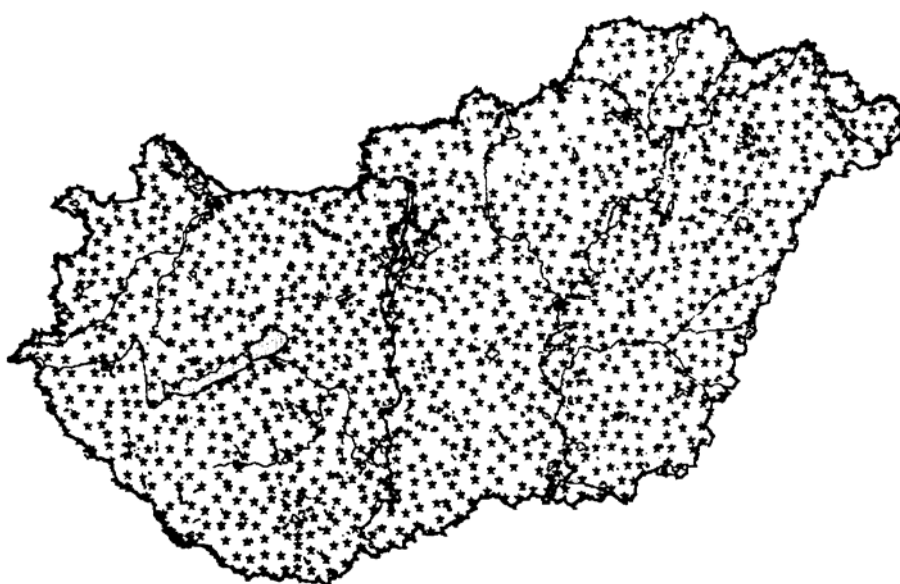
A feldolgozás két szinten történt: az első ütemben az ötpontos EUREF hálózat, a második ütemben e keretbe illesztve a további pontok számítása készült el. A 24 pontos hálózatban a ponthiba 14 mm, a relatív hiba 1:5000000, ami egy nagyságrenddel meghaladja a jelenlegi felsőrendű hálózat pontossági mérőszámait.



5. számú ábra

A 24 pontból álló GPS kerethálózat

Magyarország GPS hálózatát a 6. ábra mutatja be, mely a következőképpen épül fel: 24 pontból álló kerethálózat, melynek öt pontja része az EUREF hálózatnak. Az országos GPS hálózat (OGPSH) 10 kilométeres átlagos ponttávolsággal. A magyar OGPSH pontok koordinátái az ETRS89 rendszerben vannak megadva. Az 1154 darab pont többségében meglévő EOVA részét képező pont. Minden OGPSH pont rendelkezik EOVA koordinátákkal és transzformált Balti magassággal. A GPS – hálózat relatív pontossága 1-2 centiméter.



6. számú ábra

A magyar országos GPS-hálózat (OGPSH)

1.3 A magaspontok jelentősége az alapponthálózatokban

Magaspontnak nevezzük azokat a magas építményeket, amelyeknek valamely vízszintes értelemben egyértelműen azonosítható pontját vagy tengelyvonalát geodéziai alappontként meghatároztuk. Rendűség szerint a magaspont lehet felsőrendű, negyedrendű vagy alsórendű. Általában magassági értelemben azonosítható pontjának vagy vonalának a magasságát is meghatározzuk deciméteres megbízhatósággal.

A földmérési alappontok közül a magaspontoknak a szó szoros értelmében

kiemelkedő jelentősége van, hiszen nagy távolságból láthatók, irányozhatók, tájékozásra, meghatározásra egyaránt alkalmasak. A magaspontok központos jelei nem a terepszinten vagy annak közelében, hanem a terepszint felett jelentős magasságban valamilyen építményen helyezkednek el. A vízszintes alapponthálózat kialakításakor arra törekedtek, hogy az alkalmas építményeket magaspontként felhasználják. A földi pontokhoz képest több előnnyel is rendelkeznek. A magaspontok egyik előnye a hagyományos alappontokkal szemben az, hogy nincs szükség állandósításra, csak a megfelelő építmény kiválasztására. A jól megválasztott magaspont fennmaradása rendszerint sokkal hosszabb távon biztosított, mint a kővel vagy egyéb módon állandósított pontoké különösen a települések belterületén. Alappontként való felhasználásukhoz illetve a meghatározásokhoz nem kell ideiglenes pontjelet építeni, megóvásuk kevesebb költséget igényel. A magaspontok hátránya – elsősorban a karcsú, magas építményekre vonatkozik – hogy szél, napsütés hatására mozgást végeznek. Hátrányként említhető még az is, hogy egy esetleges átépítés miatt elmozdulás-vizsgálatra lehet szükség, ami többletmunkát jelenthet.

Felhasználásuk szerint a magaspontokat három csoportba sorolhatjuk. Az első csoportba azok a magaspontok tartoznak, amelyek központos műszerállás létesítésére alkalmasak. Ezek a vasbeton mérőtoronyok, tetőteraszos tornyok, építmények. Magyarországon nemzetközi ajánlás, majd kormányhatározat alapján épültek vasbeton mérőtoronyok 1978 és 1989 között. A mérőtoronyok 3,5 méter átmérőjű henger alakú vasbeton szerkezetek. Magasságuk 8 – 28 méter. A mérést a torony tetejére épített pillérről lehet elvégezni, amely fölé külön fém pontjelet (fémhengert) építettek. A hengeres építmény felső pereméhez rögzített függőlegesen és központosan elhelyezett fémhenger 30 kilométeres távolságból is láthatóvá teszi a központ függőlegességét. Hazánkban 106 darab vasbeton mérőtorony épült döntően az elsőrendű hálózat pontjain, valamint egyes harmadrendű pontokon. A magaspontok közül a második csoportba sorolhatók azok az építmények, amelyek külpontos műszerállás létesítésére alkalmasak. Erre a célra a víz-, távközlési-, kilátótoronyok erkélye valamint a templomtornyok ablaka alkalmas. Az ilyen magaspontokon a mérést külpontosan végezzük, majd a külpontosági elemeket meghatározva a méréseinket átszámítjuk a központra. A műszerálláspontként nem használható magaspontok képezik a harmadik csoportot. Ide tartoznak a különféle karcsú tornyok, illetve kémények. Ezen

magaspontok használatához pontlevezetést kell végezni, tehát össze kell kapcsolni azokat a terepszinten lévő alappontokkal.

A magaspontoknál nincs lehetőség földalatti jel létesítésére. Viszont szükséges és indokolt a magaspontok (építmények) esetleges elmozdulását mérhetővé tenni. A magaspontok meghatározása során az elmozdulások mérésére alkalmas őrponthálózatot alakítanak ki. Az őrpontokat a közelükben elhelyezett őrcsapokkal összemérve biztosítják, ha erre van lehetőség.

1.4 A pontpusztulás, pontpótlás problémái

Az 1800-as évek közepén a kataszteri felmérések alkalmával a földmérési jelek jogi védelme nem volt biztosítva. A számtalan szándékos rongálásnak eredményeként 1878-ban megjelent törvénycikk 407 § - a következőképpen rendelkezett: „Határjel hamisítás vétségét képezi, és három évig terjedő fogházzal büntetendő, ha valaki valamely határkövet, vagy a határ megjelölésére szolgáló jelzőt, vagy más tárgyat károsítási szándékból megsemmisít, elvisz vagy más helyre áttesz”. Ezen törvény hiányossága volt, hogy határjelekre vonatkozik, nem említi a háromszögelési pontokat. Szükség volt tehát egy újabb rendelet kiadására. Az 1891-ben kiadott XLI. Törvénycikk a következőt tartalmazta: „Vétséget követ el és három hóig terjedhető fogházzal büntetetik az, ki a polgári vagy katonai hatóság által elrendelt földmérés (háromszögelés) céljából felállított gúlát, oszlopot, czöveket vagy e célra alkalmazott más jelzőt szándékosan és jogtalanul megrongált, megsemmisít, eltávolít, vagy áthelyez”. Egy ilyen erejű törvény talán napjainkban is időszerű lenne. Gyakorlati tapasztalataim alapján megállapítható, hogy hazánkban egyre nagyobb mértékű a pontpusztulás. Ez a tény elsődlegesen nem az idő múlásának következménye, hanem az emberi felelőtlenségnek, rongálásnak köszönhető. Az emberek többsége nem veszi tudomásul, hogy milyen értéket tesz tönkre, amikor kiszánt egy vízszintes alappontot vagy „jobbik esetben” kidönti a mellette lévő jelzőoszlopot, vasbetonlapot. Tapasztalataim szerint legtöbb esetben a rongálók tudják, hogy milyen célt szolgálnak ezek a pontok, de igazából nem érzik tettük súlyát. Ezért hiszem úgy, hogy szükség lenne egy szigorúbb törvényi szabályozásra. A földmérési jelek védelméről a 1997. évi földmérési törvény 20 § -

a gondoskodik: „Az ingatlan tulajdonosának vagy használójának tartózkodnia kell minden olyan tevékenységtől, amely az ingatlanán lévő földmérési jel megrongálódásához vagy megsemmisüléséhez vezethet...A földmérési jel áthelyezésének, megszüntetésének, pótlásának, helyreállításának költségeit az viseli, akinek az áthelyezés az érdekében áll, illetve akit pótlásra vagy helyreállításra köteleztek”. Az alappontok karbantartásának feladatait pedig a 16/1997 (III. 5) FM rendelet rögzíti. A pontok pótlására, helyreállítására azonban – nincs rá pénz, sem idő jelszóval – igen kis figyelmet fordítanak. Az alappont karbantartás abból áll, hogy a körzeti földhivatal – helyszínelés után – jelentést ír a megyei földhivatalnak minden egyes alappont állapotáról, majd ezután nem történik semmi. A megyei földhivatal esetleg utasítja a körzeti földhivatalt a helyreállításra is. Aki a körzetünkben dolgozik, tudja, milyen mértékben van leterhelve a Gödöllői Körzeti Földhivatal (27 település tartozik ide, a legtöbb főváros közeli). Ilyen leterheltség mellett sajnos ez megoldhatatlan, arról nem is beszélve, hogy általában nincs olyan ember, aki ilyen téren gyakorlati tapasztalatokkal rendelkezne. A pénzügyről már nem is tennék említést csak annyit, hogy egy kapa vagy egy doboz festék megvétele is gondot okoz...

2. Előkészítő munkálatok

2.1 Irodai előkészítés

A kezdő munkaszakasz – adatgyűjtés – terén előnyökkel rendelkeztem. Ez annak köszönhető, hogy a Gödöllői Körzeti Földhivatalban dolgozom. Első lépésben másolatot készítettem az 1:10000 méretarányú átnézeti térképről, amely tartalmazza a területre eső vízszintes alappontokat is. Ezután kimásoltam a kilátó környezetében lévő valamennyi vízszintes alappont pontleírását. A földmérési alaptérképről is készítettem másolatot, valamint a kilátó területi elhelyezkedésének megfelelően kivágtam Mogyoród község külterületi digitális állományából a szükséges részt. A FÖMI-ből beszereztem az érintett terület 1:25000 méretarányú topográfiai térképét, amely szintén tartalmazza a vízszintes alappontokat. Ezen kívül elkértem még a kilátó közvetlen közelében lévő 65-2011 felsőrendű pont meghatározási tervét és törzskönyvét, gondolván arra, hogy ezek a dokumentumok majd a segítségemre lesznek. A Pest Megyei Földhivataltól megkaptam az új A.5. szabályzat tervezetének egy másolati példányát, így a további munkáimat ezen szabályzat előírásainak figyelembevételével végezhettem.

Következő lépésben az ismert és meghatározandó pontok tárolására digitális koordinátajegyzéket hoztam létre. Ezután a digitális állományban kitzúzési vázlatot készítettem. Az adott alappontok bevitele után megterveztem, hogy mely pontokról fogom elvégezni a kilátó meghatározásához szükséges irányméréseket. Mint már említettem a 65-2011 számú alappont a kilátó közvetlen közelében helyezkedik el, e tény nagy segítségemre volt a tervezés folyamán. A digitális állományban könnyen megvizsgálhattam, hogy melyek azok a pontok, amelyeket felhasználva a szabályzatnak megfelelően lehet elvégezni a torony meghatározását. Az őrhálózati pontok helyét nem terveztem meg előre, mert jártam már a kilátónál – nem földmérési célból – és tudtam, hogy igen változatosak a terepviszonyok.

Az ismert vízszintes alappontokon való mérésre vonatkozóan a következő volt a tervem: A kilátó meghatározásához szükséges méréseket a 65-2209, 65-2228, 65-2241, 65-2242 illetve 65-2222 számú negyedrendű alappontokról

fogom elvégezni. Ezek a pontok megfelelő távolságban vannak a kilátótól és jó metszést is adnak. Ezt a tervemet sajnos nem sikerült megvalósítani a következő fejezetben leírtak miatt.

2.2 Helyszíni előkészítés

A helyszíni előkészítés alkalmával először felkerestem a kigyűjtött vízszintes alappontokat. Megvizsgáltam az állapotukat és feljegyeztem, hogy mely irányok látszanak az adott pontról. A helyszínelést a kilátónál lévő 65-2011 számú harmadrendű pontnál kezdtem. Megállapítottam, hogy a pontot védő vasbetonlapok, illetve a felső kő hiányoznak. Az alsó követ, amelynek központos jele bronzcsap vésett keresztel, azonban megtaláltam – sértetlenül. A pont környékén fellelhetőek az egykoron a pont felett állt hatméteres magyar gúla lábainak elszenesedett csonkjai is. A törzskönyvben lévő adatoknak köszönhetően az erdőben megtaláltam a pont egyik őrkövét. Mivel a pontot erdő veszi körül, tájékozó irányok nem látszanak róla. A pontot és környékét megtisztítottam. A kilátó építése következtében megváltozott a terep, ezért mérőszalaggal bemértem a pontnak a kilátóhoz viszonyított elhelyezkedését, majd ceruzás helyszínrajzot készítettem a valós állapotnak megfelelően. A következő ellenőrizendő alappont a 65-2209 számú volt. A pont egy körbekerített szőlő művelési ágú tábla kerítése mellett található. Ezt az alappontot 1986-ban határozták meg a 65-2011/c iránypontként. A 65-2011/a iránypontot a Hungaroring versenypálya építése miatt megszüntették, helyette létesítették e pontot. Az ellenőrzés során megállapítottam, hogy a vasbeton védőlapok sértetlenek és a fejelőkő is a helyén van, tehát a pont mérésre alkalmas lenne. A meghatározandó torony kitűnően látszik a pontról, azonban tájékozó irány egy sem. Ennek következtében nyilvánvalóvá vált, hogy álláspontként nem tudom majd felhasználni. A 65-2228 számú negyedrendű vízszintes alappont az előbb említett táblán belül egy magaslaton a szőlősorok között található. A pont védőlapjai és a felső köve sérült volt. Tájékozó irányt erről a pontról sem látni a magas szőlőlugasok és a terepi adottságok végett. Még az irodában úgy gondoltam, hogy összelátszik majd a 65-2209 és 65-2245 számú alappontokkal, de ez sajnos nem így van. A 65-2245 számú alappont a községi temetőben

található a kálvária mellett. A pont a talajszintig van süllyesztve, központos jele furatos rézcsap. A pontot épnek, sértetlennek találtam. Tájékoztató irányok is látszódnak róla: mogyoródi katolikus templom tornya és a fóti gyermekváros kéménye. A kilátótornyot is tisztán látja, megfelelő távolságban van tőle, ezért meghatározáshoz fel lehet használni – ezt örömmel nyugtáztam. A következő felkeresendő alappont a 65-2242 számú negyedrendű pont lett volna, azonban ennek helyszínelésére nem volt módom. Ez a pont egy magántulajdonban lévő zárkerti telken helyezkedik el. Két alkalommal is megpróbáltam bejutni a telekre, de tulajdonosa egyszer sem volt kint, így nem tudtam bemenni az ingatlanra. Ennek következtében elkönnyvelhettem, hogy innen sem tudok mérni. A 65-2222 számú pont a kilátó közelében lévő 65-2011 harmadrendű alappont /b jelű iránypontja. E pont szintén zártkertben található egy út szélén, magántelek utcafronti kerítésének a tövében. Az alappont ép, védőlapok, fejelőkő a helyén van, tehát elvileg mérésre alkalmas lenne. A beépítettség és a növényzet takarása miatt azonban mérhető irányokat és a kilátótornyot nem lehet látni róla. Ezt a pontot sem tudtam felhasználni álláspontként a meghatározáshoz.

Mindezek után világossá vált számomra, hogy adott országos alappontokról nem lehet elvégezni a torony meghatározását úgy, hogy az megfeleljen az A.5. szabályzat előírásainak. A szabályzat szerint a meghatározó irányoknak és távolságoknak lehetőleg két kilométernél rövidebbeknek kell lenniük, valamint a meghatározó irányok egymással bezárt, az új pontnál keletkező szögei 40 foknál kisebbek és 140 foknál nagyobbak nem lehetnek. Ezen feltételeket az előzőekben leírtak miatt nem lehetett teljesíteni. Ebből következően a torony geodéziai meghatározásának lehetséges módja, hogy GPS technikával ideiglenes alappontokat hozok létre, kialakítok egy őrponthálózatot (mikrohálózat) és a szükséges méréseket ezekről a pontokról végzem el. A hálózati pontok kiválasztása előtt további alappontokat helyszíneltem. A 65-2225 számú negyedrendű pont OGPSH alappont, tehát a GPS mérések folyamán szükség volt rá. Ez a pont a Gödöllő – Mogyoród közötti országút bal oldalán, egy magaslaton helyezkedik el. Ellenőrizve a pontot, a vasbeton védőlapokat szétdobálva találtam és a felső kő sem volt a helyén. Az alsó kő meg volt építésben. Központos jele furatos rézcsap. Ez a pont kitűnő helyen fekszik számtalan magaspontra irányozható róla és a meghatározandó kilátótornyot is látja. Feljegyeztem a látható irányokat, majd folytattam utamat. A 65-2055 számú

alappont és /b iránypontja a kilátóhoz viszonyítva északi irányban helyezkedik el, az M3 autópálya túloldalán egy zártkerti út mellett. A beépítettség és a növényzet miatt ezeket a pontokat sem lehet felhasználni a meghatározáshoz. A 65-2239 számú országos alappontról nemrég mértem, következésképpen tudtam, hogy a pont megvan és sérülésmentes. Látni lehet róla legalább két tájékozó irányt és a kilátót is, tehát mérésre alkalmas lesz. Ez utóbbi pontok felkeresése után úgy döntöttem, hogy a 65-2225, 65-2239 és a 65-2245 számú országos alappontokról elvégzem a szükséges irányméréseket – bár a szabályzat előírásainak nem felel meg – és a számítások nyomán adódó irányeltéréseket kimutatom. Az alappontok helyszínelése után jelentést írtam a Pest Megyei Földhivatalnak a sérülten talált alappontokról.

2.3 Az őrhálózati pontok kitűzése, megjelölése

Előjáróban annyit mondanék, hogy talán ez volt a legnehezebb munkaszakasz a torony meghatározásában. Az ideiglenes alappontok kijelölése előtt többször bejártam a terepet, illetve fölmentem a kilátóba annak érdekében, hogy a terepi viszonyok adta lehetőségekhez mérten a legjobb őrponthelyeket kiválaszthassam. A kilátó környékén a terep enyhe kifejezést használva változatosnak mondható. Dombok, mélyedések, erdős részek, sűrű bozótosok váltakozva jelennek meg. A hálózati pontok helyének kiválasztásához – segítségképpen – kivittem magammal a terepre az 1:10000 méretarányú átnézeti térkép és a földmérési alaptérkép másolatát. A pontok helyének kiválasztásakor arra törekedtem, hogy azokról minimum két tájékozó irányt – lehetőleg magaspontokat – lehessen látni. Szinte minden esetben szükség volt némi növényzet irtására. Volt, amikor tájékozó irány nem látszott tisztán, a másik esetben nem láttak össze az őrpontok. Némi nehézségek árán, de végül is sikerült megtalálni a körülményekhez viszonyított legoptimálisabb megoldást. Az ideiglenes alappontokat talajszintig levert fém szeggel ellátott facövekkel jelöltem meg. A hálózati pontok közül kiválasztottam hármat és ezeket fémkaróval jelöltem meg. A tényleges ponthelyet egy furat jelöli. E három a mikrohálózati pontot azért jelöltem vascsövekkel, mert közel vannak a belterülethez, és föl lehet használni őket a különböző felmérési, kitűzési munkákhoz. Annak érdekében,

hogy a kilátótorony mellett található 65-2011 számú alappontot is bevonjam a meghatározásba, a torony közelében is – az erdei tisztáson belül – kijelöltem két ideiglenes alappontot. Mivel ezeket a pontokat beerdősödött sáv veszi körül, ezért nem volt megoldható, hogy több irányt lássanak. Mindkét pontról egy tájékozói irány látszik, de azok is csak akkor, ha a növényzet lombmentes. Ha a következő években a növényzet sűrűsödik, már nem lesznek alkalmasak mérésre. A megjelölt őrhálózati pontokat és a kilátó helyét ábrázoltam az átnézeti térképen. 100 sorszámú ideiglenes pontszámmal láttam el a pontokat. A kitűzött őrpontokról helyszínrajzot készítettem. A mikrohálózat pontjainak állandósítására sajnos nem volt mód, ezért a pontok tulajdonképpen vesztett pontnak számítanak. Utoljára még egyszer végigjártam a hálózati pontokat, ellenőriztem az összeláthatóságot és feljegyeztem a látható irányokat. Mindent rendben találtam, kezdődhet a mérés. Az alábbi kép némi tájékoztatást ad a kilátótorony környékén lévő terepviszonyokról (1:25000 méretarányú topográfiai térkép részlete).



7. számú ábra
1:25000 méretarányú topográfiai térkép részlete

3. A hagyományos és GPS mérések végrehajtása

3.1 Az alkalmazott műszerek bemutatása

Az *íránymérés*hez használt műszer a WILD TC 1010 elektronikus tachiméter. A digitális kijelzőnek és a billentyűzetnek köszönhetően a műszer kezelése igen egyszerű. A színes, egymástól elválasztott tasztatúra-blokkok megkönnyítik az adatbeviteli és a műveleti billentyűk megkülönböztetését. A fastruktúra szerinti menüelv révén könnyen megtalálhatók a különböző műveleti szintek.

A mérőállomásba a terepen mért adatok feldolgozására előre beépített programok vannak telepítve, amely így magas szintű működtetést tesz lehetővé.

A műszer el van látva adatrögzítés céljára REC MODUL fogadóval. A terepen mért adatokat és a kiegészítő információkat e modulra lehet regisztrálni, tehát itt tárolódnak. Maximális tárolókapacitása kb. 2000 pont. A modul az adatokat mérési- vagy kód blokkban rögzíti. Az adatok kiolvasására a GIF-10 jelzésű adatátvivő készülék szolgál. A készülék lehetővé teszi a REC MODUL-ban tárolt adatok beolvasását a számítógépbe, valamint a számítógépben lévő adatok betáplálhatók a modulba, így garantált a biztos és komfortos munkavégzés. A számítógép és a GIF-10 egy soros interface-n keresztül kommunikál.

A modulból közvetlenül a számítógépbe beolvasott adatformátumot (.rec) a felhasználhatóság érdekében egy speciális szoftverrel lehet átalakítani. Készíthetünk mérési jegyzőkönyvet (.mer) és koordinátajegyzéket (.kor).

Technikai adatok:

Távcsőnagyítás: 30 x

Libellaérzékenység:

Szelencés: 8'/2 mm

Alhidádé: 30"/ 2 mm

Szögmérés középphibája: 3"

Táv mérés középphibája:

3 mm+ 2 ppm

Hatótávolság: 2000 m



8. számú ábra

A GPS méréseket 2 darab Trimble 4000 SST kétfrekvenciás geodéziai vevővel végeztem el. Az előzőek folyamán már olvasható volt, hogy ezt a típusú műszert használták a magyarországi GPS kerethálózat méréséhez. Az általam használt vevők a FÖMI tulajdonában vannak, tehát ezeket a műszereket a gyakorlatban is alkalmazták a kerethálózati pontok meghatározásához. A vevőnél az antenna és a jelfeldolgozó egység különálló. Napjainkra már ennél a műszernél sokkal korszerűbb, kisebb súlyú és méretű geodéziai vevők jelentek meg, azonban a műszerrel elérhető pontosság megfelel az A.5 szabályzat előírásainak. A Trimble 4000 SSE geodéziai vevő műszaki paramétereit az alábbi táblázat mutatja be:

2. számú táblázat

kód	C/A és P
csatorna	9
frekvencia	L1 és L2
rel.mérés pontossága(vízs.)	5 mm+1 ppm
rel.mérés pontossága(mag.)	10 mm+1 ppm
méret	25x28x10 cm
vevő súlya	3,1 kg
antenna súlya	3,2 kg
belső memória	2,5 Mb
mérési időköz	0,5 sec

3.2 Irány- és távmérések végrehajtása az űrhálózati pontokon

A kilátótorony meghatározásához szükséges észleléseket október hónapban végeztem el. Ennek legfőbb oka az időjárás. Az irányméréseket mindenképpen előbb kellett végrehajtanom, mint a GPS méréseket, hiszen közeledett az esős, ködös időszak, ami lehetetlenné tette volna az észlelést. A GPS mérések gyakorlatilag bármilyen időjárási körülmények között elvégezhetőek, nem zavaró tényezők az eső, a páras, ködös idő, ennek megfelelően ezeket a méréseket későbbre ütemeztem.

Az előre megtervezett napon reggel hét órakor indultunk ki a helyszínre. Három műszerállványt, két prizmat, a mérőállomást, zsebszalagot, jegyzetfüzetet és írószert vittünk ki magunkkal. Az idő tiszta volt, lenge szél fúj, a műszerben lévő hőmérő pedig 14 C°-ot mutatott. Mielőtt a mérést elkezdtem

volna, újból végigjártuk a kitűzött pontokat. Minden levert cövek a helyén volt. Elmozdításra utaló nyomot nem találtunk, így hát elkezdhettem az észlelést.

A 100-as ponttól kezdődően végigjártam a mikrohálózati pontokat és elvégeztem a szükséges irányméréseket. Minden egyes ponton, a műszer felállítása után, zsebszalaggal gondosan megmértem a műszermagasságot centiméter élességgel. Ellenőriztem, hogy az akkumlátor töltése megfelelő-e. Mivel a kitűzés alkalmával felírtam, hogy az álláspontokról mely országos pontok (magaspontok) látszanak, ezért nem kellett sok időt fordítanom a tájékozó pontok keresésére. Ezek közül minden esetben kiválasztottam azt, amelyik a legjobban látszik, legbiztosabban irányozható, és az lett a mérés folyamán a kezdőirány. A mikrohálózati pontokon a vízszintes és magassági szögek mérését két távcsőállásban végeztem el. Ügyeltem arra, hogy az irányméréseket gyorsan, egyenletes ütemben hajtsam végre. Minden egyes irányzás után rögzítettem a mért értékeket. A kitűzés folyamán meghatározandó pont körüli hálózatot úgy alakítottam ki, hogy az egyes pontok összelássanak. Ennek megfelelően az éppen aktuális állásponton a szomszédos órhálózati pontokra távolságmérést végeztem. Országos alappontokra sajnos nem tudtam távolságot mérni a 2.2 fejezetben említett okok miatt. Amikor az adott állásponton befejeztem a méréseket, a kényszerközpontosító talpból kivettem a műszert, és a helyére prizmát helyeztetem. Jeleztem a segédmunkásomnak, hogy a haladási irány szerint mögöttem lévő pontról elhozhatja a műszerállványt prizmával és viheti előre. Én is elindultam a következő álláspontra. Megérkezés után a kényszerközpontosító talpból kivettem a prizmát, majd a helyére tettem a műszert. Ellenőriztem az állótengely függőlegességét, pontraállítás pontosságát, és megmértem a műszermagasságot. Ezek után folytattam a méréseket – az előzőekben leírtak szerint. Miután a 104 ponton is befejeztem a tervezett méréseket, bevártam a segédmunkásomat és együtt elindultunk föl a kilátótoronyhoz. A torony közvetlen közelében kitűzött pontok (5001, 5002) és a meglévő 65-2011 országos alappont aránylag közel vannak egymáshoz. Ebből következően az itteni mérések végrehajtásában könnyebbséget okozott, hogy nem kellett a műszerállványt hordozni. A három műszerállványt felállítottuk a pontokra és csak a műszert és a prizmát kellett elvinni egyik álláspontról a másikra. Az irány- és távméréseket ugyanúgy végeztem el, mint 100-104 pontokon. Az 5001-es számú pontról bemértem a kilátótorony épületének látható

három sarkát. Ezt egyrészt azért tettem, mert a földmérési alaptérképen még nem szerepel a torony (esetleges későbbi épületfeltüntetés), másrészt a 65-2011 számú alappontról új helyszínrajzot kellett készítenem, amihez szükséges volt ismerni az építmény elhelyezkedését. Amikor itt is befejeztem a méréseket, már majdnem délután négy óra volt és a szél felerősödött. A szemem kezdett fáradni, nem tudtam már hosszabb ideig koncentrálni. Úgy döntöttem, hogy az országos alappontokon való méréseket másnapra halasztom. Hazaérve kimentettem a napi mérési adatokat és föltettem a műszer akkumulátorát tölteni.

Az országos alappontokon való mérést a 65-2245 számú ponton kezdtem. Az égbolt felhős volt, enyhe szél fúj. A műszert gondosan felállítottam, majd sorban megirányoztam az előre kiválasztott tájékozó pontokat. Az irányokat itt is két távcsőállásban mértem meg. Nehézségekbe nem ütköztem, minden a terv szerint haladt. A három megtervezett álláspont közül ez volt a meghatározni kívánt toronyhoz a legközelebb (A.5 szabályzatban előírt távolságra), így erről az adott pontról lehetett legbiztosabban megirányozni a magaspontot. A következő álláspont a 65-2225 számú negyedrendű alappont volt, amely része az országos GPS hálózatnak. A helyszíni előkészítés alkalmával már észleltem, hogy a pont védőberendezését valaki szétbontotta. Nekem ez most előnyt jelentett, hiszen így könnyebben elvégezhettem a pontraállást. A védőlapok nagymértékben akadályozták volna a műszer biztos felállítását. Kiválasztottam a legjobban látszó és irányozható tájékozó pontot, majd elkezdtem a mérést. Az irányzásokat követően rendben rögzítettem a mért értékeket. Az irányokat itt is két távcsőállásban mértem meg. A hely adottságai miatt ezen az állásponton olykor elég erős szél fúj, de az irányzást még nem zavarta. A mérések végeztével összehajtottuk és elindultunk az utolsó tervezett álláspontra. A 65-2239 számú negyedrendű alapponton a pontraállítás egy kicsit elhúzódott. Ez azért történt, mert a vasbetonlapos védőberendezés miatt nehézkes volt a lábakat optimális helyzetbe állítani. A műszer felállítása után két távcsőállásban elvégeztem a szükséges irányméréseket. Erről a pontról a tornyot csak lombmentes időben látni egy gyümölcsfa ágai között. Szerencsére a mérés idejére már lehullottak az összelátást akadályozó fa levelei, így a magaspontot megbízhatóan lehetett irányozni. A mérések befejezése után hazaindultunk. Otthon a REC MODUL-ból kiolvastam a nap folyamán rögzített adatokat. A biztonság kedvéért mindkét nap mérési eredményeit mágneses adathordozóra mentettem.

3.3 Statikus GPS mérések végrehajtása az ideiglenes alappontokon

A GPS geodéziai vevővel történő mérésekben nem volt számottevő tapasztalatom, ezért ezen munkaszakasz elvégzéséhez segítségre volt szükségem. Előzetes megbeszélés alapján a FÖMI biztosított számomra GPS műszert és a technikában jártas szakembert.

A kialakított mikrohálózat meghatározásához a gyors statikus mérési módszert alkalmaztuk. A 100-as számú pontra felállítottuk az egyik vevőt. Ezt a pontot használtuk bázisként. A pontraálláshoz műszerállványt használtunk optikai vetítővel. Csatlakoztattuk az antennakábelt és az akkumulátort a vevőhöz, ellenőriztük, hogy a töltés megfelelő-e a tervezett időre. Zsebszalaggal megmértük az antennamagasságot. A jelfeldolgozó egységbe betápláltuk a pont számát, ami azonos a mérési fájl nevével. A mérési paramétereket úgy állítottuk be, hogy 15 fokos magassági szög felett 4 műhold egyidejű észlelése esetén történjen a rögzítés – mindkét frekvencián (L1 és L2). A mérési intervallum (epocha) időtartamát 15 másodpercre állítottuk, majd elindítottuk a mérést. Ezután a másik, mozgó vevővel sorban felkerestük a hálózat többi pontját. Ezeken a pontokon a méréseket már önállóan végeztem az előzőeknek megfelelően. A 101-104 számú pontokon a mérés 20 perces periódusidővel történt. Közben a kijelzőn folyamatosan figyeltük a látható műholdak számát. Az 5001 és 5002 számú pontokon a mérési időt 25 percre növeltük. Tettük ezt azért, mert a két pont – torony körüli erdős részeknek köszönhetően – meglehetősen fedett területen helyezkedett el. Mint ahogy az, a következő fejezetből kiderül, e két ponton, így sem tudtunk megfelelő megbízhatóságú mérést produkálni.

Miután a kilátó közvetlen közelében lévő ideiglenes alappontokon befejeztük a méréseket visszatértünk a 100-as számú ponthoz, hiszen míg mi felkerestük a hálózat többi pontját, addig ezen a ponton az álló vevő folyamatosan mért. Megnéztük, hogy valamilyen oknál fogva nem szakadt e meg a mérés, illetve ellenőriztük az akkumulátor töltését és az antenna mozdulatlanságát. Mindent rendben találtunk. Elindultunk a 65-2225 és a 66-1127 számú OGPSH pontokra. Ez a két pont sajnos nem fogja közre a kialakított mikrohálózatot, azonban a környéken nem volt más felhasználható országos GPS hálózati pont. Megfelelő távolságban a 65-2001 számú felsőrendű pont van, azonban ezen –

rendűségének megfelelően – vasbeton mérőtorony áll. Több OGPSH pont nem található a követelményeknek megfelelő távolságban. Az említett két ponton is elvégeztük a méréseket 20 perces periódusidővel. Ezután visszamentünk a 100-as számú hálózati ponton lévő álló vevőhöz és leállítottuk a mérési folyamatot. Az antennából és a vevőből kihúztam a csatlakozókat. Az antennát kivettem a kényszerközpontosító talpból és visszahelyeztem a tároló dobozába. Összecsuktam a műszerállványt, és a felszerelést beraktuk az autóba. Ezzel a GPS mérések végéhez értünk. Az időjárás az egész nap folyamán kegyes volt hozzánk, hiszen – az előző napi időjárás-jelentéssel ellentétben – nem eredt el az eső. Ez a tény magát a mérést nem befolyásolta volna, azonban a mi egészségi állapotunkra nagymértékben kihatott volna.

Az elvégzett mérések leírása után, a következőkben szeretnék rámutatni a GPS mérési technika előnyeire a hagyományos mérési módszerekkel szemben.

- A mérések elvégzéséhez nem szükséges összelátás, ami a hagyományos rendszerek legalapvetőbb feltétele, és aminek kiépítése rendkívül nagy költségeket jelenthet és igen nehézkes.
- A mérések gyakorlatilag bármilyen időjárási körülmények között elvégezhetőek, nem zavaró tényező az eső, a párás idő, szél, napsütés stb. Így pontos időben, határidőre tervezhetőek a mérések.
- A mérés teljesen automatikus, nincs szükség kézi módszerekre. A geodéziai vevők memóriája igen nagy mennyiségű információ tárolására alkalmas, direkt módon letölthető a számítógépbe ill. a feldolgozó szoftverekbe.

Ezekkel az előnyökkel szemben hátrányként jelentkezik, hogy kiszolgáltatottak vagyunk a rendszer üzemeltetőjének. A GPS nem alkalmazható sűrű beépítésű területen, legfeljebb lapostetős épületeken. A GPS-szel csak terepszintű pontok határozhatók meg, a mérendő magaspontokat külön kell előmetszeni – mint ahogy ezen megállapítás a dolgozatomból kiderül.

4. A magaspont koordinátáinak és magasságának számítása

4.1 GPS vektorszámítás és transzformáció

Mivel a 100 számú új pontot használtuk bázisként, ezért a teljes mérési idő alatt volt lehetőségünk vektorok mérésére. Ennek megfelelően a vektorszámításba bevontam a Penci Observatórium és a Budapesti Műszaki Egyetem tetején létesített referenciapontokat. Az említett két ponton a vevők 24 órán keresztül üzemelnek.

A GPS mérések feldolgozása GPSurvey programmal történt. Az egyes vektorok számítását akkor fogadtam el, ha a meghatározási középhibája (RMS) nem haladta meg a $10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ megengedett értéket. Ezen kívül az új A.5 szabályzat utal még a vektorkomponensek (geocentrikus koordináta különbségek) középhibájának megengedett értékére, mely szerint a középhibák külön-külön nem lehetnek nagyobbak, mint 6 mm. Ennek a feltételnek három vektor nem felelt meg: 102-PENC, 103-PENC, 5001-PENC. Ezeket a vektorokat kihagytam a további számításokból.

A következő lépés a térbeli hálózat számítása volt – kiegyenlítéssel. Ezt két külön programmal hajtottam végre. Először a GPSurvey TRIMNET moduljával végeztem el a számítást, majd a HGPS programot használtam. Mivel a HGPS program háromdimenziós kiegyenlítést végez – így a magasságok megbízhatóbbak – ezért, az e programmal számolt geocentrikus koordinátákat fogadtam el véglegesen. A kiegyenlítés 22 vektor alapján történt. Adott pontoknak (fix pontok) a 65-2225 és 65-1127 számú OGPSH pontokat tekintettem, tehát a kiegyenlítéskor ezen pontok koordinátái nem kaptak javítást.

Az új A.5 szabályzat szerint a kiegyenlítés akkor fogadható el, ha az egyes koordináta középhibákból számított ponthiba kisebb, mint 26 mm. A ponthibából számítható közepes ponthiba megengedett értéke 15 mm. A alábbi táblázatot vizsgálva szembetűnő, hogy a torony közvetlen közelében lévő 5001 és 5002 számú pontok megbízhatósági mérőszámai nagymértékben eltérnek a megengedett értéktől. Különösen az 5001 pont megbízhatósága kérdéses, amit már a vektorszámítás alkalmával is sejteni lehetett. Ezt legfőképpen a terepi adottságokkal lehet magyarázni. A növényzet kitakarása erősen kihatott a mért

vektorok megbízhatóságára, amely most a kiegyenlítésben is megmutatkozott.

3. számú táblázat

Pontszám	μ_x (mm)	μ_y (mm)	μ_z (mm)	P (mm)	K (mm)
100	8.9	5.2	10.1	14.4	8.3
101	14.1	7.9	13.4	21,0	12.1
102	12.0	6.8	14.9	20.3	11.7
103	14.6	7.9	11.8	20.4	11.8
104	13.6	8.0	14.5	21.4	12.4
5001	53.9	27.4	104.7	120.9	69.8
5002	50.0	15.9	45.4	69.4	40.1

$$P_{\text{megeng.}} = 26 \text{ mm} \quad K_{\text{megeng.}} = 15 \text{ mm}$$

A kiegyenlítésből kapott geocentrikus koordináták EOVS rendszerbe való transzformálását a HGPS program automatikusan elvégezte. Kíváncsiságból a GPSurvey modulból kapott földrajzi koordinátákat is áttranszformáltam EOVS rendszerbe. A transzformációt BL-TRAFO-Pro programmal végeztem el. A kétféle szoftverből kapott EOVS koordináták és magasságok maximum egy-egy centiméterrel tértek el egymástól.

A pontossági vizsgálat után úgy döntöttem, hogy az 5001 és 5002 számú ideiglenes alappontok koordinátáit a további számításokban előzetes értéknek tekintem, tehát nem használom fel adott pontként.

A GPS mérések feldolgozásának dokumentációja a mellékelt CD adathordozón található. A CD-n olvasható fájlok a következőket tartalmazzák:

GPSurvey/

- Rawgps: kiolvasott mérési eredmények,
- Network/coord.log: kiegyenlítési jegyzőkönyv,

HGPS/

- Eov.eov: adott fix pontok EOVS koordinátái,
- Eov.xyz: adott fix pontok geocentrikus koordinátái,
- Mogyorod.gps: HGPS formátumba konvertált vektorállomány,
- Mogyorod.lst: kiegyenlítési jegyzőkönyv,
- Out.xyz: új pontok geocentrikus koordinátái,
- Out.eov: EOVS koordinátajegyzék.

4.2 A torony koordinátáinak számítása

4.2.1 Vízsíntes értelmű kiegyenlítés

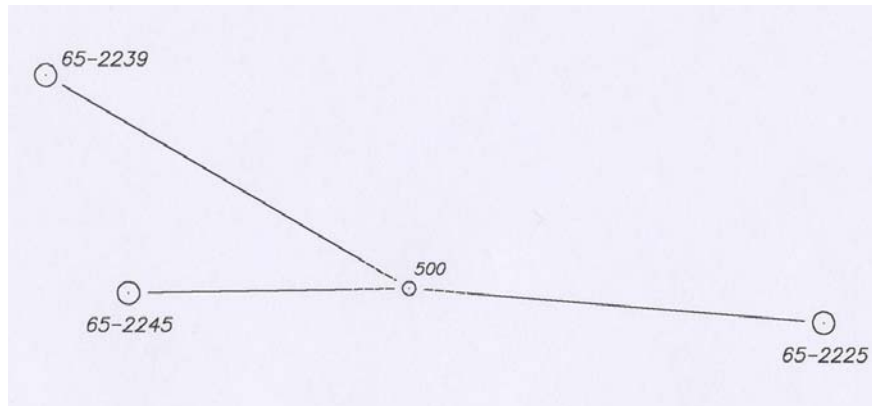
A torony vízszintes koordinátáinak számításához a Háló2 programot használtam, mely programot, a főiskola biztosította számomra. A mérőállomásból kiolvasott adatformátumot sajnos nem lehetett átkonvertálni olyan formátumba, amelyet a kiegyenlítő program használni tudott volna. Ezért a mérési eredményeket manuális úton kellett bevinnem.

Első lépésben kinyomtattam a mérési jegyzőkönyvet. A mért szögeket közepeltem, kiszámítottam a zenitszögek értékét. Ezután következett a mért távolságok redukálása. Mivel a távolságokat oda-vissza megmértem, ezért ezeket is közepelni kellett. Kiszámítottam a tengerszínti, majd a vetületi redukció értékét – milliméter élességgel, majd ezeket hozzáadtam a vízszintes távolságokhoz. Így megkaptam a két pont közötti tényleges távolságot.

A kiegyenlítő programba először az adott pontok koordinátáit vittem be. Természetesen a GPS-szel meghatározott mikrohálózati pontok itt már adott pontként szerepelnek. Ezt követően álláspontonként bebillentyűztem a mért irányértékeket és a redukált távolságokat. A manuális bevétel sok hibalehetőséggel jár, ezért miután végeztem, összeolvastam a bevitt és a mérési jegyzőkönyvben lévő adatokat. Találtam hibát, amit azonnal javítottam.

A torony koordinátáinak számítását először az országos alappontokból végeztem el. Az iránymérést a távolsággal arányos súlyúnak vettem, a távmérést, pedig a távolsággal fordítottan arányos súlyúra állítottam. Előzetes tájékozás és koordinátaszámítás után lefutattam a kiegyenlítést. A helyszíni előkészítés alkalmával már említettem, hogy a három országos alappont elhelyezkedése és a meghatározandó ponttól való távolsága, nem felel meg az A.5 szabályzatban előírt követelményeknek. A kiegyenlítésből kapott pontossági mérőszámok most ezt a tényt igazolták is. Az y irányú középhiba 12.0 centiméter, az x irányú pedig 4.1 centiméternek adódott. Ezekből a közepes ponthiba 12.6 cm, szemben a megengedett 3 cm-es értékkel. A lenti ábrán jól látható, hogy a három pont túlságosan egyvonalba helyezkedik el – a meghatározó irányok nem adnak jó metszést. A hálózat relatív középhibája $1 / 56074$, ami jónak mondható. A végleges tájékozási lapokon szereplő irány-

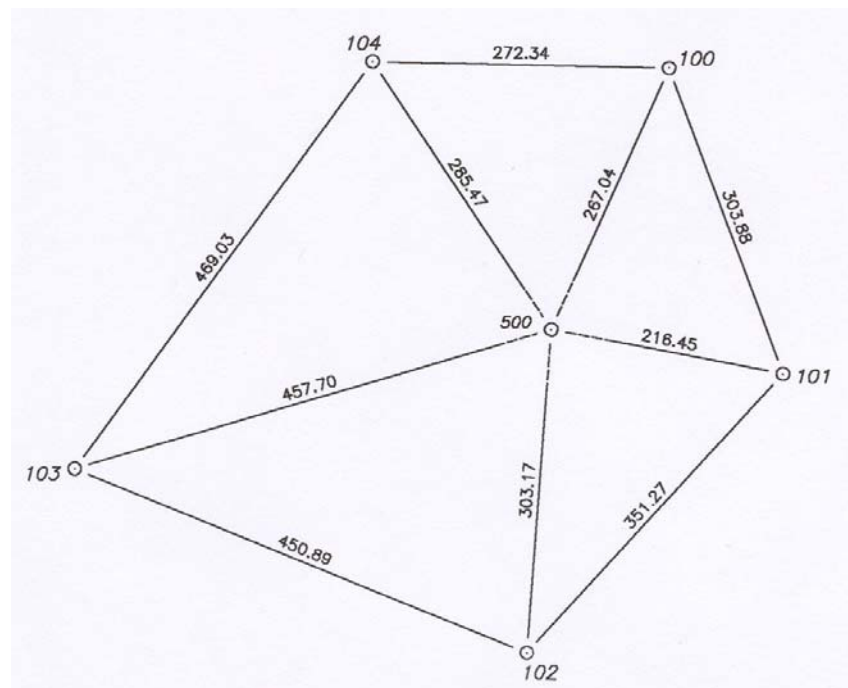
és lineáris eltérések – a meghatározandó pont és az álláspontok távolság miatt – tűréshatáron belüliek.



8. számú ábra

A meghatározáshoz felhasznált országos alappontok és az új pont elhelyezkedése

Ezután a 100-104 számú ideiglenes alappontokból végeztem el a kiegyenlítést. A torony közelében lévő 5001 és 5002 számú pontok tehát nem szerepelnek a számításban. A súlyozást az előzőeknek megfelelően állítottam be, majd az előzetes tájékozások után a 100 és 101 pontokból előmetszéssel kiszámítottam a torony előzetes koordinátáit. Elindítottam a számítást. A hálózat alakját és az egyes pontok távolságait a 6. ábra mutatja be.

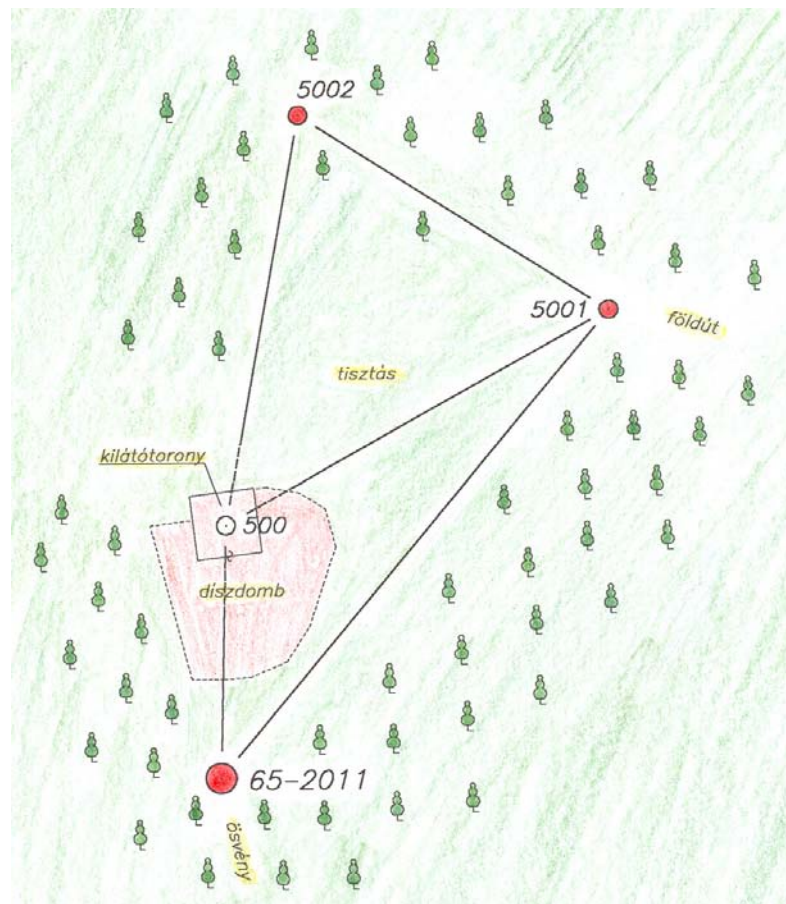


9. számú ábra

Az ideiglenes GPS alappontok távolsága a magasponttól

A számítás eredményeként megkaptam a torony vízszintes értelmű koordinátáit. A koordináták megbízhatóságát egyértelműen jellemzik az eredményül kapott pontossági mérőszámok. A hálózat relatív középhibája $1 / 82448$, ami kiugróan magas érték. Az y és x irányú középhiba, a hibaellipszis két tengelyének hossza egyaránt 0.5 cm-nek adódott. A hibaellipszis tehát kör lett. A távolságjavítások meg sem közelítik a hibahatárt, mindegyik 1 cm alatti. Természetesen ez, a mai korszerű mérőállomásoktól el is várható. Az álláspontok végleges tájékozásaiból kapott irány- és lineáris eltérések minden esetben a megengedett érték alatt vannak. A legnagyobb irányeltérés a 103 pontról a meghatározandó toronyra (500) menő irány esetében figyelhető meg: $e=+7.7$ mp, $(e)=29.6$. Jellemző, hogy ez az ideiglenes alappont volt legtávolabb a magasponttól.

A kilátótorony koordinátáinak számítását a torony közvetlen közelében létesített ideiglenes alappontokból is elvégeztem. A számításba bevontam a 65-2011 számú országos alappontot. A magaspont környezetét és az alappontok elhelyezkedését a következő ábra szemlélteti.



10. számú ábra

A kilátótorony közvetlen környezete

A kiegyenlítés után kiderült, hogy e közeli hálózat megbízhatósága nem felel meg az elvárásoknak. A számítás nyomán adódott $1 / 4576$ relatív középhiba nem éppen bizalomgerjesztő. Mielőtt még valaki arra gondolna, hogy elrontottam a mérést, esetleg hibásak a bevitt adatok, elárulom, hogy az 5001 és 5002 adott pontok koordinátái azok a koordináták, amelyek megbízhatósága már a GPS mérések feldolgozásakor sem volt megfelelő. Ez, az elvégzett kiegyenlítés után már biztosra vehető. A végleges tájékozásokból számítható irány- és lineáris eltérések többségében meghaladják a hibahatár értékét. A kiegyenlítési jegyzőkönyvet vizsgálva még szembetűnőbb, hogy az 5001 és 65-2011 felsőrendű alappont közötti távolság esetében a javítás (mért és számított távolság közötti különbség) 3.4 cm. Ezek után még inkább nyilvánvalóvá vált számomra, hogy e két ideiglenes alappont – ezekkel a koordinátákkal – nem szerepelhet adott pontként a végleges számításban.

A végleges kiegyenlítést a következők szerint végeztem el. Mivel az országos alappontokból való számítás az előzőekben említett okok miatt nem elég megbízható, ezért ezeken a pontokon való mérési eredményeket nem vettem be a számításba. Az 5001 és 5002 számú pontok koordinátáit előzetes értéknek vettem, tehát a kiegyenlítésben új pontként szerepelnek. Beállítottam az iránymérés és távmérés apriori középphibáit. Kiszámoltam a hálózatban szereplő pontok átlagos távolságát tized kilométer élességgel és beírtam a kiinduló adatokhoz. Az iránymérést itt is a távolsággal arányos súlyúnak vettem, a távmérést, pedig a távolsággal fordítottan arányosra állítottam. Az adott pontokon való előzetes tájékozások után (ellenőrzés) elvégeztem a kiegyenlítést. A számítás végén a magaspont és az 5001, 5002 számú ideiglenes alappontok végleges koordinátáit nyertem. Következett a hálózat pontosságának vizsgálata. A hálózat relatív középhibája $1 / 65483$ értéknek adódott, ami kimagaslóan jónak mondható, annál is inkább, mivel ötödrendű meghatározás volt a cél. A magaspont esetében az y és x irányú középhiba egyaránt 4 mm, ami még a 100-104 számú pontokból történő kiegyenlítés alkalmával kapott értéknél is jobb. A hibaellipszis itt is kör, sugara 4 mm. Ez azt jelenti, hogy a tornyot, minden irányból azonos megbízhatósággal lehet irányozni. A koordináta középhibákból számítható ponthiba 0.56 cm, a közepes ponthiba pedig szintén 0.4 cm. Az A.5 szabályzat szerint a közepes ponthiba megengedett értéke $\pm 3,0$ cm. Az 5001 számú pont közepes ponthibája 0.4 cm az 5002 számú ponté pedig 0.5 cm. Az

előzetes és végleges ponthelyek közötti távolság az 5001 pontnál 3 cm, az 5002 pont esetében pedig 2 cm. Természetesen a távolságjavítások mindegyik mért távolságnál a megengedett eltéréson belül vannak. Az álláspontok végleges tájékozásait vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a számított irány- és lineáris eltérések minden ponton hibahatáron belüli értékek. A következő összehasonlító táblázat az egyes számítási módszerek során kapott pontossági mérőszámokat tartalmazza.

4. számú táblázat

számítási módszer	relatív középhiba	m_y	m_x	a	b	P	K
<i>országos alappontokból</i>	<i>1/56074</i>	<i>12,0</i>	<i>4,1</i>	<i>12,3</i>	<i>3,1</i>	<i>12,7</i>	<i>9,0</i>
<i>100-104 sz. GPS pontokból</i>	<i>1/82448</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,7</i>	<i>0,5</i>
<i>közvetlen közeli</i>	<i>1/4576</i>	<i>1,1</i>	<i>2,2</i>	<i>2,3</i>	<i>0,9</i>	<i>2,5</i>	<i>1,7</i>
<i>végleges</i>	<i>1/65483</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,6</i>	<i>0,4</i>

A magaspont végleges koordinátáinak ismeretében – ellenőrzés végett – újból elvégeztem a kiegyenlítést az országos alappontokon való mérésekből. A számítás után megállapítottam, hogy a végleges tájékozások alapján számított irányeltérések és az ezeknek megfelelő lineáris eltérések, minden álláspont esetében kisebbek, az A.5 szabályzatban található megengedett eltéréseknél.

Mind az öt kiegyenlítési jegyzőkönyv – a CD lemezen kívül – megtalálható a mellékletek között. A jegyzőkönyvek végén lévő végleges tájékozási lapok álláspontonként tartalmazzák az irányzott pontok irány- és lineáris eltéréseit, valamint a megengedett eltéréseket.

4.2.2 Magassági meghatározás

A kilátótorony magasságának meghatározását magassági előmetszéssel végeztem el. Tettem ezt azért, mert sajnos nem állt rendelkezésemre olyan program, ami elvégezte volna a magassági kiegyenlítést. A magasságszámításból itt is kihagytam az 5001 és 5002 számú ideiglenes

alappontokat, a már többször említett megbízhatatlanságuk miatt. Ennek megfelelően a magassági előmetszést a 100-104 számú pontokon való mérések felhasználásával hajtottam végre. A számításhoz szükségem volt az adott pontok magasságára, amiket a GPS meghatározásból nyertem. Ezen kívül ismernem kellett a műszermagasság értéket, amit az iránymérések alkalmával gondosan feljegyeztem.

Első lépésben kiszámoltam az álláspontok és a magaspont távolságát koordinátákból. Az új A.5 szabályzat előírása szerint a magassági előmetszéssel meghatározandó pontok távolsága a meghatározandó pontoktól nem lépheti túl az 1 kilométert. Ennek a kritériumnak az általam létesített ideiglenes alappontok megfelelnek. Ezután az alábbi trigonometrikus képlet alapján képeztem a magasságkülönbségeket:

$$\Delta M = h + t \operatorname{ctg} Z + r$$

A refrakció hatását a 103 számú pont esetében figyelembe kellett venni, mert a pont 400m-nél távolabb helyezkedik el a kilátótoronytól. A refrakció értékét a régi A.5 szabályzatban található táblázatból kerestem meg, mert az új szabályzatban erre vonatkozó utalás nem található. A táblázat alapján a távolsághoz tartozó érték 1 cm. A számított magasságkülönbségeket hozzáadtam az álláspontok magasságához. Ennek eredményeképpen az új pont magasságára kaptam öt darab számértéket. Ezt követően számítottam az egyes pontokból levezetett magasságok súlyozott számtani középértékét az alábbiak szerint. Súly: $1/t^2$

$$M_{500} =$$

$$(1/t^2 m_{500(100)} + 1/t^2 m_{500(101)} + 1/t^2 m_{500(102)} + 1/t^2 m_{500(103)} + 1/t^2 m_{500(104)}) / (1/[t^2])$$

Kiszámítva a képlet eredményét megkaptam az új pont magasságát. Utolsó lépésként képeztem az álláspontokra vonatkozó javítások értékét: $M_{500} - m_{500}$. A javítások egyik esetben sem haladták meg az új A.5 szabályzatban megengedett $|\Delta| = 16 t$ értéket, ahol t a két pont távolsága km egységben. A mellékletekben található táblázat a magassági előmetszésből nyert javítási értékeket is mutatja. A legnagyobb javítás 103 számú álláspontnál tapasztalható, de a 6. számú ábrából kitűnik, hogy ez a pont távolabb van a meghatározandó ponttól, mint a másik négy ideiglenes alappont. A magasságszámítás többi dokumentációját (magasságszámítási vázlat, jegyzőkönyv) is a mellékletek tartalmazzák.

5. Végleges munkarészek elkészítése

A beadandó munkarészek közül először a meghatározási terveket készítettem el, a már meglévő digitális állomány alapján. A GPS mérésekhez tartozó meghatározási terv a számításba bevont vektorokat tartalmazza. A vektorok jelölése az új A.5 szabályzat alapján történt. A kilátótorony koordinátáinak számítását többféleképpen végeztem, ezért minden egyes számításhoz külön meghatározási tervet készítettem. Ennek megfelelően a mellékletek között megtaláljuk az

- országos alappontokból,
- 100-104 GPS-szel meghatározott ideiglenes alappontokból,
- a magaspont közvetlen környezetében lévő alappontokból

kialakított hálózatok kiegyenlítéséhez tartozó meghatározási terveket és a végleges számítás meghatározási tervét. Az előbbi felsorolásban másodikként említett, ideiglenes alappontokból kialakított hálózat számításához tartozó meghatározási terv – barna színnel tartalmazza – Mogyoród község digitális állományában lévő földrészlet, alrészlet határvonalakat. A helyrajzi számok a zsúfoltság elkerülése érdekében nem szerepelnek a rajzon. A végleges számítás meghatározási tervének készítésekor – az áttekinthetőség miatt – egyszerűsítést kellett végezni. A terv az új pont környezetét tartalmazza, tehát a 100-104 számú őrhálózati pontok nem láthatóak. Ezekről a pontokról menő meghatározó irányokat az új pont felé mutató nyilak jelzik.

A következő elkészítendő munkarész a magasságszámítási vázlat volt. Az új A.5 szabályzatban e munkarész elkészítésére vonatkozó utalás nem található. Ennek megfelelően a vázlatot a régi A.5 szabályzat melléklete alapján rajzoltam meg. A meghatározó irányokon az adott pont és az új pont magasságkülönbségét tüntettem fel.

Ezután elkészítettem a koordinátajegyzéket. A munka-koordinátajegyzék már rendelkezésemre állt, ezt kellett kiegészíteni a meghatározott pontok koordinátaival. Az ITR állományban lévő pontokat legyűjtöttem listába, majd ezt a listát hívtam be Word szövegszerkesztőbe. Az elkészített koordinátajegyzék tartalmazza a meghatározáshoz felhasznált országos alappontok, a GPS-szel

meghatározott – nem állandósított – ideiglenes alappontok és az új pont EOV rendszerű koordinátáit.

Utolsó lépésként elkészítettem az új ötödrendű alappont pontleírását. Ehhez ismernem kellett a meghatározott torony sztereografikus rendszerben lévő koordinátáit. Erre annál is inkább szükség volt, mert Mogyoród község belterületi földmérési alaptérképe 1:2880-as méretarányú, sztereografikus vetületi rendszerű. Az állapotáról inkább nem beszélek. A méretarány ismerete, valamint az, hogy 207-es eljárással készült, a sajátos célú munkákat végző földmérőknek mindent elárul. Az érdekesség az, hogy 1984-ben készült belterületi újfelmérés a községben, de ki tudja miért, azóta sincs forgalomba adva. Na de kanyarodjunk vissza a témához. Tehát a torony EOV koordinátáit át kellett transzformálnom sztereografikus rendszerbe. A transzformálást a körzeti földhivatal által szolgáltatott együttthatóval végeztem el. A transzformációs jegyzőkönyv a mellékletek között található. A pontleírás elkészítéséhez Az ITR programban előre megszerkesztett mintát használtam fel. Beírtam a pont adatait, majd elkészítettem a helyszínrajzot. Ezt követően a 65-2011 számú felsőrendű alappont pontleírásához új helyszínrajzot készítettem – a nagymértékben megváltozott helyszín miatt.

Összegezve az eddig elmondottakat a mellékletek között – kinyomtatva – a következő munkarészek szerepelnek:

- Távolság redukálási jegyzőkönyv
- Kiegyenlítési jegyzőkönyvek
- Meghatározási tervek
- Magasságszámítás és a hozzá tartozó vázlat
- Koordinátajegyzék
- Transzformációs jegyzőkönyv
- Pontleírások

A mérés és számítás többi dokumentációját (mérési jegyzőkönyvek, GPS vektorszámítás és transzformáció) – digitális formában – a mellékelt CD lemez tartalmazza. A mellékletek között találhatóak a hiteles földhivatali adatok (pontleírások, helyszínrajzok, átnézeti térképek), valamint érdekességképpen megtekinthető a kilátótorony mellett lévő 65-2011 számú felsőrendű alappont törzskönyvének másolata, melyből megismerhető a pont története is.

6. Összefoglalás

Bevallom őszintén, amikor ezt a témát választottam, még magam sem voltam biztos benne, hogy helyesen döntöttem. Régóta megvolt az ötlet a kilátótorony meghatározására, de nem gondoltam volna, hogy ez lesz a szakdolgozatom tárgya. Egy kicsit lebecsültem ezt a feladatot. Azt gondoltam: mit fogok majd írni egy alappont meghatározásáról, hiszen a mai elektronikus világban mindent elvégeznek helyettünk a műszerek és a számítógépek. A nyomtató kidobja a koordinátákat és kész. Ahogy haladtam előre a munkával, egyre jobban világossá vált, hogy ez nem ilyen egyszerű. A feladat végrehajtása során adódó különböző problémák rávilágítottak az alappont-meghatározás fontosságára, valamint arra, hogy igazából milyen értéket képviselnek a földmérési alappontok.

Úgy érzem aki tisztességesen elvégez egy ilyen jellegű munkát, az másképp fog gondolni az alappontsűrítésre. Mondom ezt azért, mert manapság egy adott munka alkalmával – tisztelet a kivételnek – felületesen és kapkodva végzik el ezt a munkafázist. Mit számít 10 cm eltérés – talán ezt gondolják. Ezt tapasztalatból mondhatom, mert, mint már a dolgozatom elején említettem földhivatalban dolgozom, és vállalkozók munkáit vizsgálom. Nemrég került a kezembe egy olyan munka, amelyben az alappontsűrítést úgy oldották meg, hogy három irányból hátrametszést végeztek és a két szélső irány – ird és mondd – 30 fokos szöveget zárt be egymással. Ellenőrző irány nem volt. A megyei földhivatal persze vizsgálatra alkalmasnak találta. Arról nem is beszélve, hogy egy poláris pont vagy szabad álláspont meghatározása – általában ellenőrzés nélkül – nem tekinthető alappontsűrítésnek. Azt hiszem, a technikai fejlődésnek köszönhetően azokat a tényezőket is elnagyoljuk, amelyek több odafigyelést és nagyobb pontosságot érdemelnének. Persze tudom, hogy a mai térképeink állapotát nézve nem számít a 10 cm, de eljön az idő, amikor igenis szükség lesz nagyobb pontosságra.

Visszagondolva az egyes munkafázisokra, nyugodtan kijelenthetem, rengeteg élménnyel és tapasztalattal lettem gazdagabb. Természetesen egy ilyen munkánál számtalan probléma adódhat, ezekből is akadt jónéhány. Említhetem mindjárt a terepi előkészítést, amelynek során több alappontot sérülten találtam és végül meg kellett állapítanom, hogy a torony meghatározását az országos

alappontokról nem lehet az előírt módon meghatározni. Ezt követően az űrhálózat kialakításakor a ponthelyek megválasztásába és kitűzésébe a szó szoros értelmében beleizzadtunk. Az irány- és távmérések rendben zajlottak. A GPS mérések végrehajtása során tapasztalatokat szereztem a műszer használat és a mérési folyamat végrehajtásával kapcsolatban. Ezen kívül a GPS mérések feldolgozása is átláthatóvá vált számomra. A torony koordinátáinak számítását többféle módon végeztem el, ami lehetőséget nyújtott az egyes meghatározási módszerek, lehetőségek megbízhatóságának összehasonlítására. Ezek közül kiválaszthattam azt az optimális megoldást, amely a legmegbízhatóbb eredményt adja, és pontossága megfelel az A.5 szabályzat előírásainak. A beadandó munkarészek elkészítése, a mellékletek összeállítása sok türelmet és odafigyelést igényelt.

Végezetül, ha most fel tenné nekem valaki a kérdést, hogy jól választottam-e a témát illetően, biztosan rávágnám, hogy igen. Arra kérdésre pedig, hogy mire lehet használni ezt a magaspontot és milyen értéket képvisel, a következő tény ad bizonyosságot: A környékbeli vállalkozók amint megtudták, hogy kész a számítás – a torony geodéziailag meghatározott – szinte sorban álltak a koordinátáért. Az hiszem ez önmagáért beszél...

7. Irodalomjegyzék

1. dr. Németh Gyula-dr. Busics György: Alappontsűrítés (1993) 39-41, 48-49, 146-150. oldal
2. dr. Joó István: Felsőgeodézia (1987) 71-77. oldal
3. dr. Joó István-Raum Frigyes: A magyar földmérés és térképészet története (1992) 2. kötet 255-279. oldal
4. Raum Frigyes: A magyar földmérés története (1995) 126-129, 136-137. oldal
5. dr. Csepregi Szabolcs: Kiegészítő számítás (1998) 62-72. oldal
6. dr. Busics György: A magaspontok és a GPS (Geodézia és Kartográfia 1995/4) 201-209. oldal
7. Husti György-Bányai László-Busics György-Krauter András-Ádám József-Borza Tibor: Globális helymeghatározó rendszer (2000) 133-136. oldal
8. Sárközy Ferenc: Geodézia (1989) 296-303. oldal
9. A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996. LXXVI. Törvény és a végrehajtására kiadott 16/1997. (III. 5) FM rendelet
10. A földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter 31/2003. (III. 21.) FVM rendelete
11. A.5 szabályzat (1980)
12. Új A.5 szabályzat (tervezet)

8. Mellékletek

1. Hiteles földhivatali adatok (pontleírások, helyszínrajzok, átnézeti térképek)
2. A 65-2011 számú felsőrendű alappont törzskönyve
3. Mért távolságok redukálása
4. Kiegyenlítési jegyzőkönyv – adott országos alappontokból
5. Kiegyenlítési jegyzőkönyv – 100-104 számú ideiglenes alappontokból
6. Kiegyenlítési jegyzőkönyv – közvetlen közeli alappontokból
7. Kiegyenlítési jegyzőkönyv – végleges
8. Kiegyenlítési jegyzőkönyv – ellenőrzés
9. Magasságszámítási jegyzőkönyv
10. Meghatározási terv – GPS mérésekhez
11. Meghatározási terv – 4. számú melléklethez
12. Meghatározási terv – 5. számú melléklethez
13. Meghatározási terv – 6. számú melléklethez
14. Meghatározási terv – 7. számú melléklethez
15. Magasságszámítási vázlat
16. Koordinátajegyzék
17. Transzformálási jegyzőkönyv (EOV→STR)
18. Pontleírások
19. CD lemez